Centro de Humedales Río Cruces

Universidad Austral de Chile
Conocimiento y Naturaleza

Ministerio de Obras Públicas
Gobierno de Chile

INFORME FINAL

Dic. 2024

Estándares para la protección y evaluación de impacto ambiental en humedales urbanos para obras de infraestructura pública del MOP



VOLUMEN I. Estrategia para abordar el literal s)

Capítulos 1-5

El **Centro de Humedales Río Cruces (CEHUM)** es un centro integral de conservación de humedales de la Universidad Austral de Chile. Posee un modelo de gobernanza mixto con presencia de la sociedad civil, instituciones públicas y la academia. Se origina como una de las medidas de reparación dictaminadas por el Primer Juzgado Civil de Valdivia, con fecha 27 de julio de 2013 en el fallo por daño ambiental ocasionado por Arauco S.A. sobre el humedal del Río Cruces (medida reparatoria N °4).

Su misión, visión y objetivos estratégicos nacen de los acuerdos tomados en el Consejo Científico Social, que precisó las orientaciones para el cumplimiento de las medidas de restauración del Humedal Río Cruces y sus tributarios, establecidos en el fallo del Primer Juzgado Civil de Valdivia. Posee 4 ejes de trabajo (Investigación, Educación Ambiental, Gestión para la Conservación, Gobernanza). A esto se suma la habilitación de infraestructura de uso público en la cuidad de Valdivia, en torno a la casona Roberto Schlatter Vollmann en el sector Cabo Blanco, lo que incluye un centro de educación e interpretación ambiental y un área de investigación y conservación de humedales.

El CEHUM busca ser una institución de referencia capaz de contribuir significativamente a la restauración y conservación de los humedales, aportando a su conocimiento, gestión y educación ambiental. Se perfila como un centro de referencia mundial, capaz de contribuir a la prevención de presiones antrópicas y de anticiparse a los efectos de amenazas naturales, que afecten la sustentabilidad del Humedal del Río Cruces (HRC) y de otros humedales.

Centro de Humedales Río Cruces

Dirección de proyecto

IGNACIO RODRÍGUEZ JORQUERA | Responsable del proyecto y asesor científico. PhD Estudios Interdisciplinarios, University of Florida / MSc Recursos Hídricos, UACH | Médico Veterinario, Universidad de Chile.

FLAVIO SCIARAFFIA MÁRQUEZ | Project manager y coordinador técnico. Magister en Arquitectura del Paisaje, Harvard University Graduate School of Design | Magister en Proyecto Urbano, PUC | Arquitecto, PUC.

Equipo técnico

CAMILA BAÑALES SEGUEL | Coordinadora metodológica y especialista senior en evaluación de impacto ambiental, sustentabilidad y conservación de humedales. PhD en Ciencias Ambientales con Mención en Sistemas Acuáticos Continentales, Universidad de Concepción | Ingeniera Agrónoma, PUC.

TERESITA SCHEUCH PEREIRA | Coordinadora metodológica y especialista senior en hidrología y ecohidrología de humedales. Magister en Ciencias de la Ingeniería, PUC | Ingeniera Civil Hidráulica, PUC.

FRANCISCA URRUTIA VALENZUELA | Analista ambiental de obras de infraestructura. Magíster en Manejo de Recursos Naturales, Universidad de la Frontera | Ingeniera Civil Ambiental, UFRO

BASTIÁN OÑATE POTTHOFF | Analista en conservación y ecología de ecosistemas acuáticos. Ingeniero en Conservación de Recursos Naturales y Magister en Ciencias, Mención Recursos Hídricos (en curso), Universidad Austral de Chile.

Colaboradores

FRANCISCA CUEVAS PARGA | Analista en conservación y ecología de ecosistemas acuáticos. Magister en Ciencias, Mención Recursos Hídricos (en curso), Universidad Austral de Chile | Bióloga Marina, PUC.

Diseño de portada y figuras

Tomás Valdivieso Sierpe | Indaga.me
Julieta Torres Etcheberry | Indaga.me

Cómo citar este informe

Rodríguez-Jorquera, Ignacio., Sciaraffia, Flavio., Bañales, Camila., Scheuch, Teresita., Urrutia, Francisca., Oñate, Bastián., 2024. “Estándares para la protección y evaluación de impacto ambiental en humedales urbanos para obras de infraestructura pública del MOP. Volumen I. Estrategia para abordar el literal s)”. Centro de Humedales del Río Cruces y Ministerio de Obras Públicas, Santiago, Chile.

Contexto del estudio

En enero de 2020 se publicó la Ley 21.202 de Protección de Humedales Urbanos del Ministerio del Medio Ambiente (MMA). Dicha Ley establece que los humedales urbanos[1] son ecosistemas susceptibles de ser protegidos a través de un proceso de declaración de iniciativa municipal o de oficio. Asimismo, modifica el art. 10 de la Ley 19.300 de Bases del Medio Ambiente indicando que los proyectos o actividades que puedan causar impacto ambiental en humedales urbanos, de la forma en que la norma lo describe, deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)[2]. De igual modo, establece que, una vez declarado el humedal urbano, las municipalidades deberán incluirlo como área de valor natural en los Instrumentos de Planificación Territorial correspondientes.

Por su parte el Reglamento de la Ley precitada, aprobado mediante el DS 15, de 2020 del MMA entró en vigor en noviembre de 2020, y estableció los Criterios Mínimos de Sustentabilidad, Gestión Sustentable y Gobernanzas de los humedales.

En dicho contexto, al Centro de Humedales de la Universidad Austral de Chile (CEHUM), como entidad con amplias competencias en la materia, le correspondió un rol activo en la elaboración del reglamento mediante una propuesta de criterios mínimos, que fue validada socialmente por múltiples actores a lo largo del país. Además, elaboró la Guía de Implementación Municipal con una serie de medidas orientadas al cumplimiento de los criterios mínimos. Luego de más de dos años de la entrada en vigor de la Ley, se puede constatar que más de 90 humedales urbanos han sido declarados en Chile, proceso que no ha estado exento de reclamaciones.

Dada la experiencia antes referida, el CEHUM se ha convertido en un referente a nivel nacional respecto a la restauración y conservación de los ecosistemas de humedales.

Por otro lado, el Ministerio de Obras Públicas tiene por misión recuperar, fortalecer y avanzar en la provisión y gestión de obras y servicios de infraestructura para la conectividad, la protección del territorio y las personas, la edificación pública y el aprovechamiento óptimo de los recursos hídricos; asegurando la provisión y cuidado de los recursos hídricos y del medio ambiente, para contribuir en el desarrollo económico, social y cultural, promoviendo la equidad, calidad de vida e igualdad de oportunidades de las personas.

En el marco de tal misión, este Ministerio a través de la Dirección de Obras Hidráulicas desarrolla estudio, proyección, construcción y conservación de las obras de defensa de terrenos y poblaciones contra crecidas de corrientes de agua y regularización de las riberas y cauces de los ríos, lagunas y esteros.

---

[1] De acuerdo con la ley 21.202, corresponden a aquellos humedales que se encuentran total o parcialmente dentro de un límite urbano.

[2] Cabe mencionar que la Contraloría General de la República en su dictamen N°E129413 estableció que los proyectos y actividades que afecten a humedales en los términos que establece el literal s) del art. 10 de la ley 19.300 deben someterse al SEIA, aun cuando no haya una declaración de humedal urbano vigente o en trámite. De este modo, para estos efectos, debe entenderse que es objeto de protección cualquier humedal, sus componentes y las interacciones entre estos, así como los flujos ecosistémicos de aquellos que se hallen total o parcialmente dentro del límite urbano, independiente de la declaratoria de "humedal urbano" a cargo del Ministerio del Medio Ambiente.

Por otra parte, a través de la Dirección de Vialidad, provee obras y servicios de infraestructura vial a la ciudadanía, entre las cuales se encuentran los puentes, que se definen como obras destinadas a permitir la continuidad de un camino de uso público sobre obstáculos naturales, tales como ríos, mar, esteros y lagos.

Ambas áreas de competencias, de gran relevancia para la ciudadanía y para el desarrollo de la función pública de este Ministerio, se han visto impactadas por la Ley 21.202, pues se desarrollan en o cercanas a humedales, por lo cual, requieren adoptar medidas que les permitan seguir desarrollándose en armonía con las normas de protección a estos ecosistemas.

Es en este contexto de avances en materia de protección de humedales y, teniendo presente la experiencia del CEHUM, que el Ministerio de Obras Públicas requiere contratar un Estudio a dicho centro, con el propósito de orientar la compatibilización de la ejecución de obras de conservación vial y fluvial con la protección de humedales y sus componentes bióticos y abióticos. Además, de un análisis de dos obras piloto (obra de conservación y una obra en condiciones de ingreso al SEIA) determinando las componentes ambientales que correspondan para identificar correctamente los impactos y sus medidas[3].

[3] El alcance del estudio no considera la Evaluación ambiental en el SEIA (EIA).

Objetivos generales

Objetivo A

- Identificar y proponer recomendaciones para compatibilizar la ejecución de obras de conservaciones viales y fluviales que se desarrollen en o cercanos a humedales, disminuyendo la eventual afectación a estas áreas, utilizando como referencia las componentes ambientales de las guías de evaluación SEIA. Además, los resultados se aplicarán en una obra piloto de conservación identificando las medidas para minimizar el impacto ambiental.

Objetivo B

- Identificar impactos y proponer medidas en la evaluación de impacto ambiental de dos tipologías de obras de infraestructura MOP (puentes y caminos) que afecten a humedales y que ingresen al SEIA. Además, los resultados se aplicarán en una obra piloto para la identificación y caracterización de impacto y las medidas de compensación, reparación y/o mitigación adecuadas.

Objetivo C

- Realizar un programa de capacitación sobre humedales urbanos, incluyendo aspectos ecológicos y normativos.

Objetivos específicos

Objetivo A

i. Determinar medidas para evitar y/o disminuir los impactos humedales de un conjunto de obras de conservación viales y fluviales definidas por el MOP en el Anexo I de los TdR.

ii. Evaluar y analizar las medidas determinadas en el literal i, en una obra piloto de conservación de cauce.

Objetivo B

i. Proponer los umbrales a cada uno de los criterios establecidos en el literal s) del Artículo 10, que definen el ingreso al SEIA, determinando el instrumento (DIA o EIA).

ii. Realizar una interpretación práctica para dos obras MOP (puentes y caminos), de la guía de evaluación del SEA (preliminar) para humedales urbanos, identificando los estudios necesarios para evaluar los impactos en las componentes ambientales y definir medidas generales de compensación, reparación y/o mitigación.

iii. Identificar y caracterizar en una obra piloto (puente en condiciones de ingreso al SEIA), los estudios necesarios para realizar la evaluación del impacto ambiental, en todos los criterios del literal s) y las medidas de compensación, reparación y/o mitigación según correspondan.

iv. Realizar un catastro de principios y criterios para el diseño ecosistémico que minimicen el impacto ambiental en humedales urbanos en el desarrollo de obras de infraestructura de cruces (puentes y/o carreteras) sobre humedales, lo anterior basado en análisis bibliográfico, especialmente de experiencias internacionales.

Objetivo C

i. Capacitar a funcionarios MOP en materias de humedales urbanos a través de un programa de 3 módulos en formato “on-line” y realización de talleres presenciales.

Índice de contenidos

RESUMEN EJECUTIVO | Informe **18**

CAPÍTULO 1 | Humedales estadísticamente significativos: ¿Dónde están las obras MOP respecto de los humedales del país? **22**

1.1 Tipos de humedales estadísticamente significativos 23

1.2. Métodos y herramientas 23

1.3. Resultados del análisis geoestadístico 28

CAPÍTULO 2 | Estrategia general para abordar el literal s) **61**

2.1. Interrogantes asociadas al abordaje del literal s) 62

2.2. Estrategia para abordar el literal s) 64

CAPÍTULO 3 | Fase 1: Caracterización del humedal, la obra y su relación de proximidad **67**

3.1. Caracterización base 68

3.2. Caracterización del humedal 69

3.3. Caracterización de obras MOP 110

3.4. Relación de proximidad entre humedal y obra 138

CAPÍTULO 4 | Fase 2: Análisis de susceptibilidad de afectación del literal s) **140**

4.1. Pasos y herramientas para abordar el análisis de susceptibilidad del literal s) 141

4.2. Matriz de aspectos ambientales y cambios esperados en un humedal 145

4.3. Matriz de alteraciones: ¿Qué aspectos ambientales tiene la obra de interés y a qué alteraciones se vinculan? 150

4.4. Matriz de Buenas Prácticas: ¿Es posible evitar o minimizar los cambios en el humedal? 155

4.5. Matriz de Estudios: ¿Cómo descartar alteraciones y diseñar BBPP adecuadas? 159

CAPÍTULO 5 | Predicción y evaluación de impactos sobre humedales en el SEIA para las obras MOP **164**

5.1. Objetivos y alcances 165

5.2. Lineamientos generales para predecir y evaluar impactos en humedales en el SEIA 168

5.3. Aspectos ambientales e impactos de obras viales y fluviales del MOP 181

5.4. Fichas de aspectos ambientales e impactos 186

5.5. Medidas de mitigación, reparación o compensación 188

ANEXO 1 | Glosario de terminología legal **195**

ANEXO 2 | Glosario de terminología hidrogeomorfológica **201**

ANEXO 3 | Fichas regionales de humedales estadísticamente significativos **212**

ANEXO 4 | Instructivo de segmentación y clasificación de la red fluvial **230**

ANEXO 5 | Aplicación práctica del instructivo de segmentación: Caso Río Quechuco, Mariquina **250**

ANEXO 6 | Aplicación práctica del procedimiento para caracterizar el humedal de interés, su área de sustento y subcuenca: Caso Humedal Urbano La Marina, Puerto Varas 273

ANEXO 7 | Preguntas orientadoras para seleccionar indicadores 294

ANEXO 8 | Descripción de obras de conservación y construcción 307

ANEXO 9 | Fichas de buenas prácticas 422

ANEXO 10 | Fichas de estudios para descartar alteraciones 493

ANEXO 11 | Análisis de consultas de pertinencia de ingreso al SEIA realizadas por el MOP por literales s) y p) 512

ANEXO 12 | Revisión de casos ingresados al SEIA por literal s) 521

ANEXO 13 | Fichas de aspectos ambientales e impactos 538

ANEXO 14 | Fichas de medidas 665

Índice de figuras

Figuras Resumen Ejecutivo

Figura RE. 1. Fases de la estrategia general para abordar el literal s). Fuente: Elaboración propia. 19

Figuras Capítulo 1

Figura C1. 1 Esquemas que ejemplifican la diferencia entre intersecciones, cercanías, proyectos intersectados y proyectos cercanos. En tonos azules el Inventario Nacional de Humedales, en líneas negras el catastro de obras, en negro achurado el buffer de 30 m, en amarillo las intersecciones y en rojo las cercanías. Fuente: Elaboración propia. 27
Figura C1. 2. Cantidad de proyectos nuevos y de conservación del MOP que intersectan con al menos un humedal reconocido en el Inventario Nacional de Humedales. Fuente: Elaboración propia..... 29
Figura C1. 3. Cantidad de proyectos de la DOH, DV y DGC del MOP que intersectan con al menos un humedal reconocido en el Inventario Nacional de Humedales. Fuente: Elaboración propia..... 30
Figura C1. 4. Tipos de humedales del Inventario Nacional que intersectan con obras MOP. Distribución porcentual de todas las intersecciones a nivel nacional. Fuente: Elaboración propia.... 32
Figura C1. 5. Distribución porcentual de las intersecciones según si corresponden a un polígono del Inventario Nacional de Humedales asociado a un límite urbano. Fuente: Elaboración propia..... 33
Figura C1. 6. Cantidad de proyectos nuevos y de conservación del MOP cercanos (que intersectan considerando un buffer de 30 m) a al menos un humedal reconocido en el Inventario Nacional de Humedales. Fuente: Elaboración propia..... 35
Figura C1. 7. Cantidad de proyectos de la DOH, DV y DGC del MOP cercanos (que intersectan considerando un buffer de 30 m) a al menos un humedal reconocido en el Inventario Nacional de Humedales. Fuente: Elaboración propia..... 36
Figura C1. 8. Tipos de humedales del Inventario Nacional cercanos a obras MOP. Distribución porcentual de todas las cercanías (intersecciones considerando un buffer de 30 m) a nivel nacional. Fuente: Elaboración propia. 38
Figura C1. 9. Distribución porcentual de las cercanías (intersecciones considerando un buffer de 30 m) según si corresponden a un polígono del Inventario Nacional de Humedales asociado a un límite urbano..... 39
Figura C1. 10. Cantidad de proyectos nuevos y de conservación del MOP que intersectan con al menos un humedal urbano declarado bajo la Ley 21.202. Fuente: Elaboración propia. 41
Figura C1. 11. Cantidad de proyectos de la DOH, DV y DGC del MOP que intersectan con al menos un humedal urbano declarado bajo la Ley 21.202. Fuente: Elaboración propia..... 41
Figura C1. 12. Cantidad de proyectos nuevos y de conservación del MOP cercanos (que intersectan considerando un buffer de 30 m) a al menos un humedal urbano declarado bajo la Ley 21.202. Fuente: Elaboración propia. 42
Figura C1. 13. Cantidad de proyectos de la DOH, DV y DGC del MOP cercanos (que intersectan considerando un buffer de 30 m) a al menos un humedal urbano declarado bajo la Ley 21.202. Fuente: Elaboración propia. 43
Figura C1. 14. Humedales estadísticamente significativos a nivel nacional. Se seleccionaros los 5 tipos de humedales con mayor cantidad de cercanías (intersecciones con buffer de 30 m) entre obras MOP y el Inventario Nacional de Humedales. Fuente: Elaboración propia. 45

Figura C1. 15. Ubicación humedales tipo Ribereños/Ríos cercanos a proyectos de infraestructura MOP. Este tipo de humedales representan el 55% de las interacciones usando un buffer de 30 m entre humedales y obras. Fuente: Elaboración propia. 46
Figura C1. 16. Ubicación humedales tipo Palustres/Permanentes cercanos a proyectos de infraestructura MOP. Este tipo de humedales representan el 13% de las interacciones usando un buffer de 30 m entre humedales y obras. Fuente: Elaboración propia. 47
Figura C1. 17. Ubicación humedales tipo Palustres/Turberas cercanos a proyectos de infraestructura MOP. Este tipo de humedales representan el 5% de las interacciones usando un buffer de 30 m entre humedales y obras. Fuente: Elaboración propia. 48
Figura C1. 18. Ubicación humedales tipo Palustres/Andinos cercanos a proyectos de infraestructura MOP. Este tipo de humedales representan el 5% de las interacciones usando un buffer de 30 m entre humedales y obras. Fuente: Elaboración propia. 49
Figura C1. 19. Ubicación humedales tipo Almacenamiento/Tranques cercanos a proyectos de infraestructura MOP. Este tipo de humedales representan el 4% de las interacciones usando un buffer de 30 m entre humedales y obras. Fuente: Elaboración propia. 50
Figura C1. 20. Distribución geográfica de los cinco tipos de humedales significativos resultantes del análisis estadístico. Fuente: Elaboración propia. 53
Figura C1. 21. Metapoblación de una especie acuática (ej. peces o macroinvertebrados bentónicos) que está compuesta por diferentes poblaciones locales. Fuente: Elaboración propia. 54
Figura C1. 22. Imágenes referenciales de humedales de tipo ribereños/ríos. Fuentes: (a) Camila Bañales-Seguel; (b) Camila Bañales-Seguel; (c) Pixabay; (d) Pixabay 56
Figura C1. 23. Imágenes referenciales de humedales de tipo palustres / permanentes. Fuentes: (a) Pixabay; (b) Pixabay; (c) Pixabay; (d) Camila Bañales-Seguel 57
Figura C1. 24. Imágenes referenciales de humedales de tipo palustres / permanentes. Fuentes: (a) Pixabay; (b) Pixabay; (c) Pixabay; (d) Pixabay 58
Figura C1. 25. Imágenes referenciales de humedales de tipo palustres / andinos. Fuentes: (a) Pixabay; (b) Pixabay; (c) Pixabay. 59
Figura C1. 26. Imágenes referenciales de humedales tipo almacenamiento / tranque. Fuentes: (a) www.gob.cl; (b) www.ladiscusion.cl; (c) www.dppmelipilla.dpp.gob.cl; (d) www.linaresenlinea.cl 60

Figuras Capítulo 2

Figura C2. 1. La guía se estructura en base a pasos lógicos e instructivos o procedimientos que se complementan con una serie de herramientas tipo tablas, bases de datos y fichas. Fuente: Elaboración propia. 64
Figura C2. 2. Flujograma para determinar pertinencia de ingreso al SEIA de acuerdo al literal s). Fuente: Modificado de Oficio ORD SEA N°20229910238 65
Figura C2. 3. Proceso general para abordar el análisis del literal s). Fuente: Elaboración propia. ... 66

Figuras Capítulo 3

Figura C3. 1. Relación de causa y efecto en la relación entre obra y humedal que pueden llevar a la generación de alteraciones. Fuente: Elaboración propia. 68
Figura C3. 2. Diagrama para adoptar estrategia de caracterización del humedal de interés, su área de sustento, subcuencas. Fuente: Elaboración propia. 70

Figura C3. 3. Esquema del proceso de segmentación y clasificación de redes fluviales previo a la delimitación de humedales. Fuente: Elaboración propia. 73
Figura C3. 4. Método de sobreposición de mapas de indicadores de hidrología, vegetación y suelo. Fuente: Elaboración propia en base a MMA – ONU Medio Ambiente, 2022. 78
Figura C3. 5. Escalas de análisis para la caracterización del humedal: Humedal de interés, área de sustento (cuenca aportante al humedal de interés) y subcuenca DGA. Fuente: Elaboración propia en base a Stengard et al (2020). 79
Figura C3. 6. Esquema del balance hídrico de un humedal. Fuente: Elaboración propia. 80
Figura C3. 7. Tipos de hidrológicos de humedales. a) humedal en depresión de aguas superficiales, (b) humedal en pendiente de agua superficial, (c) humedal en depresión de aguas subterráneas y (d) humedal en pendiente de aguas subterráneas. Fuente: Elaboración propia en base a MMA – ONU Medio Ambiente (2022) 82
Figura C3. 8. Representación del hidroperiodo de un humedal estacionalmente inundado en depresión de aguas superficiales. Fuente: Elaboración propia. 83
Figura C3. 9. Representación a modo de ejemplo de la diferencia entre Vegetación y Flora de una zona geográfica determinada. Fuente: Elaboración propia en base a SEA 2015. 86
Figura C3. 10. Zonación típica de flora hidrófila de un humedal lacustre. Fuente: Elaboración propia en base a SEA, 2023. 88
Figura C3. 11. Representación gráfica de la cadena trófica de un humedal (caso Humedal Desembocadura Elqui). Fuente: Elaboración propia en base a Victor Bravo-Naranjo, Laboratorio de Ecología de Vertebrados, Universidad de la Serena. 91
Figura C3. 12. Diagrama conceptual de los efectos de la hidrología en el funcionamiento de los humedales y respuestas fisicoquímicas y bióticas que afectan la hidrología. Fuente: Elaboración propia en base a de Mitsch and Gosselink (2015). 93
Figura C3. 13. Representación esquemática de la conectividad hidrológica de diversos humedales ubicados en una misma subcuenca. Fuente: Elaboración propia en base a Stengard et al (2020)... 95
Figura C3. 14. Atributos Ecológicos Clave que componen los Objeto de Protección. Fuente: Elaboración propia. 101
Figura C3. 15.Versatilidad de los indicadores de viabilidad ecológica para aplicar en diferentes procesos del MOP para ejecutar obras viales y fluviales en proximidad de humedales afectos al literal s). Fuente: Elaboración propia. 104
Figura C3. 16. Relación entre la caracterización de obras y la sistematización de los FGI y AA en la matriz de alteraciones. Fuente: Elaboración propia. 110
Figura C3. 17. Simbología empleada en diagramas de flujo de descripción de procedimientos de trabajo. Fuente: Elaboración propia. 112
Figura C3. 18. Instalaciones tramitadas al inicio del contrato. Fuente: Elaboración propia..... 114
Figura C3. 19. Cierre de elementos habilitados al inicio del contrato. Fuente: Elaboración propia. 116
Figura C3. 20. Etapas del ciclo de vida de una obra y sus principales elementos o faenas. Fuente: Elaboración propia 118
Figura C3. 21. Representación visual de caminos abarcados por una conservación Global Mixta. Fuente: Informe de término de obra “Conservación global mixto por nivel de servicio y por precios unitarios, de caminos de la provincia de Ranco, sector sur, etapa II, región de Los Ríos”. 121
Figura C3. 22. Inventario gráfico de camino, dónde se puede observar las diversas tipologías de obras que puede incluir un camino en el contexto de una Conservación Global. Fuente: Informe de término de obra “Conservación global mixto por nivel de servicio y por precios unitarios, de caminos de la provincia de Ranco, sector sur, etapa II, región de Los Ríos”..... 122

Figura C3. 23. Tipologías de estribos. Fuente: Elaboración propia. 126
Figura C3. 24. Estibo tipo columna con fundación directa. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3 .. 127
Figura C3. 25. Estribo tipo columna con dado de fundación y pilotes. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3..... 127
Figura C3. 26. Estribo tipo muro lleno con alas con fundación directa. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3..... 127
Figura C3. 27. Estribo tipo muro lleno con alas con dado de fundación y pilotes. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3. 127
Figura C3. 28. Estribo tipo 1/2 muro lleno con alas con fundación tipo cajón. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3 128
Figura C3. 29. Estribo tipo pila con pilotes. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3..... 128
Figura C3. 30. Tipologías de cepas en puentes. Fuente: Elaboración propia. 129
Figura C3. 31. Cepa tipo columna con fundación directa. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3.... 130
Figura C3. 32. Cepa tipo columna con dado de fundación y pilotes. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3..... 130
Figura C3. 33. Cepa tipo muro lleno con fundación directa. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3. 130
Figura C3. 34. Cepa tipo muro lleno con fundación y pilotes. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3. 130
Figura C3. 35. Cepa tipo muro lleno con fundación tipo cajón. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3. 131
Figura C3. 36. Cepa tipo muro con celda con fundación directa. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3. 131
Figura C3. 37. Cepa tipo muro con celda con fundación y pilotes. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3..... 131
Figura C3. 38. Cepa tipo pila con pilotes. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3. 131
Figura C3. 39. Elementos principales de un puente. Fuente: Manual de carreteras, Vol. N°3 Instrucciones y criterios de diseño. 132
Figura C3. 40. Perfil puente colgante Exploradores, región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. Fuente: Schanack et al. 2023..... 133
Figura C3. 41. Diversas secciones transversales de caminos distinguiendo la superestructura e infraestructura. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3, MOP. 136
Figura C3. 42. Perfil transversal tipo de un camino con terraplén y corte. Se distinguen los elementos de la plataforma, plataforma de subrasante, infraestructura u obra básica y obras de protección adyacentes. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3, MOP. 137
Figura C3. 43. Relaciones de proximidad entre humedal y obra. Fuente elaboración propia. 139

Figuras Capítulo 4

Figura C4. 1. Diagrama de flujo que presenta la estrategia para abordar el análisis de susceptibilidad de afectación según el literal s). Fuente: Elaboración propia. 143
Figura C4. 2. Flujograma para determinar pertinencia de ingreso al SEIA de acuerdo al literal s). Fuente: Modificado de Oficio ORD SEA N°20229910238..... 144
Figura C4. 3. Relación entre FGI-AA-CH. Se observa que distintos FGI pueden compartir un mismo AA. Fuente: Elaboración propia. 145
Figura C4. 4. Cantidad de BBPP según tipo. Fuente: Elaboración propia. 157

Figura C4. 5. Insumos para la definición de estudios necesarios para evaluar la susceptibilidad de generar alteración. Fuente: Elaboración propia. 160

Figuras Capítulo 5

Figura C5. 1. Proceso de evaluación de impacto ambiental y componentes que aborda el alcance de este estudio. Fuente: Adaptada de SEA, 2023. 166
Figura C5. 3. Atributos Ecológicos Clave (AEC) por Objeto de Protección (OP). Fuente: Elaboración propia. 170
Figura C5. 4. Esquema metodológico para delimitar áreas de influencia. Fuente: Elaboración propia en base a Guía Área de Influencia en humedal en el SEIA (SEA, 2023). 172
Figura C5. 5. Guías publicadas por el Servicio de Evaluación Ambiental que aplican en general para todos los impactos ambientales de obras MOP que estén en condiciones de ingresar al SEIA. Fuente: Elaboración propia. 180
Figura C5. 6. Criterios para evaluación en el SEIA. Fuente: Elaboración propia. 180
Figura C5. 7. Relación entre los AA y los potenciales impactos directos sobre los diferentes OP. Fuente: Elaboración propia. 183
Figura C5. 8. Relación entre los AA y los potenciales impactos directos y en cadena sobre los diferentes OP. Fuente: Elaboración propia. 184
Figura C5. 9. Jerarquía de medidas y magnitud relativa deseable en la aplicación de medidas. Elaboración propia en base a Fuente: SEA (2022). 189
Figura C5. 10. Impactos residuales. Fuente: Elaboración propia en base a SEA (2022). 190
Figura C5. 11: Aplicación de la jerarquía de medidas y representación gráfica del principio de adicionalidad. Fuente: Elaboración propia en base a SEA (2022). 191

Índice de tablas

Figuras Resumen Ejecutivo

Tabla RE. 1. Relación funcional entre capítulos del informe y anexos. Fuente: Elaboración propia. 21

Tablas Capítulo 1

Tabla C1. 1. Órdenes del Inventario Nacional de Humedales. Fuente: Inventario Nacional de Humedales. Fuente: Elaboración propia. 24
Tabla C1. 2. Fuentes de información geográfica para el análisis geoestadístico. Fuente: Elaboración propia. 25
Tabla C1. 3. Tipos de humedales intersectados según región. Los números indican la cantidad total de intersecciones, notar que un único proyecto puede tener varias intersecciones. Fuente: Elaboración propia. 31
Tabla C1. 4. Distribución porcentual de las intersecciones según estado de la obra y región. Estos se clasifican por el servicio que la ejecuta. Fuente: Elaboración propia. 33
Tabla C1. 5. Tipos de humedales cercanos a obras MOP según región. Los números indican la cantidad de cercanías (intersecciones considerando un buffer de 30 m) , notar que un único proyecto puede tener varias cercanías. Fuente: Elaboración propia 37
Tabla C1. 6. Distribución porcentual de las cercanías según estado de la obra y región. Estos se clasifican por el servicio que la ejecuta. Fuente: Elaboración propia 39

Tabla C1. 7. Conteo de proyectos que intersectan y total de intersecciones (o están cercanos) a humedales según diferentes catastros de humedales. Fuente: Elaboración propia..... 43
Tabla C1. 8. Humedales estadísticamente significativos de acuerdo a su frecuencia de intersección con obras MOP. Fuente: Elaboración propia..... 51
Tabla C1. 9. Procesos que determinan el balance hídrico de los humedales significativos. Fuente: Adaptado de CEA, 2006..... 51
Tabla C1. 10. Representatividad a nivel nacional y regional de los cinco humedales estadísticamente significativos. Fuente: Elaboración propia. 52
Tabla C1. 11. Tipos de régimen de caudal en sistemas fluviales. Fuente: Elaboración propia. 55

Tablas Capítulo 3

Tabla C3. 1. Definición de hidroperiodos de humedales. Fuente: Traducido de Mitsch & Gosselink (2011). 83
Tabla C3. 2. Información útil para caracterizar indirectamente el hidroperiodo de un humedal según su clasificación hidrológica. Fuente: Modificado de MMA – ONU (2022) 84
Tabla C3. 3. Clasificación de flora hidrófila . Fuente: Adaptado de SEA, 2023..... 87
Tabla C3. 4. Referentes bibliográficos útiles en el marco de la caracterización de humedales y sus principales componentes biológicos. Fuente: Elaboración propia..... 92
Tabla C3. 5. Capas de información geográfica útiles para identificar ecosistemas de relevancia y estudiar su conectividad. Fuente: Elaboración propia. 96
Tabla C3. 6. Amenazas directas sobre humedales. Fuente: Traducido de Conservation Measures Partnership (2016) CMP Direct Threats Classification v 2.0 96
Tabla C3. 7. Capas de información geográfica útiles para identificar amenazas y presiones. Fuente: Elaboración propia. 98
Tabla C3. 8. Estrategias y Planes de gestión territorial y ambiental. Fuente: Elaboración propia..... 99
Tabla C3. 9. Listado de Indicadores de viabilidad ecológica seleccionados para evaluar los AEC según OP. Fuente: Elaboración propia..... 106
Tabla C3. 10. Niveles de factibilidad de la medición de indicadores en términos de dificultad de mediciones, equipo necesario, personal especializado y costos. Fuente: Elaboración propia. 109
Tabla C3. 11. Forma de abordar la identificación de alteraciones por elemento u obra. Fuente: Elaboración propia. 111
Tabla C3. 12. Contenidos del anexo con descripción de procedimientos de trabajo. Fuente: Elaboración propia. 112
Tabla C3. 13. Listado de obras de conservación vial y fluvial descritas. Fuente: Elaboración propia. 117
Tabla C3. 14. Comparación entre tipos de contratos de conservación, haciendo referencia a aspectos tales como la planificación, tiempo de ejecución, extensión en Km, entre otros. Fuente: Elaboración propia en base a Manual de Carreteras, Volumen N°7, Mantenimiento Vial..... 119
Tabla C3. 15. Tipos de operaciones de conservación diferenciadas por su clasificación, finalidad y origen de deterioro. Fuente: Elaboración propia en base a Manual de Carreteras, Volumen N°7, Mantenimiento Vial..... 120
Tabla C3. 16. Relaciones de proximidad para obras de conservación y construcción. Fuente: Elaboración propia. 138

Tablas Capítulo 4

Tabla C4. 1. Herramientas utilizadas en la estrategia para el análisis de susceptibilidad de afectación del literal s). Fuente: Elaboración propia. 142
Tabla C4. 2. (Parte 1). Aspectos ambientales identificados en obras MOP, sus potenciales cambios en el humedal, tipo de cambio y aspectos ecológicos claves comprometidos. Fuente: Elaboración propia. 147
Tabla C4. 3. Ejemplo de dos filas de la matriz de alteraciones (pestaña Ejecución_Conservación). Fuente: Elaboración propia. 151
Tabla C4. 4. Frecuencia con que se repiten los Aspectos Ambientales en la Matriz de Alteraciones. Los resultados se muestran como porcentaje del total de Aspectos Ambientales identificados en el grupo de obras. Fuente: Elaboración propia 152
Tabla C4. 5. Listado de aspectos ambientales (AA) primarios abordados por las BBPP y número de BBPP para cada AA. Fuente: Elaboración propia. 156
Tabla C4. 6. Ejemplo de dos filas de la matriz de BBPP. Fuente: Elaboración propia. 158
Tabla C4. 7. Estudios requeridos identificados y el número de aspectos ambientales de obras MOP que requieren este estudio para descartar alteración según literal s). Fuente: Elaboración propia. 161

Tablas Capítulo 5

Tabla C5. 1. Herramientas útiles para el proceso de evaluación ambiental. Fuente: Elaboración propia. 166
Tabla C5. 2. Relación entre los nombres de las etapas de una obra en contextos de infraestructura vial o fluvial (Etapa MOP) y las usadas en dentro del SEIA. Fuente: Elaboración propia. 167
Tabla C5. 3. Tipos de impactos generados por obras MOP que interactúan con humedales urbanos. Fuente: Elaboración propia. 174
Tabla C5. 4. Consideraciones para evaluar si existen efectos adversos significativos sobre los recursos naturales renovables según el Reglamento del SEIA. Fuente: Elaboración propia 176
Tabla C5. 5. Relaciones entre Aspectos Ambientales y Amenazas de la cuenca que podrían generar un efecto acumulativo y/o sinérgico. Fuente: Elaboración propia. 178
Tabla C5. 6. Aspectos Ambientales propios de las obras MOP clasificados según su permanencia. 181
Tabla C5. 7. Listado de potenciales impactos generados en la construcción y/o operación de obras MOP 182
Tabla C5. 8: Categorías y subcategorías de las medidas de mitigación, reparación y compensación. 191
Tabla C5. 9: Símbolos para clasificar medidas de mitigación, reparación y compensación. Fuente: Elaboración propia. 193

Siglas y acrónimos

- AA Aspecto ambiental.
- AEC Atributo ecológico clave (de cada objeto de protección).
- AI Área de influencia (de cada objeto de protección).
- BBPP Buenas prácticas.
- BIP Banco Integrado de Proyectos del MOP.
- CA Componentes ambientales.
- CEHUM Centro de Humedales Río Cruces.
- CH Cambio en el humedal.
- DGA Dirección General de Aguas.
- DGC Dirección General de Concesiones.
- DIA Declaración de Impacto Ambiental.
- DOH Dirección de Obras Hidráulicas.
- DV Dirección de Vialidad.
- EIA Estudio de impacto ambiental (de la obra).
- FGI Factor generador de impacto (de acciones de la obra).
- MMA Ministerio de Medio Ambiente.
- MOP Ministerio de Obras Públicas.
- MP Mercado Público.
- NPCA Normas primarias de calidad de agua.
- NSCA Normas secundarias de calidad de agua.
- OP Objeto de protección (del humedal).
- RSEIA Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
- SEA Servicio de Evaluación Ambiental.
- SEIA Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
- TDR Términos de Referencia (del estudio).

RESUMEN EJECUTIVO | Informe

El objetivo principal de este volumen es proveer una estrategia general para abordar el literal s) del artículo 19 de la Ley 19.300, considerando las obras que son objeto del estudio[4]. Dicho literal plantea una serie de complejidades, siendo la principal la necesidad de comprender la relación entre la obra y el humedal, para determinar si existen alteraciones en la forma en que se plantean en el instructivo del SEA para el literal s) o lo que se denomina: susceptibilidad de afectación. De esta forma, **y previo a cualquier proceso dentro del SEIA**, el literal s) requiere entonces de un entendimiento tanto del humedal como de la obra. Para ello, se diseñó una estrategia para que el titular de un proyecto pueda informar, de forma estratégica y con respaldo técnico, la decisión de si ingresar al SEIA, realizar una consulta de pertinencia o ejecutar el proyecto. Para ello, la estrategia provee procedimientos y herramientas que, además de orientar la decisión respecto del SEIA, permitirán mejorar los estándares ambientales de una obra de conservación o construcción[5].

La estrategia está dividida en dos fases (**Figura RE. 1**) y en la práctica esta sucede fuera del SEIA; es decir antes del ingreso de un proyecto vía DIA o EIA. La fase uno consiste en una caracterización base de gabinete de la obra, el humedal de interés y su relación de proximidad. Para ello, se especifican una serie de procedimientos e instructivos. El entendimiento del sistema obra-humedal provee los insumos clave que alimentan la siguiente fase. En la fase dos, se presentan herramientas que permiten por un lado evaluar técnicamente la susceptibilidad de afectación del literal s) según el instructivo del SEA, verificando la existencia o no de alteraciones y, por otro, mejorar los estándares ambientales mediante buenas prácticas, inclusive si no se ingresa el SEIA. En caso de que a través de la estrategia se determine que el proyecto debe ingresar al SEIA, la estrategia permite determinar el ingreso mediante una DIA o EIA y se generan estándares para diversos componentes y pasos del proceso.

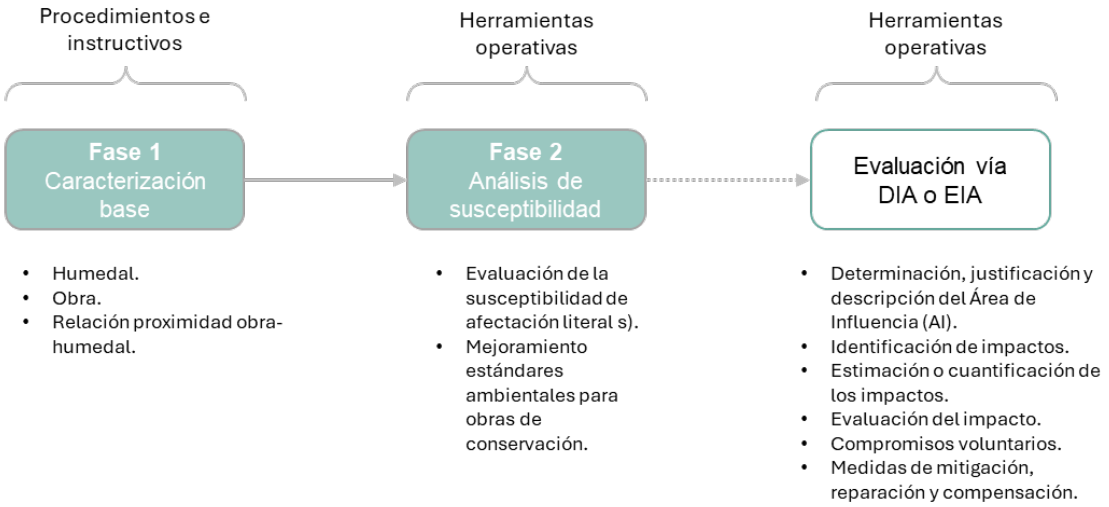


Figura RE. 1. *Estructura de la estrategia general para abordar el literal s). Fuente: Elaboración propia.*

[4] Obras de conservación: #22 obras de conservación viales y #11 obras de conservación fluviales. Obras de construcción: obras tipo puentes y caminos.

[5] La estrategia es idiosincrática en cuanto es aplicable a obras conservación y construcción de tipo viales y fluviales. Estas se listan y describe en el Capítulo 3 y **Anexo 8**.

El informe se estructura en cinco capítulos y catorce anexos (**Tabla RE. 1**). El Capítulo 1 evalúa a nivel geográfico cómo interactúan las obras viales y fluviales con los humedales a escala nacional. Este capítulo abre el informe dimensionando la magnitud de la problemática para el MOP. La estrategia general para abordar el literal s) se introduce en el Capítulo 2. En el Capítulo 3 y 4 se desarrollan en detalle la Fase 1 y 2 de la estrategia, respectivamente. El capítulo 5 aborda lineamientos y consideraciones para la evaluación ambiental de proyectos que ingresan al SEIA con titularidad del MOP, así como el desarrollo de medidas de mitigación, reparación y compensación en ecosistemas de humedales. Cada capítulo está asociado a diversos anexos, incluyendo herramientas operativas en formato digital diseñadas para abordar la estrategia propuesta.

A continuación, se provee una descripción breve de cada capítulo y una tabla que relaciona los capítulos con los anexos respectivos.

Capítulo 1. Humedales estadísticamente significativos: ¿Dónde están las obras MOP respecto de los humedales del país?: En este capítulo se identifican a nivel geográfico y estadístico qué tipos de humedales son los que interactúan con mayor frecuencia con las obras MOP a nivel nacional y por ende se reconocen como estadísticamente significativos para este estudio.

Capítulo 2. Estrategia general para abordar el literal s): Introduce las problemáticas asociadas al literal s) y describe una estrategia dividida en dos fases. La estrategia para abordar el literal s) es la columna vertebral sobre la que se estructura este estudio, el que se concibe como una guía para resolver incertidumbres, imprecisiones y vacíos de información asociados al literal y mejorar los estándares ambientales de una obra. La estrategia se presenta en la forma de un diagrama de flujo, indicando las herramientas que habilitan su implementación.

Capítulo 3. Fase 1: Caracterización del humedal, la obra y su relación de proximidad: En este capítulo se aborda la fase uno de la estrategia, la que consiste en una serie de procedimientos e instructivos prácticos para realizar caracterizaciones que sirven como insumos base para abordar el literal s). Estas son: caracterización del humedal, caracterización de la obra e identificación de su relación de proximidad.

Capítulo 4. Fase 2: Análisis de susceptibilidad de afectación del literal s): En este capítulo aborda la fase dos de la estrategia. Consiste en una serie de pasos y herramientas operativa para realizar los chequeos asociados al análisis de susceptibilidad del literal s) mediante la verificación de alteraciones directas e indirectas y mejorar los estándares ambientales de una obra a través de la incorporación de buenas prácticas. Se describen cuatro herramientas específicas: (1) Matriz de Aspectos Ambientales y Cambios en el Humedal, (2) Matriz de Alteraciones, (3) Matriz de Buenas Prácticas y (4) Matriz de Estudios.

Capítulo 5. Predicción y evaluación de impactos sobre humedales en el SEIA para las obras MOP: El capítulo final aborda el proceso dentro del SEIA para proyectos que deban ser evaluados ambientalmente. Cabe mencionar que la información expuesta no pretende reemplazar las guías elaboradas por el SEA y su objetivo otorgar herramientas más específicas y aplicables para las obras del MOP (DV y DOH) en torno a humedales. Los lineamientos tienen un alcance definido a los siguientes procesos dentro del SEIA: determinación, justificación y descripción del área de influencia (AI); identificación de impactos; estimación o cuantificación de los impactos; evaluación del impacto;

compromisos voluntarios; y medidas de mitigación, reparación y compensación. A su vez, se acompaña de tres herramientas: (1) Fichas de aspectos ambientales e impactos, (2) Fichas de medidas de mitigación, reparación y compensación y (4) Matriz con medidas mitigación, reparación y compensación.

Tabla RE. 1. *Relación funcional entre capítulos del informe y anexos. Fuente: Elaboración propia.*

Capitulo	Anexo	Anexo Digital
Capítulo 1	• **Anexo 3.** Fichas regionales de humedales estadísticamente significativos	
Capítulo 3	• **Anexo 2.** Glosario de terminología hidrogeomorfológica. • **Anexo 4.** Instructivo de segmentación y clasificación de la red fluvial. • **Anexo 5.** Aplicación práctica del instructivo de segmentación: Caso Río Quechuco, Mariquina. • **Anexo 6.** Aplicación práctica del procedimiento para caracterizar el humedal de interés, su área de sustento y subcuenca: Caso Humedal Urbano La Marina, Puerto Varas. • **Anexo 7.** Preguntas orientadoras para seleccionar indicadores. • **Anexo 8.** Descripción de obras conservación y construcción.	• **Anexo digital 1.** Matriz de indicadores.
Capítulo 4	• **Anexo 9.** Fichas de buenas prácticas. • **Anexo 10.** Fichas de estudios para descartar alteraciones. • **Anexo 11.** Análisis de consultas de pertinencia de ingreso al SEIA realizadas por el MOP por literales s) y p).	• **Anexo digital 2.** Matriz de aspectos ambientales y cambios en el humedal. • **Anexo digital 3.** Matriz de alteraciones. • **Anexo digital 4.** Matriz de buenas prácticas • **Anexo digital 5.** Matriz de estudios.
Capítulo 5	• **Anexo 12.** Revisión de casos ingresados al SEIA por literal s). • **Anexo 13.** Fichas de aspectos ambientales e impactos. • **Anexo 14.** Fichas de medidas	• **Anexo digital 6.** Matriz de medidas.
Todos	• **Anexo 1.** Glosario de terminología legal.	

CAPÍTULO 1 | Humedales estadísticamente significativos: ¿Dónde están las obras MOP respecto de los humedales del país?

1.1 Tipos de humedales estadísticamente significativos

En esta sección, se busca identificar qué tipos de humedales son los que interactúan con mayor frecuencia con las obras MOP a nivel nacional y por ende se reconocen como estadísticamente significativos para este estudio. Se lleva a cabo un análisis geoestadístico usando el Inventario Nacional de Humedales, los límites urbanos a nivel nacional, los Humedales Urbanos declarados y el catastro de infraestructura MOP a nivel nacional. Entre las preguntas que se buscan responder, destacan:

- ¿Cuántas obras, de conservación y construcción, se intersectan con humedales por región?
- ¿Qué tipos de humedales son los que interactúan en mayor cantidad con las obras?
- ¿Cuáles son las características de estos humedales MOP?
- ¿A qué direcciones corresponden las obras que interactúan con los humedales?
- ¿Cuántos de estos humedales se consideran asociados a límites urbanos?

La sección de “Métodos y Herramientas”, expone la metodología adoptada para llevar a cabo el análisis geoestadístico y la priorización de humedales. Adicionalmente se presentan conceptos y métodos utilizados en base a la bibliografía revisada. Posteriormente, la sección “Resultados”, se presentan gráficas y tablas que permiten cuantificar la significancia de ciertos tipos de humedales y obras a nivel nacional. A modo de resumen, se presentan fichas por región que cuantifican y caracterizan las intersecciones a nivel regional (**Anexo 3**). Por último, se presentan los 5 tipos de humedales más significativos a nivel nacional y se realiza una caracterización general de estos.

1.2. Métodos y herramientas

1.2.1. Tipos de Humedales: Revisión Bibliográfica

La clasificación de humedales utilizada para llevar a cabo la priorización se basa en los “Órdenes” del Inventario Nacional de Humedales del Ministerio del Medio Ambiente. Esta clasificación fue llevada a cabo por Edáfica (2020) y a su vez, se basa en la metodología de clasificación biofísica de Cowardin et al. (1979) y Dougan et al. (1992) [6]. La clasificación de Edáfica considera 5 órdenes jerárquicos donde cada orden entrega características diferentes del humedal siendo el orden 1 el más general y el orden 5 el menos general. La **Tabla C1. 1** muestra las diferentes categorías de según orden. Estas categorías se combinan en función de las características biofísicas de cada humedal. Cabe destacar que en todos los órdenes existe una categoría “Sin clasificar” que no entrega características del humedal. Adicionalmente, en algunos casos sucede que al no tener información de los órdenes específicos (e.g, 4 y 5) esos campos se completan con órdenes más genéricos (e.g, 1, 2 y 3). Lo anterior se debe a la resolución y continuidad de la información utilizada para la clasificación del inventario, así como la escala (nacional) del análisis.

[6] Edáfica. 2020. Inventario de Humedales Urbanos y Actualización Catastro Nacional de Humedales. Informe Etapa 3

Tabla C1. 1. Órdenes del Inventario Nacional de Humedales. Fuente: Inventario Nacional de Humedales. Fuente: Elaboración propia.

Orden 1	Orden 2	Orden 3	Orden 4	Orden 5
Artificiales	Almacenamiento	Almacenamiento	Andinos	Bofedal
Continentales	Estuarinos	Boscosos	Deltas interiores	Deltas interiores
Marinos y costeros	Explotacion de sal	Emergentes	Embalse	Embalse
Sin clasificar	Lacustres	Explotacion de sal	Estacionales	Estacionales
	Lago salado	Intermareales	Estero	Estero
	Lagunar	Lago salado	Estuarios	Estuarios
	Marinos	Lagunar	Intermareales	Geiser
	Palustres	Permanentes	Irregulares	Intermareales
	Riberenos	*Sin clasificar*	Lago	Irregulares
	Sin clasificar	Submareales	Lago salado	Lago
		Temporales	Laguna	Lago salado
			Laguna salada	Laguna
			Mallines	Laguna salada
			Permanentes	Mallines
			Playas	Perdida
			Rio	Permanentes
			Salares	Playas
			Salinas	Rio
			Sin clasificar	Salares
			Tranque	Salinas
			Turberas	*Sin clasificar*
				Tranque
				Turbera antropogénica
				Turbera en altura
				Turbera en interfase estuarina
				Turbera explotada
				Turbera natural
				Turberas
				Vega

Para el análisis de este estudio se decidió trabajar con el Orden 2 y Orden 4 de cada polígono de humedal. Para esto se concatenaron ambos órdenes definiendo una nueva categoría del tipo “Orden 2 / Orden 4”. Se decidió utilizar esta combinación ya que el Orden 4 entrega un nivel de detalle adecuado para la priorización a escala nacional. En muchos casos los órdenes no encuentran clasificados, o bien, se “arrastra” una clasificación de jerarquías menores a órdenes mayores (por ejemplo, la clasificación del Orden 3 se repite en el Orden 4 y 5). Es por esta razón que se decidió utilizar una concatenación de dos órdenes intermedios que entregan, a la vez, una clasificación general y otra de mayor detalle.

1.2.2. Fuentes de información geográfica

El análisis geoespacial se realizó utilizando el software QGIS 3.2, el cual es un Sistema de Información Geográfica, y se analizaron los datos espaciales que se detallan en la **Tabla C1. 2**.

Tabla C1. 2. *Fuentes de información geográfica para el análisis geoestadístico. Fuente: Elaboración propia.*

Capa de información	Fuente	Fecha de descarga	Geometría
Inventario Nacional de Humedales - MMA (2023)	https://apps.mma.gob.cl/visorsimbio	Octubre de 2023	Polígonos
Humedales Urbanos Declarados - MMA (2023)	https://humedaleschile.mma.gob.cl/humedales-urbanos/	Septiembre de 2023	Polígonos
Catastro de Obras MOP - MOP (2023)	https://ide.mop.gob.cl/VisorObras/#/home	Octubre de 2023	Líneas y Puntos
Límites Urbanos asociados a PRC	https://ide.minvu.cl/pages/descargas	Septiembre de 2023	Polígonos
Límites Urbanos asociados a PRI y PRM	https://ide.minvu.cl/pages/descargas	2022	Polígonos

Cabe destacar que, debido al alcance del proyecto, en el Catastro de Obras MOP solo se consideraron las obras de la Dirección de Vialidad, Dirección de Obras Hidráulicas y la Dirección General de Concesiones. Adicionalmente, interesa clasificar los proyectos definiendo si corresponden a una obra de infraestructura nueva u obra de conservación. Como no existe una clasificación explícita en el catastro de obras se llevó a cabo un análisis de los nombres de cada proyecto filtrando por palabras específicas que hacen referencia a una obra de conservación. Las palabras utilizadas para clasificar una obra como una de conservación fueron: “conservación”, “reparación”, “mantención”, “mejoramiento” y “reposición”[7].

Por otro lado, con el fin de definir qué polígonos del Inventario Nacional de Humedales se encuentran asociados a algún límite urbano, previo al cruce con el catastro de obras MOP y análisis geoestadístico, se llevó a cabo una intersección que permitió determinar si en algún punto del polígono este se superpone con los límites urbanos definidos en los PRC, PRI y PRM. En el caso de que una porción del humedal estuviera asociado a un límite urbano, todo el polígono se consideró como tal. Este análisis es el mismo que realiza el MMA para determinar si un humedal podría estar afecto al literal s).

[7] El concepto de “conservación” no es utilizado de la misma manera por la DOH y la DV; en el caso de la DOH son actividades de limpieza, mantención del cauce y/o actividades u obras para evitar inundaciones, en el caso de la DV son actividades que generalmente corresponden a reparaciones o mantenciones de infraestructura existente. Para efectos del análisis geoestadístico se clasificaron de forma transversal usando el filtro de palabras mencionado. Para efectos de la descripción de obras de conservación en el Capítulo 3, se adoptó la clasificación definida en los TdR (ver **Tabla C3. 13**).

1.2.3. Análisis Geoestadístico: Intersección y cercanía

Con el fin de estudiar cuáles son los tipos de humedales que más interactúan con las obras de infraestructura del MOP se realizó un cruce entre el catastro de obras MOP a nivel nacional y el Inventario Nacional de Humedales clasificado según su relación con los límites urbanos. En primer lugar, se llevó a cabo una intersección simple entre el catastro de obras de infraestructura MOP de líneas y puntos con los polígonos de humedales del Inventario. Posteriormente, se consideró un *buffer* de 30 m en el catastro de obras y se repitió el geoproceso de intersección. La incorporación de este *buffer* responde la necesidad de evaluar qué obras del catastro MOP podrían interactuar con el humedal a pesar de no intersectar directamente. Se adoptó una magnitud de 30 m ya que diferentes autores sugieren una zona de protección para ríos, esteros y quebradas de hasta 30 m por ribera[8]. Cabe destacar que esta zona de protección podrá variar según las características ecológicas y geomorfológicas del humedal como también de las características de la obra de infraestructura. En este sentido, la definición de una correcta zona de protección es caso específico, pero en este caso, el *buffer* adoptado es una buena estimación para el análisis a nivel nacional.

Para efectos de este análisis se utiliza el concepto **intersección** para aquellas superposiciones simples entre el Inventario y el catastro de obras, es decir, sin considerar ningún tipo de *buffer.* Por otro lado, se entenderá por **cercanía** cuando se produce una superposición entre el Inventario y el *buffer* del catastro de obras, es decir, cuando la obra está a 30 m o menos del polígono humedal.

Este cruce, directo y considerando un *buffer* de 30 m, se replicará también para los Humedales Urbanos declarados bajo la Ley 21.202.

Es importante notar que una obra podrá intersectar o ser cercana a varios polígonos del Inventario simultáneamente. Esto sucede especialmente para las obras de infraestructura vial debido a su gran extensión. También puede darse el caso de que un polígono del inventario intersecta con dos o más obras diferentes, esto sucede en humedales de gran extensión como ríos o lagos. Tomando en cuenta esto, el análisis geoestadístico se realizó considerando el total de intersecciones, es decir, se considerará una intersección por cada polígono del Inventario que se superpone con una obra del catastro. Es por esto que el número de intersecciones totales será considerablemente mayor al número de proyectos intersectados, lo cual podrá ser observado en los resultados. Aun así, en algunos casos, especialmente cuando el foco del análisis esté en las características de la obra y no en el humedal, las intersecciones se agruparán por la obra de interés que se superpone con uno o más humedales. Casos esquemáticos de estas situaciones se muestran en la **Figura C1. 1**.

[8] Sweeney, B.W., Newbold, J.D., 2014. Streamside forest buffer width needed to protect stream water quality, habitat, and organisms: A literature review. J. Am. Water Resour. Assoc. 50, 560–584.
Centro de Información de Recursos Naturales [CIREN]. 2016. Hidrofor. Zonificación de estándares y parámetros edafoclimáticos para la conservación y protección de suelos y aguas incluidos en la Ley 20.283. Regiones V-X. 122

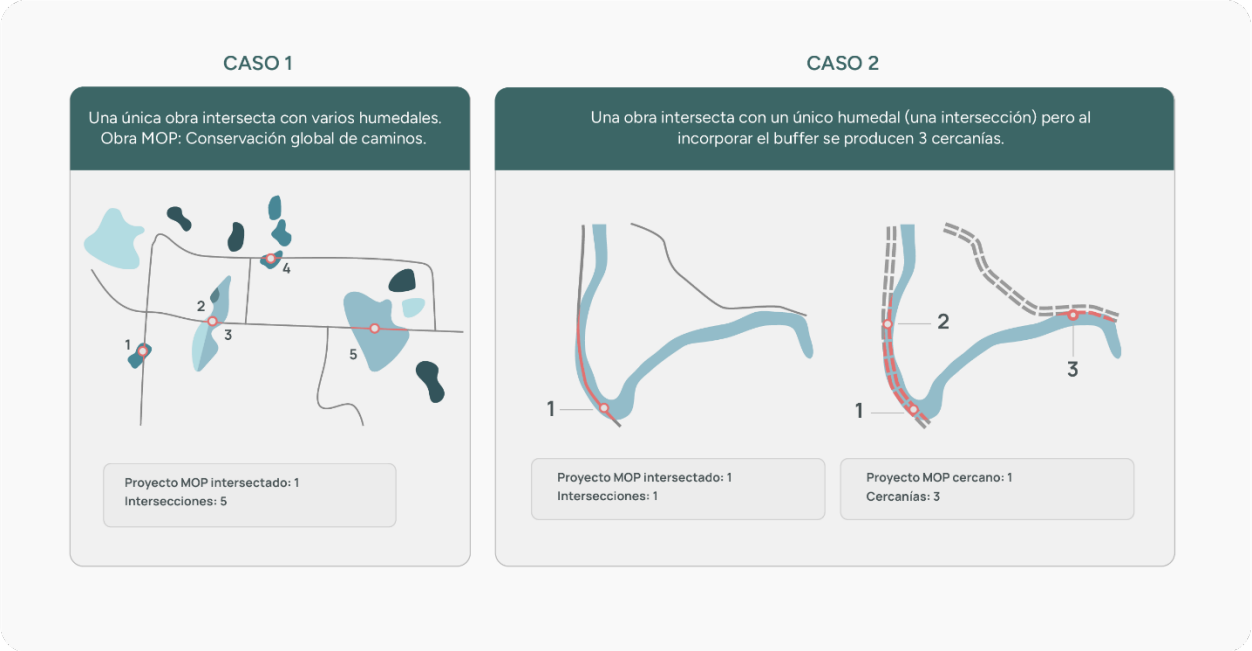


Figura C1. 1 *Esquemas que ejemplifican la diferencia entre intersecciones, cercanías, proyectos intersectados y proyectos cercanos. En tonos azules el Inventario Nacional de Humedales, en líneas negras el catastro de obras, en negro achurado el buffer de 30 m, en amarillo las intersecciones y en rojo las cercanías. Fuente: Elaboración propia.*

1.2.4. Selección de humedales estadísticamente significativos

Para seleccionar qué tipos de humedales son estadísticamente significativos se cuantificó la cantidad de obras cercanas para cada tipo de humedal. La tipología de humedal quedó definida por la concatenación entre el Orden 2 y el Orden 4 del Inventario, como se mencionó anteriormente. El conteo de intersecciones según humedal se realizó a nivel nacional y se ordenó de mayor a menor. Por último, se seleccionaron los tipos de humedales que representen al menos el 80% de la intersección a nivel nacional, para esto se tomaron los humedales con mayores conteos hasta llegar a la representatividad acumulada del 80% o más.

1.3. Resultados del análisis geoestadístico

A continuación, se exponen los resultados obtenidos luego del análisis geoespacial. En primer lugar, se muestran los resultados en base al Inventario Nacional de Humedales y posteriormente los de los Humedales Urbanos Declarados bajo la Ley 21.202, en ambos casos se exponen los resultados con y sin el buffer de 30 m. Luego, se muestran los resultados de la selección de los 5 humedales estadísticamente significativos para efectos de este estudio. Por último, en el **Anexo 3** se muestran las fichas resumen del análisis geoestadístico para cada región.

1.3.1. Análisis geoestadístico de intersecciones y cercanía de obras MOP e Inventario Nacional de Humedales

Proyectos MOP que intersectan[9] con humedales reconocidos en el Inventario Nacional de Humedales

A nivel nacional, existen 316 proyectos de infraestructura del MOP (DOH, DV y DGC) que intersectan en algún punto con el Inventario Nacional de Humedales. Del total de proyectos, 273 (86%) corresponden a obras de conservación y los 43 (14%) restantes corresponden a obras nuevas. La **Figura C1. 2** muestra la cantidad de proyectos intersectados por región y los diferencia según corresponden a obras de conservación u obras nuevas. Se observa que los proyectos que intersectan con humedales se concentran en la zona sur, destacando las regiones del Bío-Bío, La Araucanía y Los Ríos.

[9] Resultados no consideran *buffer.*

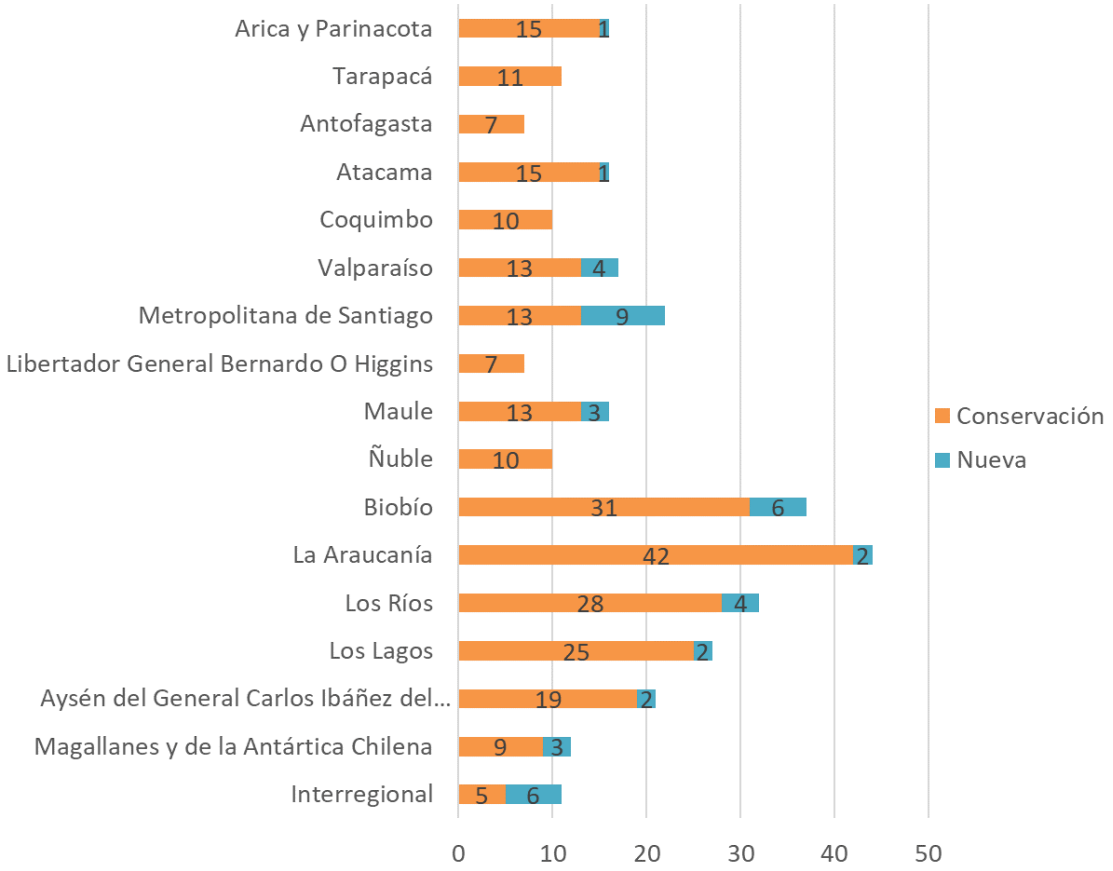


Figura C1. 2. *Cantidad de proyectos nuevos y de conservación del MOP que intersectan con al menos un humedal reconocido en el Inventario Nacional de Humedales. Fuente: Elaboración propia*

.

Del total de proyectos intersectados con el Inventario Nacional de Humedales, 266 proyectos son de la DV, esto representa el 84% de los proyectos a nivel nacional. El 16% restante corresponden a la DOH y DGC con 28 y 22 obras, respectivamente. La **Figura C1. 3** muestra la cantidad de proyectos intersectados según servicio por región.

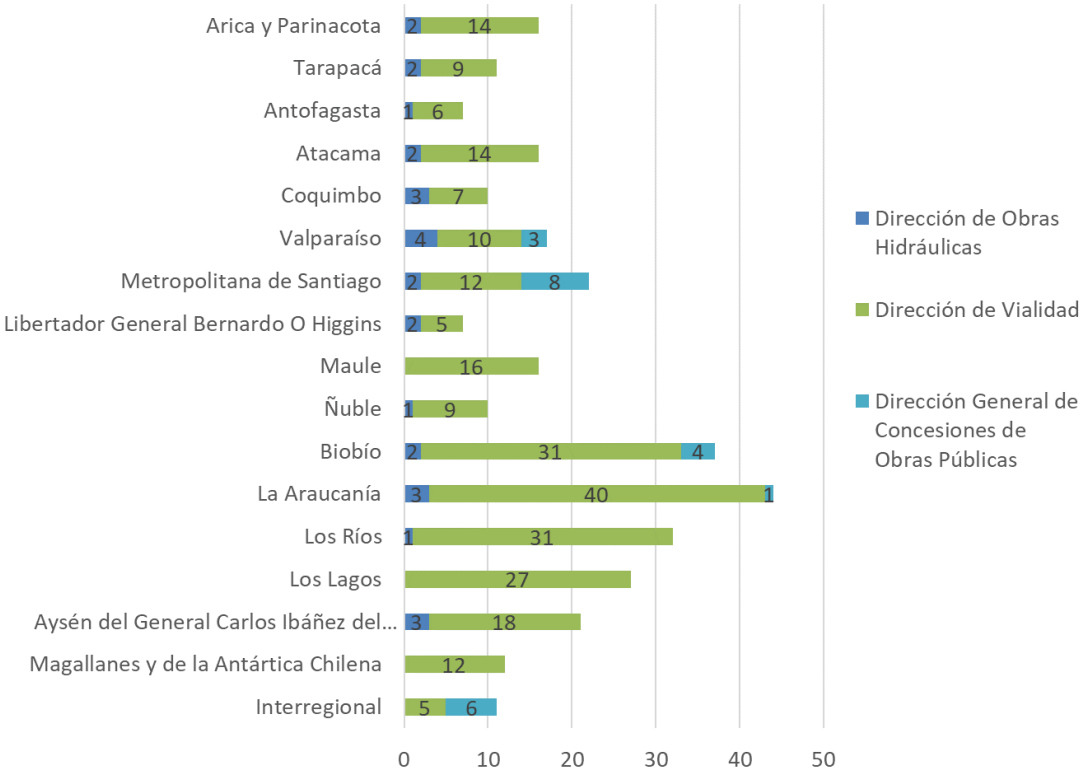


***Figura C1. 3**. Cantidad de proyectos de la DOH, DV y DGC del MOP que intersectan con al menos un humedal reconocido en el Inventario Nacional de Humedales. Fuente: Elaboración propia*

Según lo explicado anteriormente, un proyecto de infraestructura puede superponerse en varios puntos con diferentes polígonos del Inventario Nacional de Humedales. Es por esto que, los 316 proyectos intersectados están asociados a un total de 4.146 intersecciones a nivel nacional. Según lo indicado en la **Tabla C1. 3** y en la **Figura C1. 4** el 62,3% de estas intersecciones son con humedales del tipo Ribereños / Ríos y lo siguen los Palustres / Permanentes con un 11,6%, Palustres/Andinos con un 5%, luego Palustres/Turberas con un 4,3% y después Palustres/Mallines con un 3,4%. Cada tipo de humedal restante representa menos de un 3% de las intersecciones totales. Al estudiar la distribución de intersecciones a escala regional se tiene que, a excepción de las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta, los humedales más intersectado en todas las regiones son los ríos. Esto se puede ver claramente en la **Tabla C1. 3** donde los colores rojos se concentran en la fila asociada al humedal tipo Ribereño / Río. Cabe destacar que la región con la cual se clasifica la intersección proviene de la región del proyecto definido en la tabla de atributos del catastro de obras MOP.

Tabla C1. 3. *Tipos de humedales intersectados según región. Los números indican la cantidad total de intersecciones, notar que un único proyecto puede tener varias intersecciones. Fuente: Elaboración propia.*

Orden 2/Orden 4	Arica y Parinacota	Tarapacá	Antofagasta	Atacama	Coquimbo	Valparaíso	Metropolitana de Santiago	Libertador G. O´Higgins	Maule	Ñuble	Biobío	La Araucanía	Los Ríos	Los Lagos	Aysén del General Carlos Ibáñez del	Magallanes y de la Antártica Chilena	Interregional	Total
Ribereños/Rio	51	6	2	159	14	303	230	78	75	71	376	217	155	227	262	123	232	2581
Palustres/Permanentes						12	5		1		59	91	147	28	100	20	18	481
Palustres/Andinos	106	18	6	65			13	1										209
Palustres/Turberas														112	17	49		178
Palustres/Mallines														23	120			143
Ribereños/Irregulares	21	20				32									37		4	114
Lacustres/Lago				1				2	3		1	2	7	11	42	11		80
Almacenamiento/Tranque				1		34	18		4	1	1						15	74
Palustres/Sin Clasificar				26								9	18	1				54
Sin Clasificar/Sin Clasificar		13	1	5				2	2	3	17	2	1		2		1	49
Lacustres/Laguna	1					9			2		1	2	3	9	9	2		38
Estuarinos/Estuarios						6							18	6				30
Marinos/Intermareales	2													27				29
Palustres/Estacionales	5								2				11			2	1	21
Estuarinos/Intermareales				13		2						1						16
Lacustres/Salares	1	2	4	6														13
Almacenamiento/Embalse				3	1	2	1	1			5							13
Lago Salado/												6						6
Marinos/Playas											4							4
Ribereños/Estero						3												3
Explotación De Sal/Salinas								2	1									3
Lago Salado/Lago Salado														3				3
Lagunar/Laguna Salada														2				2
Sin información												1						1
Lacustres/Rio														1				1
Total	**187**	**59**	**13**	**279**	**15**	**403**	**267**	**86**	**90**	**75**	**464**	**331**	**360**	**450**	**589**	**207**	**271**	**4146**

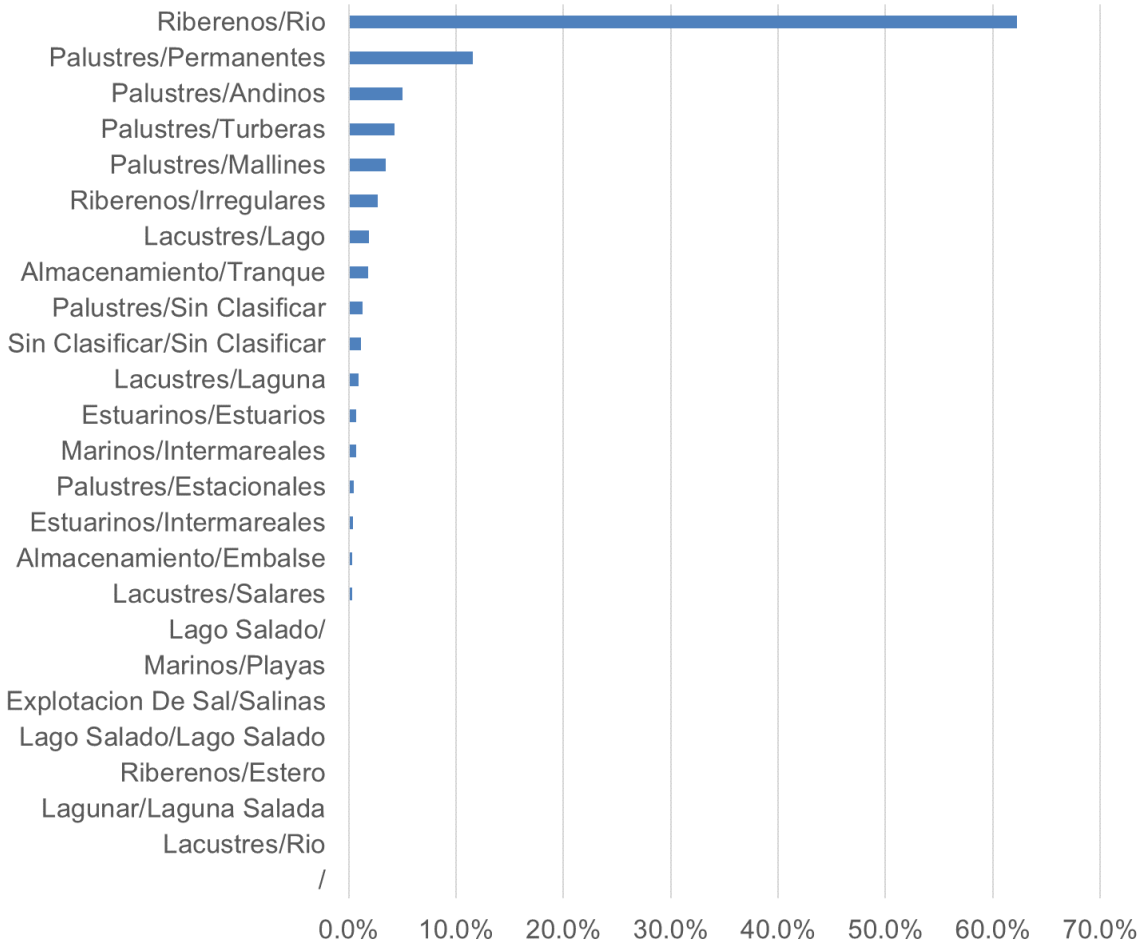


Figura C1. 4. *Tipos de humedales del Inventario Nacional que intersectan con obras MOP. Distribución porcentual de todas las intersecciones a nivel nacional. Fuente: Elaboración propia.*

De las 4.174 intersecciones a nivel nacional, un 27% de los polígonos del Inventario Nacional de Humedales se asocian a un límite urbano. Aun así, tal como se muestra en la **Figura C1. 5** las distribuciones porcentuales varían significativamente ente regiones. En las regiones de Coquimbo, Valparaíso y Metropolitana, la tendencia se invierte en comparación al resto del país y existe mayor cantidad de intersecciones con humedales asociados a límites urbanos.

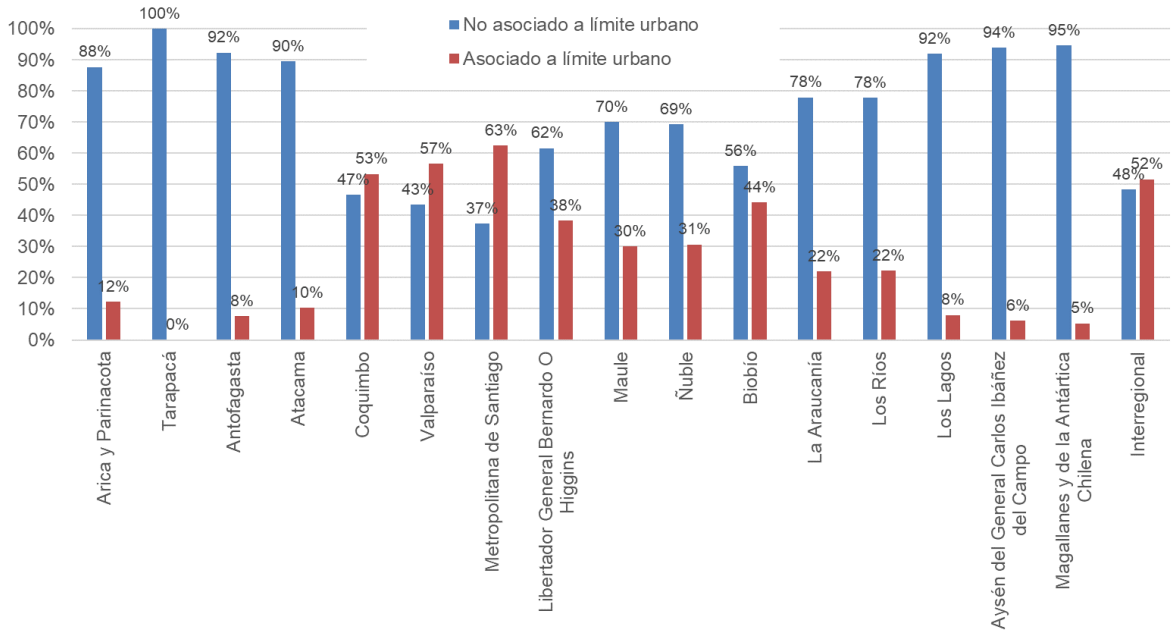


Figura C1. 5. *Distribución porcentual de las intersecciones según si corresponden a un polígono del Inventario Nacional de Humedales asociado a un límite urbano. Fuente: Elaboración propia.*

A la fecha del análisis geoestadístico, según lo indicado en el catastro de obras MOP a nivel nacional, un 79% de las intersecciones con humedales se da con obras en ejecución, un 15% están terminadas, un 4% en adjudicación y el 3% restante se encuentran en licitación. La **Tabla C1. 4** muestra la distribución porcentual de intersecciones según su estado y región, clasificados por el servicio que la ejecuta.

Tabla C1. 4. *Distribución porcentual de las intersecciones según estado de la obra y región. Estos se clasifican por el servicio que la ejecuta. Fuente: Elaboración propia.*

Región	En Adjudicación	En Ejecución	En Licitación	Terminado	Total
Dirección de Obras Hidráulicas					
Arica y Parinacota	0%	50%	0%	50%	100%
Tarapacá	0%	50%	0%	50%	100%
Antofagasta	0%	100%	0%	0%	100%
Atacama	0%	50%	0%	50%	100%
Coquimbo	0%	75%	0%	25%	100%
Valparaíso	0%	20%	0%	80%	100%
Metropolitana de Santiago	0%	0%	0%	100%	100%
Libertador General Bernardo O Higgins	0%	25%	0%	75%	100%
Ñuble	0%	100%	0%	0%	100%
Biobío	0%	50%	0%	50%	100%
La Araucanía	11%	44%	0%	44%	100%
Los Ríos	0%	100%	0%	0%	100%
Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo	0%	25%	0%	75%	100%
Dirección de Vialidad					
Arica y Parinacota	1%	94%	0%	5%	100%
Tarapacá	0%	79%	0%	21%	100%

Región	En Adjudicación	En Ejecución	En Licitación	Terminado	Total
Antofagasta	0%	67%	0%	33%	100%
Atacama	1%	74%	0%	25%	100%
Coquimbo	9%	18%	9%	64%	100%
Valparaíso	1%	98%	0%	1%	100%
Metropolitana de Santiago	0%	91%	0%	9%	100%
Libertador General Bernardo O Higgins	0%	30%	0%	70%	100%
Maule	0%	23%	0%	77%	100%
Ñuble	0%	62%	12%	26%	100%
Biobío	4%	78%	0%	18%	100%
La Araucanía	36%	48%	1%	14%	100%
Los Ríos	5%	58%	27%	10%	100%
Los Lagos	6%	86%	1%	7%	100%
Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo	0%	82%	1%	17%	100%
Magallanes y de la Antártica Chilena	2%	87%	0%	10%	100%
Interregional	0%	15%	0%	85%	100%
Dirección General de Concesiones de Obras Públicas					
Valparaíso	0%	100%	0%	0%	100%
Metropolitana de Santiago	0%	100%	0%	0%	100%
Biobío	0%	100%	0%	0%	100%
La Araucanía	0%	100%	0%	0%	100%
Interregional	0%	100%	0%	0%	100%
Total nacional	**4%**	**79%**	**3%**	**15%**	**100%**

Proyectos MOP cercanos[10] humedales reconocidos en el Inventario Nacional de Humedales

Cuando el análisis de superposición se hace incorporando un *buffer* de 30 m al catastro de obras, el total de proyectos intersectados aumenta a 360. De estas, 312 corresponden a obras de conservación y las 48 restantes corresponden a obras nuevas. La distribución regional clasificada según tipo de obra se muestra en la **Figura C1. 6**. Del total de las obras cercanas a humedales del Inventario Nacional de Humedales, 300 obras (83%) corresponden a obras de la DV, 37 (10%) obras corresponden a la DOH y 23 (6%) obras corresponden a la DGC. La distribución regional clasificada según servicio se muestra en la **Figura C1. 7**.

[10] Resultados consideran *buffer* de 30 metros.

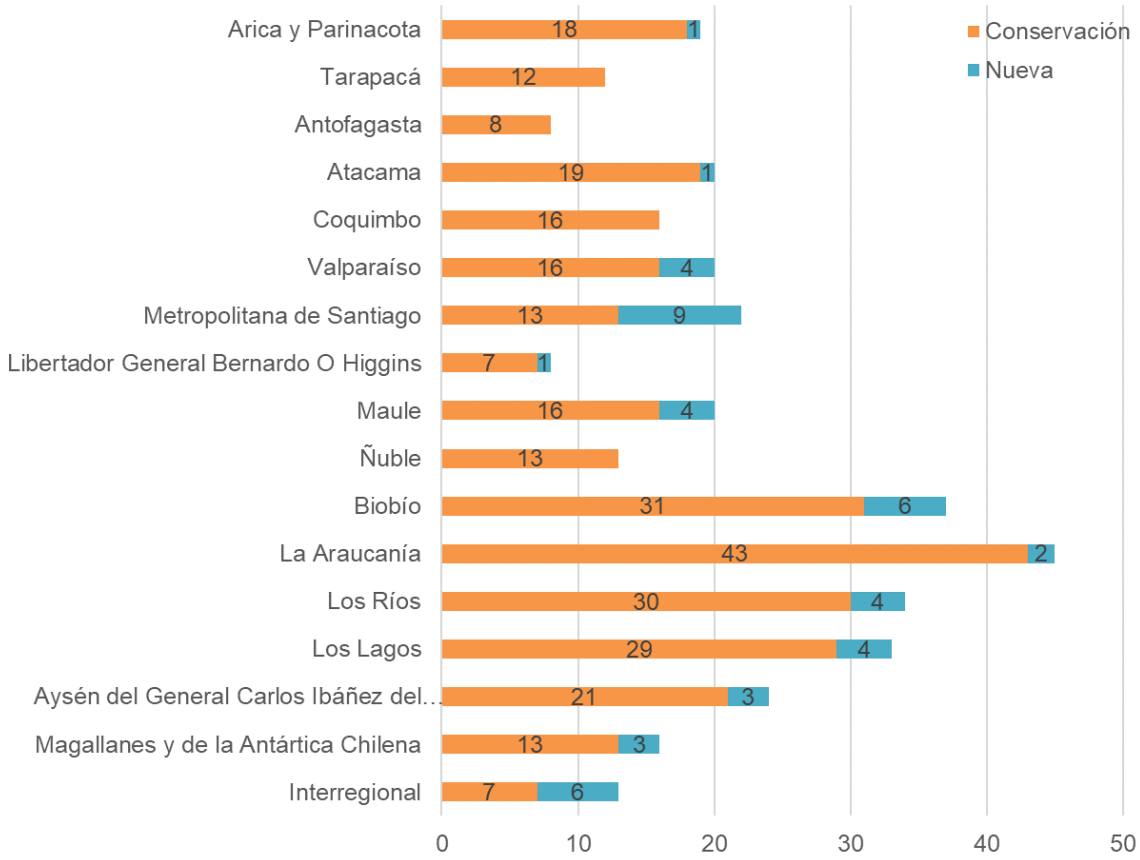


Figura C1. 6. *Cantidad de proyectos nuevos y de conservación del MOP cercanos (que intersectan considerando un buffer de 30 m) a al menos un humedal reconocido en el Inventario Nacional de Humedales. Fuente: Elaboración propia*

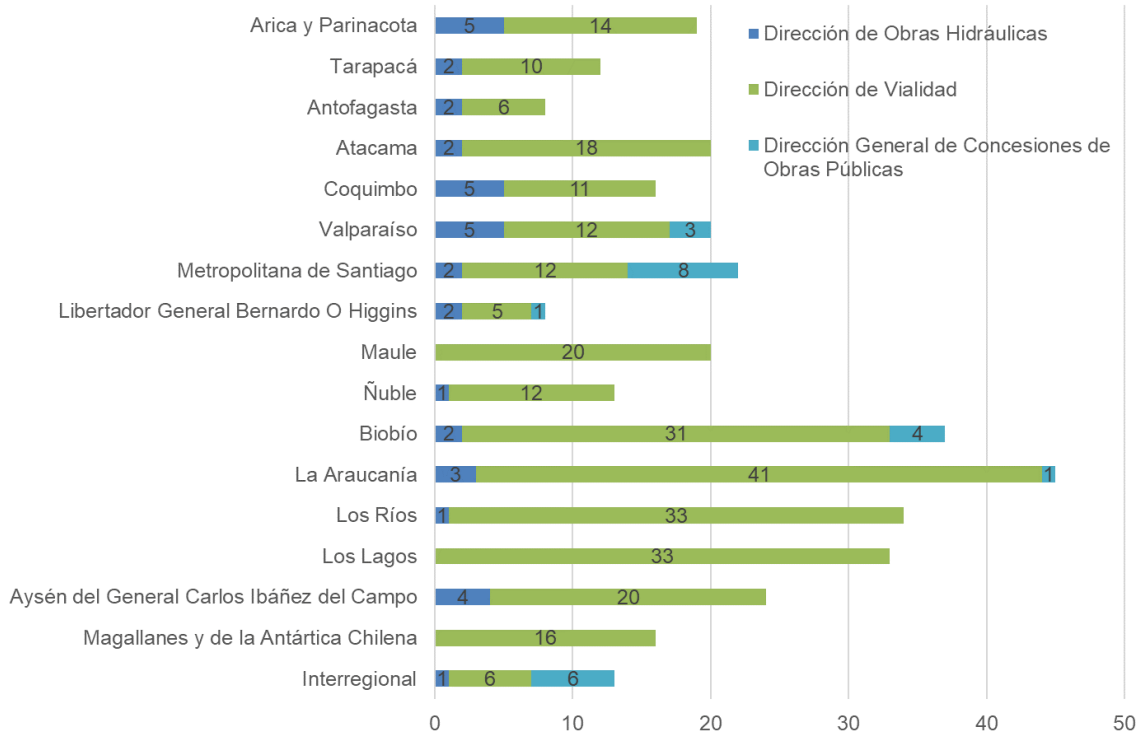


Figura C1. 7. *Cantidad de proyectos de la DOH, DV y DGC del MOP cercanos (que intersectan considerando un buffer de 30 m) a al menos un humedal reconocido en el Inventario Nacional de Humedales. Fuente: Elaboración propia.*

El total de intersecciones usando *buffer* (i.e., cercanía) es de 6.126. Similar a los resultados anteriores, el tipo de humedal con mayor cantidad de cercanías son los Ribereños/Ríos, a nivel nacional estos representan el 54,5% de las cercanías (ver **Figura C1. 8**), valor menor a la representatividad de este tipo de humedales en las intersecciones sin *buffer* (62%). Lo siguen los humedales Palustres/Permanentes con un 13,1%, luego los Palustres/Turberas con un 5,3%, después los Palustres/Andinos con un 4,5% y los Almacenamiento/Tranque con un 3,9%. Notar que los 5 tipos de humedales con mayores cercanías cambian levemente en comparación a los 5 con mayores intersecciones simples. Cuando se estudian las cercanías entran los Almacenamiento/Tranque y salen los Palustres/Mallines. La **Tabla C1. 5** muestra el total de intersecciones por tipo de humedal según región, los valores altos (en gama de colores rojos) se concentran principalmente en los humedales Ribereños/Ríos, representando la mayor cantidad de intersecciones en casi todas las regiones a excepción de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Los Ríos, en esta última toman mayor representatividad los humedales Palustres/Permanentes.

Tabla C1. 5. *Tipos de humedales cercanos a obras MOP según región. Los números indican la cantidad de cercanías (intersecciones considerando un buffer de 30 m) , notar que un único proyecto puede tener varias cercanías. Fuente: Elaboración propia*

Etiquetas de fila	Arica y Parinacota	Tarapacá	Antofagasta	Atacama	Coquimbo	Valparaíso	Metropolitana de Santiago	Libertador G. O'Higgins	Maule	Ñuble	Biobío	La Araucanía	Los Ríos	Los Lagos	Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo	Magallanes y de la Antártica Chilena	Interregional	Total general
Ribereños/Rio	57	7	5	201	23	423	275	112	109	92	532	263	209	304	305	144	280	3341
Palustres/Permanentes			1			24	12		2	2	149	118	237	53	142	30	32	802
Palustres/Turberas														249	21	53		323
Palustres/Andinos	120	29	6	82		11	22	3			3							276
Almacenamiento/Tranque				4		136	52	1	7	1	1	3	5				31	241
Lacustres/Lago				1		2		4	4		13	9	17	37	85	26		198
Palustres/Mallines														54	132			186
Ribereños/Irregulares	25	21				38	2								58		6	150
Lacustres/Laguna	9	2	4	6		17	1		6	3	3	2	6	42	31	6	1	139
Sin Clasificar/Sin Clasificar		16	1	13		3	1	4	6	3	58	7	2		2		6	122
Palustres/Sin Clasificar				29								13	29	3			4	78
Marinos/Intermareales	3													69				72
Estuarinos/Estuarios						12							38	13				63
Palustres/Estacionales	8								2				20		1	2	4	37
Almacenamiento/Embalse	1		1	5	2	5	1	5	1		8						1	30
Estuarinos/Intermareales				15		6						2					1	24
Lacustres/Salares	2	3	4	6														15
Lago Salado/												6						6
Ribereños/Estero						5												5
Lagunar/Laguna Salada														4			1	5
Marinos/Playas											4							4
Explotación De Sal/Salinas								3	1									4
Lago Salado/Lago Salado														3				3
Lacustres/Rio														1				1
Sin información												1						1
Total general	**225**	**78**	**22**	**362**	**25**	**682**	**366**	**132**	**138**	**101**	**771**	**424**	**563**	**832**	**777**	**261**	**367**	**6126**

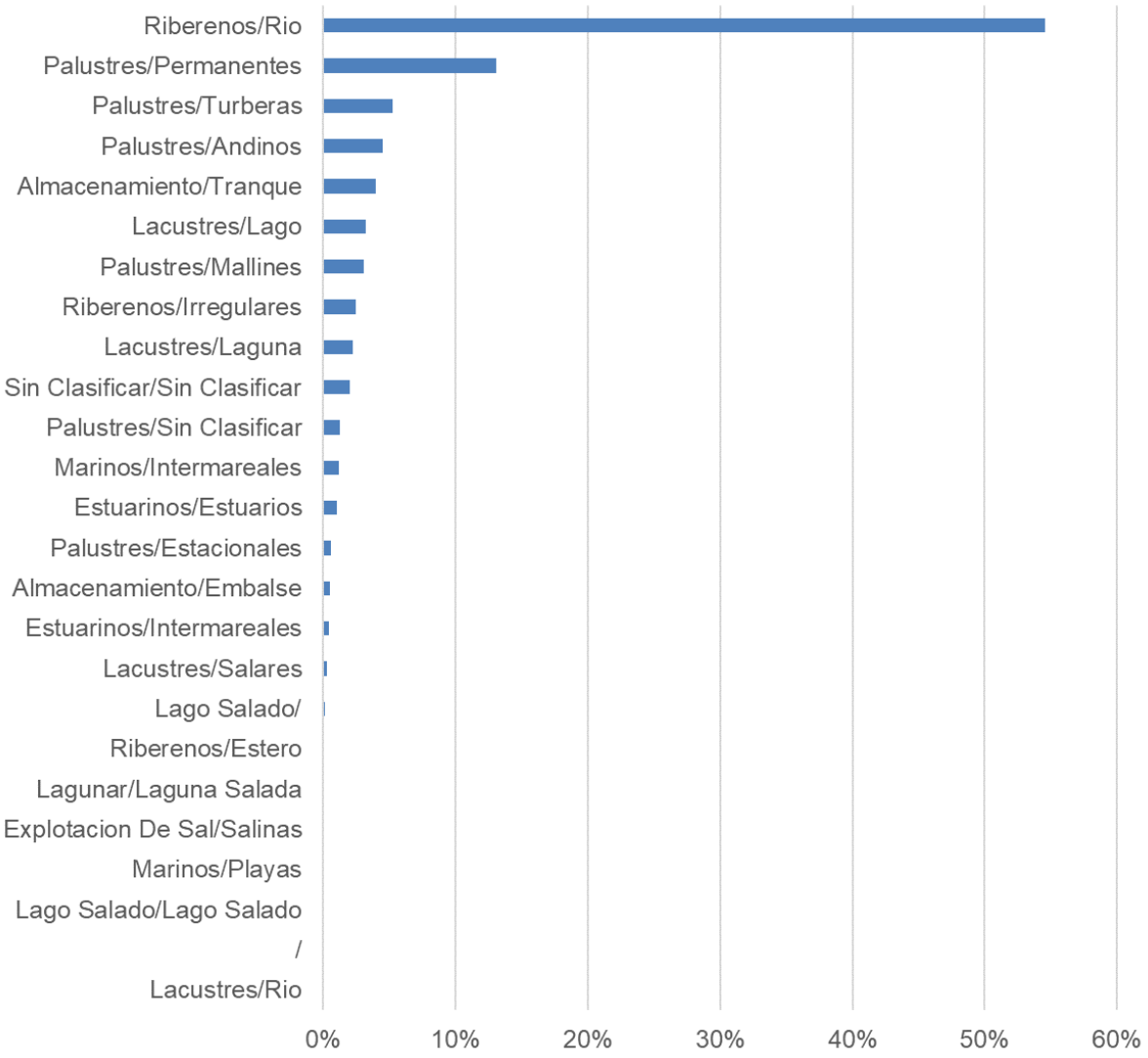


***Figura C1. 8**. Tipos de humedales del Inventario Nacional cercanos a obras MOP. Distribución porcentual de todas las cercanías (intersecciones considerando un buffer de 30 m) a nivel nacional. Fuente: Elaboración propia.*

Del total de las cercanías identificadas, un 74% corresponden a humedales del Inventario Nacional no asociados a límites urbanos. Tal como se muestra en la **Figura C1. 9** en todas las regiones la cantidad de cercanías a humedales asociados a límites urbanos es menor que las no asociadas a límites urbanos, a excepción de la región Metropolitana.

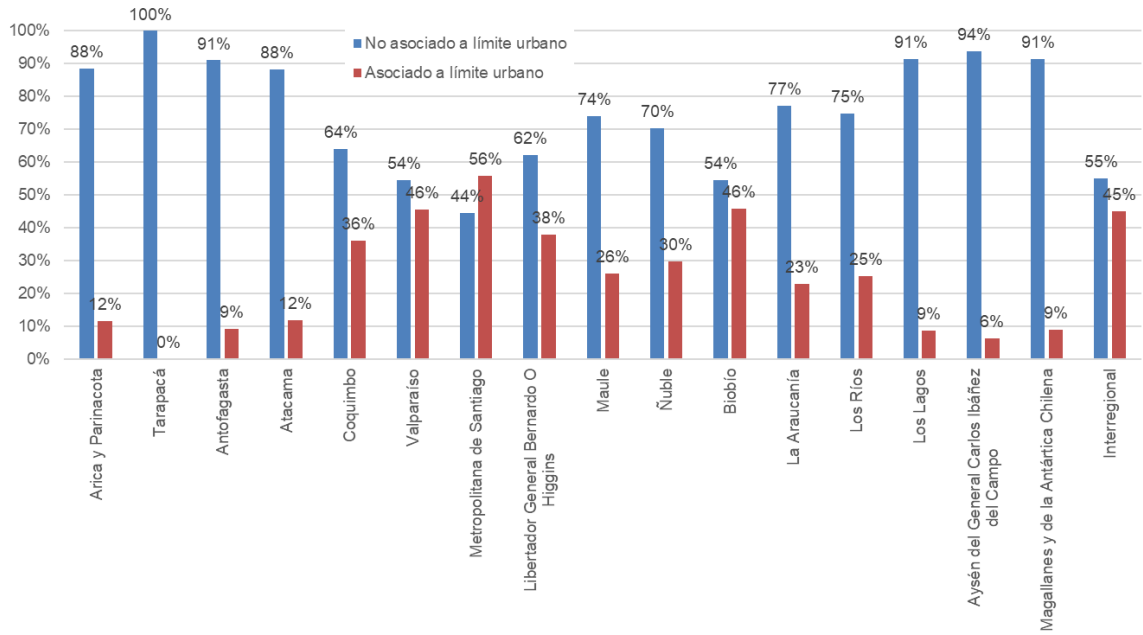


Figura C1. 9. *Distribución porcentual de las cercanías (intersecciones considerando un buffer de 30 m) según si corresponden a un polígono del Inventario Nacional de Humedales asociado a un límite urbano.*
Fuente: Elaboración propia

A la fecha del análisis geoestadístico, según lo indicado en el catastro de obras MOP a nivel nacional, un 78% de las cercanías con humedales se da con obras en ejecución, un 15% están terminadas, un 4% en adjudicación y el 4% restante se encuentra en licitación. La **Tabla C1. 6**, muestra la distribución porcentual de intersecciones según su estado y región, clasificados por el servicio que la ejecuta.

Tabla C1. 6. *Distribución porcentual de las cercanías según estado de la obra y región. Estos se clasifican por el servicio que la ejecuta. Fuente: Elaboración propia*

Región	En Adjudicación	En Ejecución	En Licitación	Terminado	Total
Dirección de Obras Hidráulicas					
Antofagasta	0%	60%	0%	40%	100%
Arica y Parinacota	0%	25%	0%	75%	100%
Atacama	0%	25%	0%	75%	100%
Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo	0%	14%	0%	86%	100%
Biobío	0%	50%	0%	50%	100%
Coquimbo	0%	67%	0%	33%	100%
Interregional	0%	100%	0%	0%	100%
La Araucanía	8%	46%	0%	46%	100%
Libertador General Bernardo O'Higgins	0%	25%	0%	75%	100%
Los Ríos	0%	100%	0%	0%	100%
Metropolitana de Santiago	0%	0%	0%	100%	100%
Ñuble	0%	100%	0%	0%	100%
Tarapacá	0%	33%	0%	67%	100%
Valparaíso	0%	13%	0%	88%	100%
Dirección de Vialidad					
Antofagasta	0%	65%	0%	35%	100%

Región	En Adjudicación	En Ejecución	En Licitación	Terminado	Total
Arica y Parinacota	0%	95%	0%	5%	100%
Atacama	1%	75%	0%	23%	100%
Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo	0%	78%	1%	21%	100%
Biobío	3%	76%	1%	20%	100%
Coquimbo	5%	42%	5%	47%	100%
Interregional	0%	13%	0%	88%	100%
La Araucanía	37%	47%	2%	14%	100%
Libertador General Bernardo O'Higgins	0%	28%	0%	72%	100%
Los Lagos	6%	85%	2%	8%	100%
Los Ríos	4%	57%	31%	8%	100%
Magallanes y de la Antártica Chilena	3%	85%	2%	10%	100%
Maule	1%	25%	0%	75%	100%
Metropolitana de Santiago	0%	93%	0%	7%	100%
Ñuble	0%	61%	13%	26%	100%
Tarapacá	0%	84%	0%	16%	100%
Valparaíso	1%	99%	0%	0%	100%
Dirección General de Concesiones de Obras Públicas					
Biobío	0%	100%	0%	0%	100%
Interregional	0%	100%	0%	0%	100%
La Araucanía	0%	100%	0%	0%	100%
Libertador General Bernardo O'Higgins	0%	100%	0%	0%	100%
Metropolitana de Santiago	0%	100%	0%	0%	100%
Valparaíso	0%	100%	0%	0%	100%
Total nacional	**4%**	**78%**	**4%**	**15%**	**100%**

1.3.2. Análisis geoestadístico de intersecciones y cercanía de obras MOP y Humedales Urbanos Declarados

Por último, se presentan los resultados del análisis geoespacial obtenidos usando la capa de Humedales Urbanos Declarados, tanto las intersecciones como cercanías son significativamente menores debido a la diferencia en la extensión con respecto al Inventario Nacional de Humedales.

Proyectos MOP que intersectan[11] con Humedales Urbanos Declarados

A nivel nacional, un total de 25 proyectos MOP intersectan con uno o más Humedales Urbanos Declarados bajo la Ley 21.202. Del total, 17 corresponden a la DV, 6 a la DGC y 2 a la DOH. A su vez, 19 corresponde a obras de conservación y 6 a obras nuevas. La distribución según regiones se muestra en la **Figura C1. 10** y **Figura C1. 11**. Notar que las regiones que no aparecen en la gráfica no cuentan con ninguna intersección o cercanía.

[11] Resultados no consideran *buffer*.

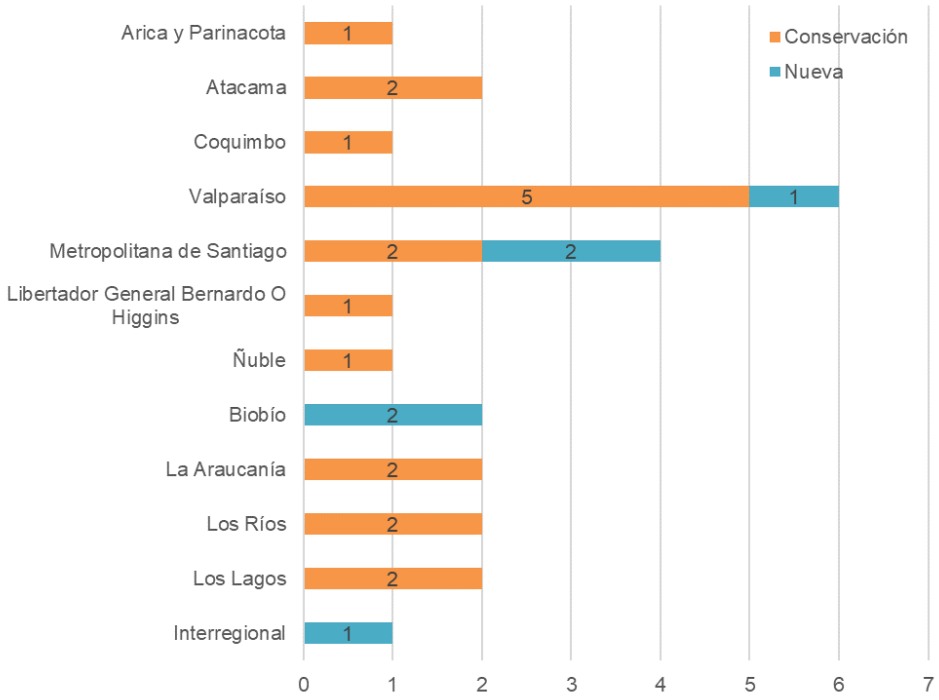


Figura C1. 10. *Cantidad de proyectos nuevos y de conservación del MOP que intersectan con al menos un humedal urbano declarado bajo la Ley 21.202. Fuente: Elaboración propia.*

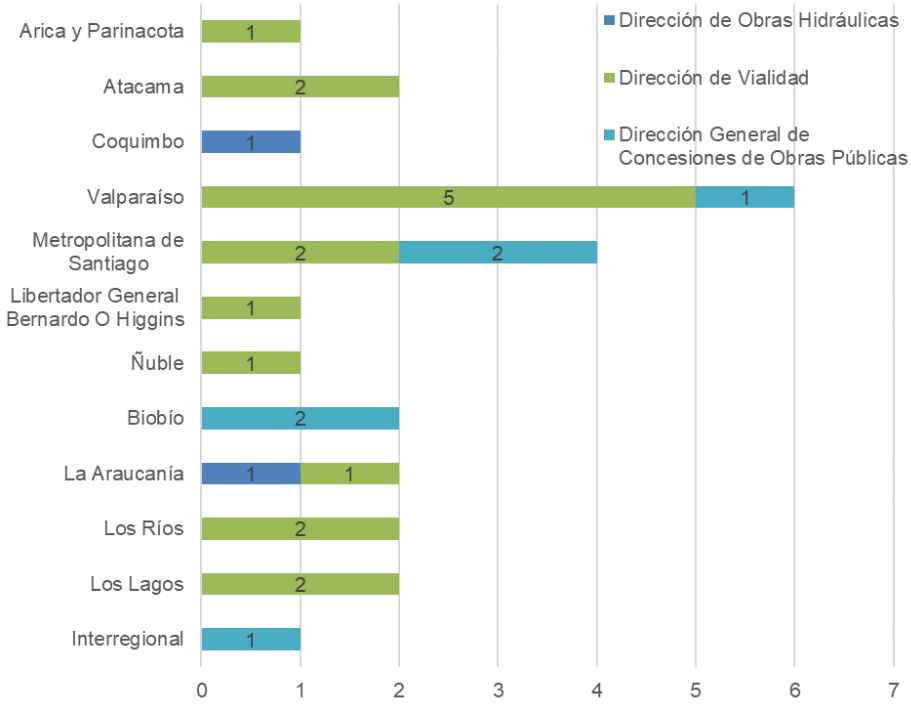


Figura C1. 11. *Cantidad de proyectos de la DOH, DV y DGC del MOP que intersectan con al menos un humedal urbano declarado bajo la Ley 21.202. Fuente: Elaboración propia*

Proyectos MOP cercanos[12] a Humedales Urbanos Declarados

Cuando se incorpora un *buffer* de 30 m al catastro de obras, el total de obras cercanas a Humedales Urbanos es de 48, 36 corresponden a la DV, 8 a la DGC y 4 a la DOH. Por otro lado, 40 corresponden a obras de conservación y 8 a obras nuevas. La distribución según regiones se muestra en la **Figura C1. 12** y **Figura C1. 13**.

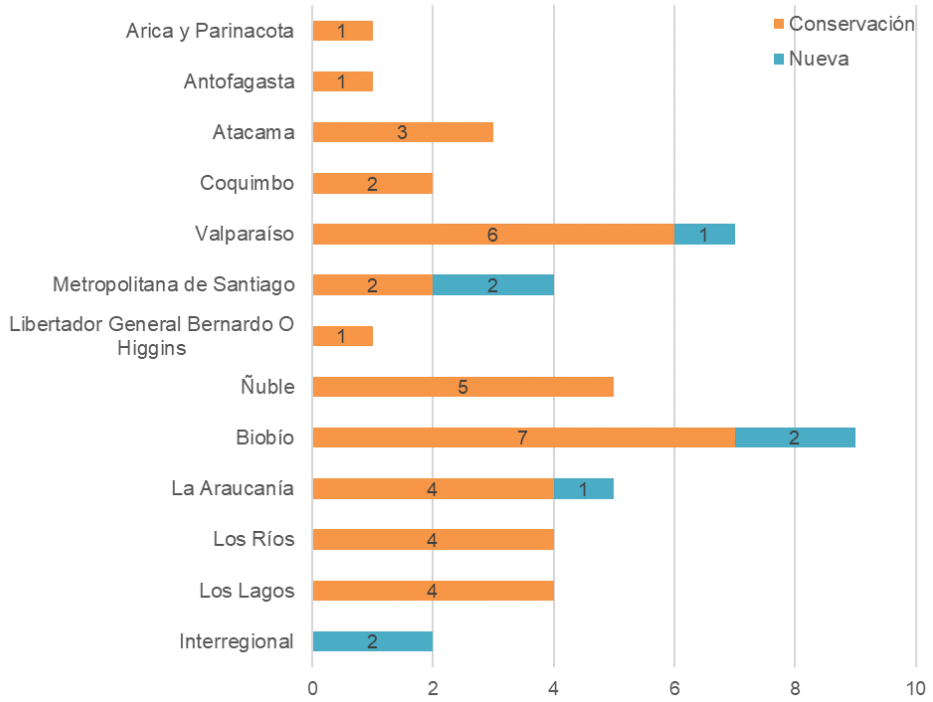


Figura C1. 12. *Cantidad de proyectos nuevos y de conservación del MOP cercanos (que intersectan considerando un buffer de 30 m) a al menos un humedal urbano declarado bajo la Ley 21.202. Fuente: Elaboración propia.*

[12] Resultados consideran *buffer* de 30 metros.

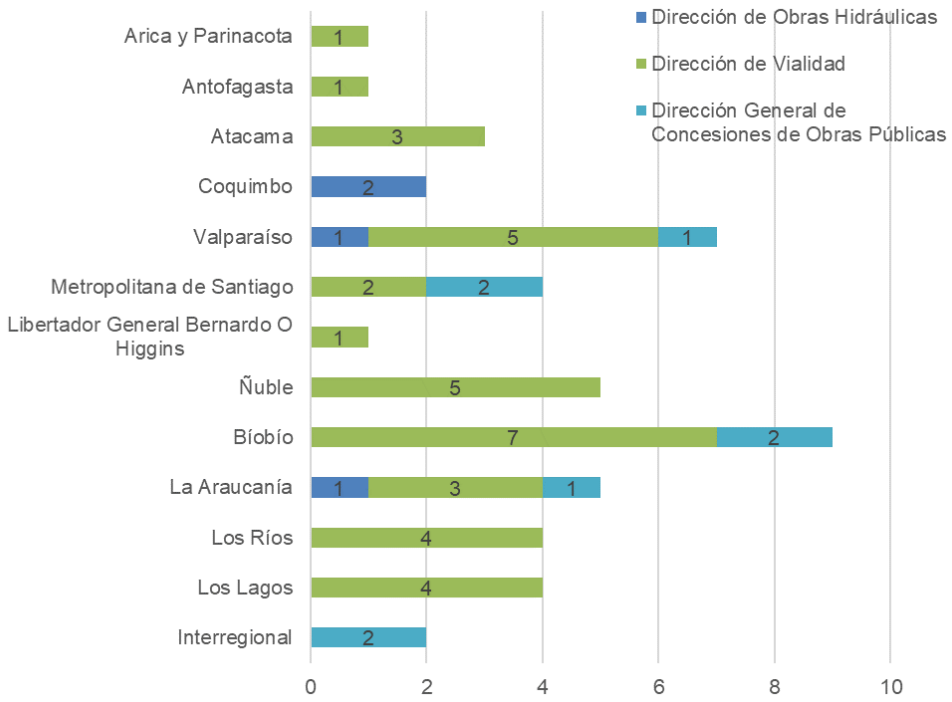


***Figura C1. 13**. Cantidad de proyectos de la DOH, DV y DGC del MOP cercanos (que intersectan considerando un buffer de 30 m) a al menos un humedal urbano declarado bajo la Ley 21.202. Fuente: Elaboración propia.*

1.3.3. Comparación de resultados

A modo de comparación, la **Tabla C1. 7** muestra un conteo a nivel nacional de los proyectos que intersectan con o son cercanos al Inventario Nacional de Humedales, incluyendo humedales del Inventario asociados a límites urbanos y Humedales Urbanos declarados. Adicionalmente se muestran las intersecciones y las cercanías totales.

***Tabla C1. 7.** Conteo de proyectos que intersectan y total de intersecciones (o están cercanos) a humedales según diferentes catastros de humedales. Fuente: Elaboración propia.*

Conteo	Humedales	Catastro Obras MOP simple	Catastro Obras MOP con *buffer*
Proyectos Intersectados	Humedales del Inventario Nacional	316	360
	Humedales asociados a un límite urbano del Inventario Nacional	169	189
	Humedales Urbanos Declarados	25	48
Total de intersecciones	Humedales del Inventario Nacional	4174	6126
	Humedales asociados a un límite urbano del Inventario Nacional	1133	1612
	Humedales Urbanos Declarados	61	130

1.3.4. Fichas regionales

Se construyeron fichas regionales que resumen los resultados obtenidos para cada región (**Anexo 3**). En estas se incorpora una cartografía que resalta todas las cercanías entre obras MOP de la región y el Inventario Nacional de Humedales. En la parte superior se incorpora una tabla que compara el conteo de proyectos intersectados y cercanos a todos los humedales del Inventario, a los asociados a límites urbanos del Inventario y a los Humedales Urbanos declarados. En el panel derecho se muestran gráficos que clasifican los proyectos cercanos según servicio y si corresponden a obras nuevas u obras de conservación. Estos se muestran para todos los humedales y para los humedales asociados a límites urbanos. Cabe destacar que un proyecto puede estar cerca de humedales asociados y no asociados a límites urbanos simultáneamente, en este caso, y de forma conservadora, se consideró que, si al menos una de las cercanías del proyecto es con un humedal asociado a límite urbano, todo el proyecto está cercano a un humedal asociado a límite urbano. Por último, en la parte baja de la ficha se muestra una gráfica que muestra la distribución porcentual del total de cercanías según tipo de humedal.

1.3.5. Selección de humedales estadísticamente significativos

Para seleccionar los humedales estadísticamente significativos, se ordenó de mayor a menor el conteo de las cercanías (i.e., intersecciones usando un *buffer* de 30 m) entre el catastro de obras MOP y el Inventario Nacional de Humedales. Según lo explicado anteriormente, estas cercanías fueron clasificadas según el Orden 2 / Orden 4 del polígono del humedal asociado. Posteriormente se seleccionaron los 5 tipos de humedales que tenían mayor cantidad de cercanías y por ende mayor representatividad a nivel nacional en relación a las interacciones con el catastro de obras MOP. Los tipos de humedales seleccionados se muestran en la **Figura C1. 14** y corresponden a Ribereños/Ríos, Palustres/Permanentes, Palustres/Turberas, Palustres/Andinos y Almacenamiento/Tranque, con una representatividad porcentual del 55%, 13%, 5%, 5% y 4%, respectivamente. Los cinco tipos de humedales seleccionados representan el 81% de las cercanías entre humedales y obras MOP. Cabe destacar que la clase “Permanentes” no corresponde a una categoría del Orden 4 si no que corresponde al Orden 3 y por ende es menos específico. Esto viene del Inventario Nacional de Humedales y según lo explicado, se debe a que al no tener información esta se “arrastra” desde el Orden 3 al Orden 4.

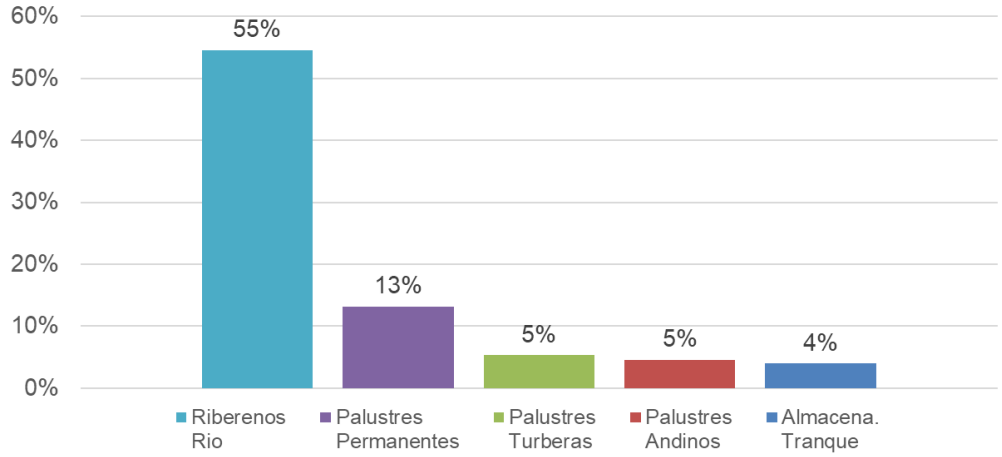


Figura C1. 14. *Humedales estadísticamente significativos a nivel nacional. Se seleccionaros los 5 tipos de humedales con mayor cantidad de cercanías (intersecciones con buffer de 30 m) entre obras MOP y el Inventario Nacional de Humedales. Fuente: Elaboración propia.*

A continuación, se muestran una serie de cartografías que ubican espacialmente las cercanías según el humedal estadísticamente representativo al cual están asociadas. Estas se muestran en orden de representatividad partiendo por Ribereños/Ríos y terminando con Almacenamiento/Tranque.

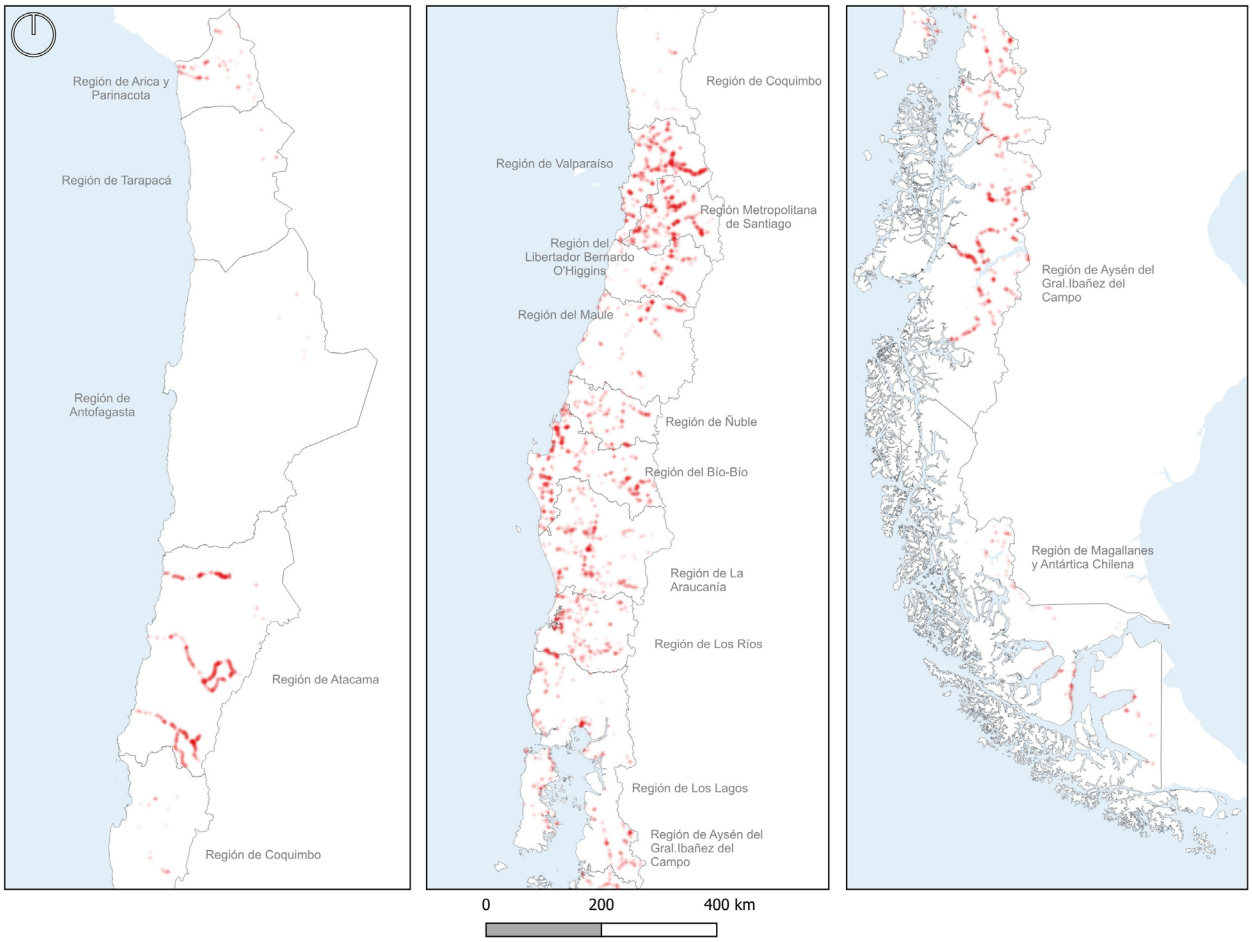


Figura C1. 15. *Ubicación humedales tipo Ribereños/Ríos cercanos a proyectos de infraestructura MOP. Este tipo de humedales representan el 55% de las interacciones usando un buffer de 30 m entre humedales y obras. Fuente: Elaboración propia.*

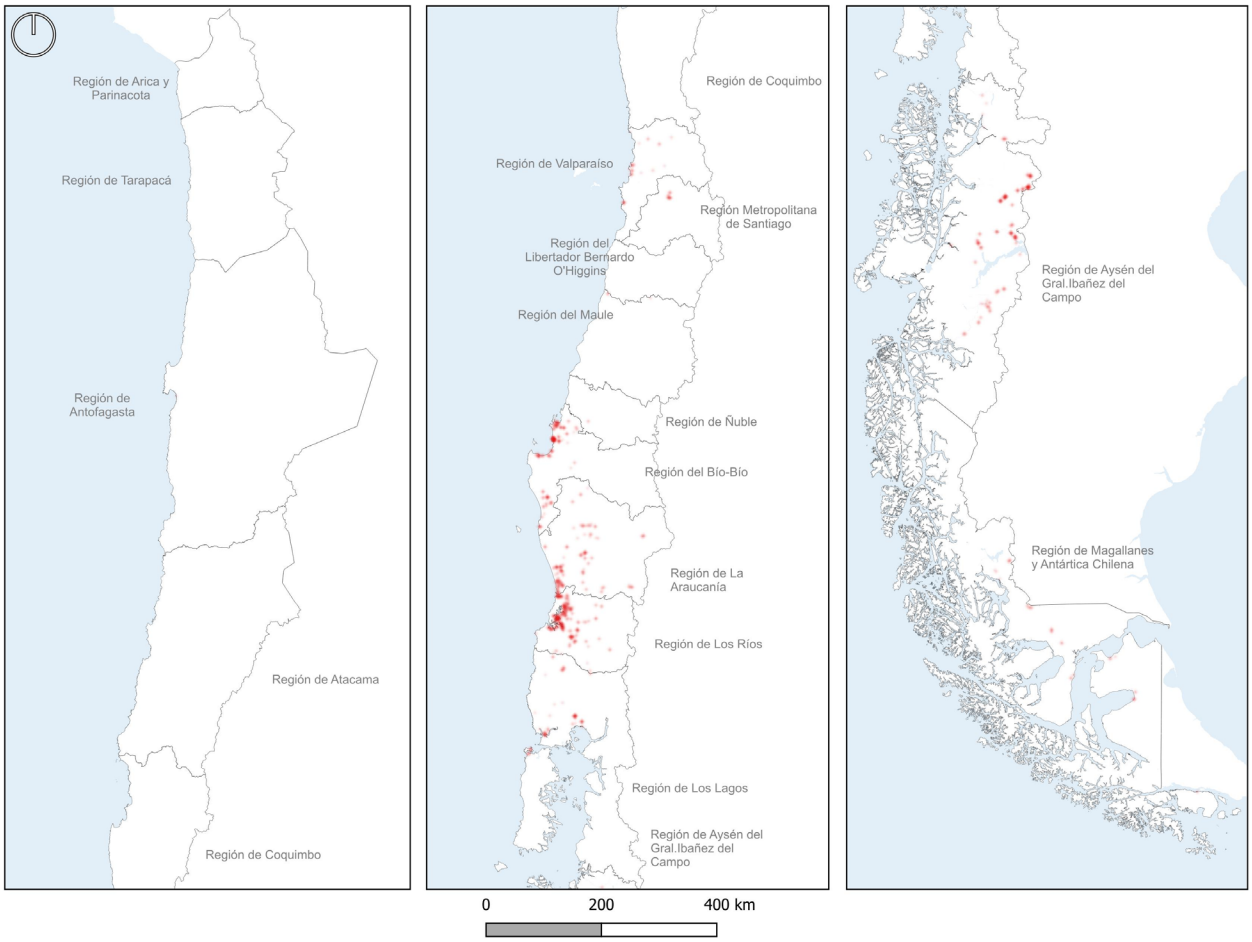


Figura C1. 16. *Ubicación humedales tipo Palustres/Permanentes cercanos a proyectos de infraestructura MOP. Este tipo de humedales representan el 13% de las interacciones usando un buffer de 30 m entre humedales y obras. Fuente: Elaboración propia.*

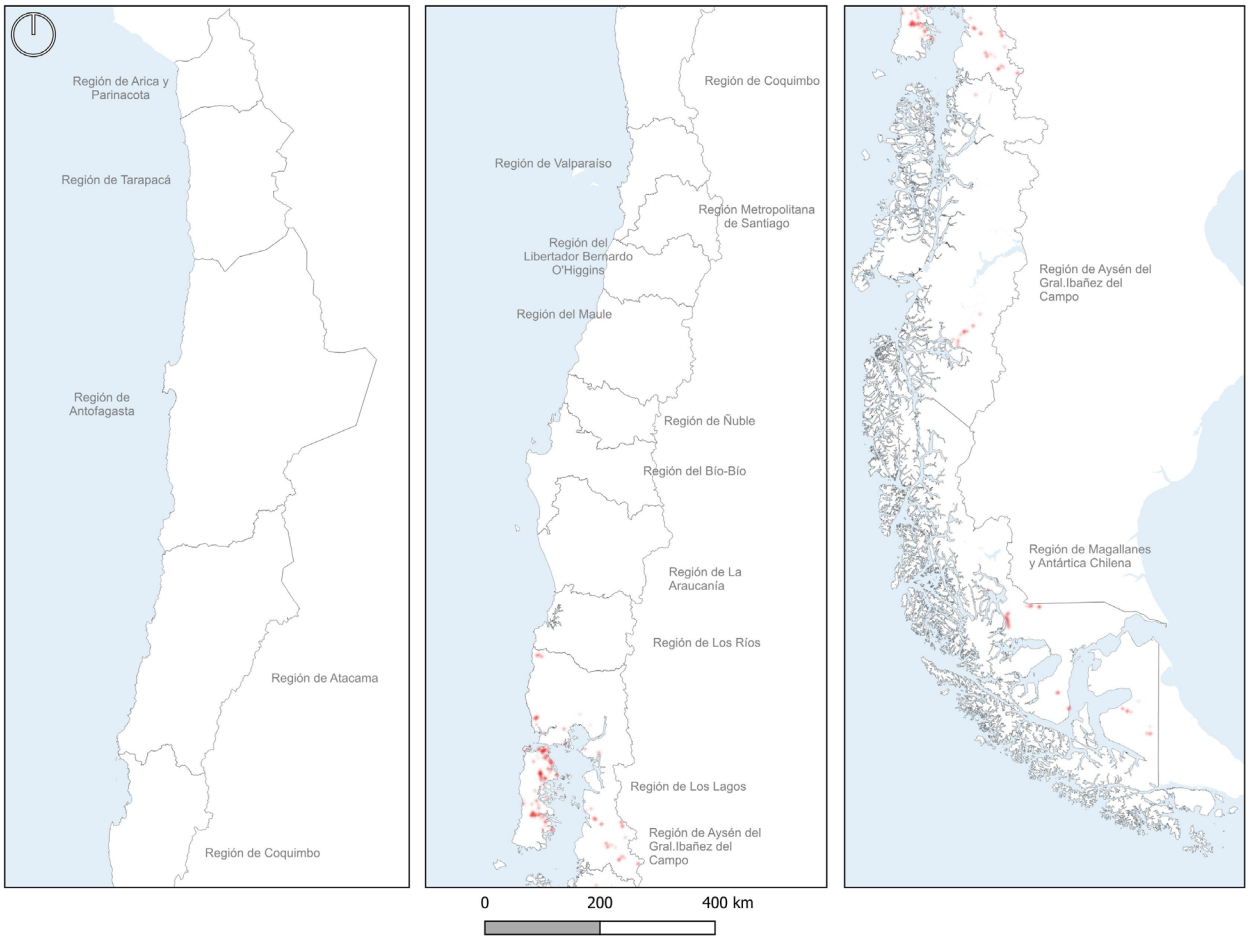


Figura C1. 17. *Ubicación humedales tipo Palustres/Turberas cercanos a proyectos de infraestructura MOP. Este tipo de humedales representan el 5% de las interacciones usando un buffer de 30 m entre humedales y obras. Fuente: Elaboración propia.*

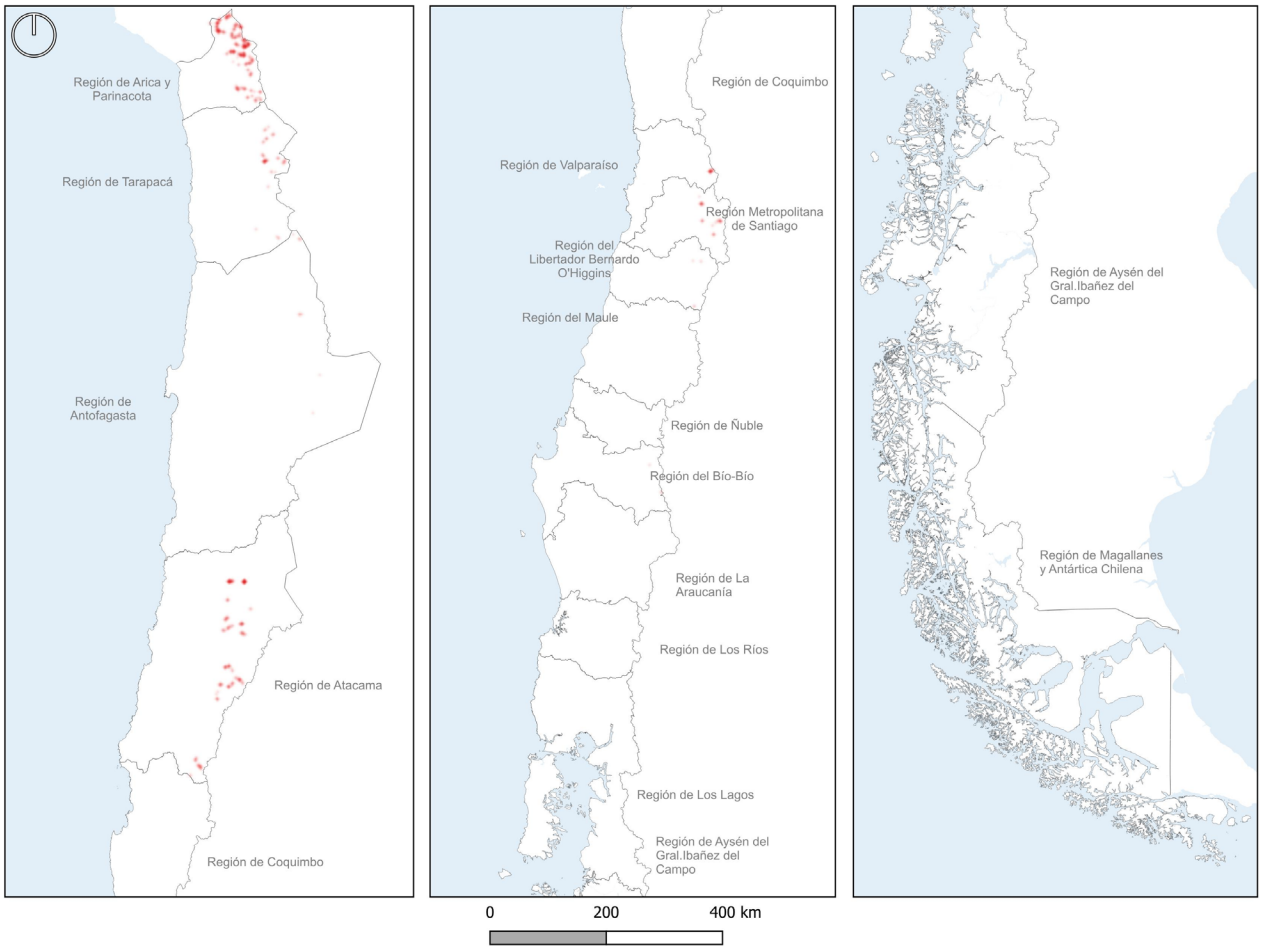


Figura C1. 18. *Ubicación humedales tipo Palustres/Andinos cercanos a proyectos de infraestructura MOP. Este tipo de humedales representan el 5% de las interacciones usando un buffer de 30 m entre humedales y obras. Fuente: Elaboración propia.*

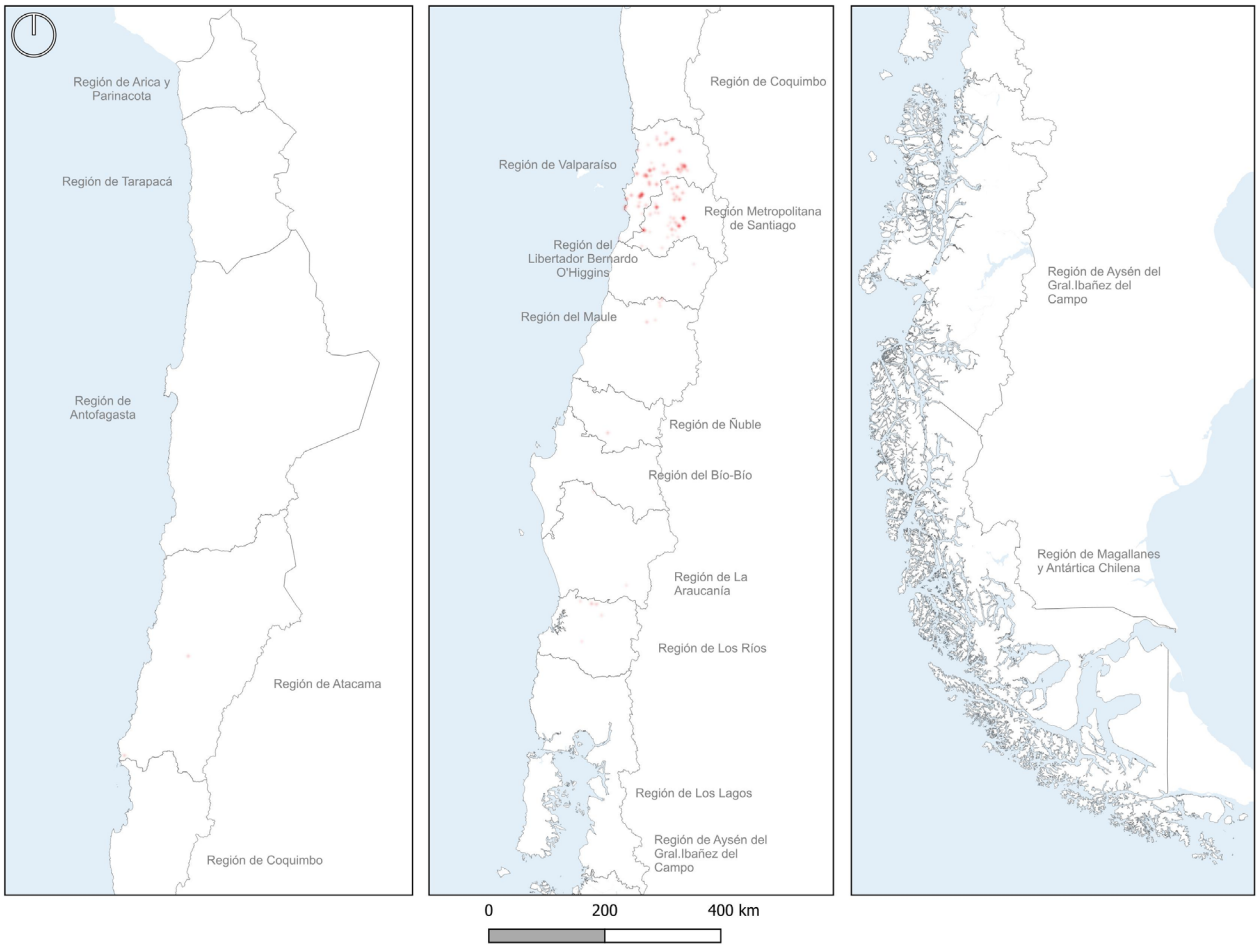


Figura C1. 19. *Ubicación humedales tipo Almacenamiento/Tranques cercanos a proyectos de infraestructura MOP. Este tipo de humedales representan el 4% de las interacciones usando un buffer de 30 m entre humedales y obras. Fuente: Elaboración propia.*

1.3.6. Caracterización de humedales estadísticamente significativos

El resultado del análisis estadístico es una jerarquización de los humedales del Inventario Nacional según su frecuencia de intersección con obras MOP, considerando un buffer de 30m. Para el análisis se utilizó la concatenación del orden 2 y orden 4 de los humedales. Los cinco tipos de humedales que intersectan con mayor frecuencia con las obras MOP se presentan en la **Tabla C1. 8**.

Tabla C1. 8. *Humedales estadísticamente significativos de acuerdo a su frecuencia de intersección con obras MOP. Fuente: Elaboración propia.*

Significancia	Orden 1	Orden 2	Orden 3	Orden 4
1	Continentales	Ribereños	Permanentes	Río
2	Continentales	Palustres	Emergentes	Permanentes
3	Continentales	Palustres	Emergentes	Turberas [13]
4	Continentales	Palustres	Emergentes	Andinos
5	Continentales	Almacenamiento	Almacenamiento	Tranque

Estos humedales tienen diferentes procesos que determinan su balance hídrico lo que permite clasificarlos de acuerdo a diferentes ecotipos[14] que describan el funcionamiento del sistema (**Tabla C1. 9**).

Tabla C1. 9. *Procesos que determinan el balance hídrico de los humedales significativos. Fuente: Adaptado de CEA, 2006.*

Procesos predominante	Descripción	Ríos	Permanentes	Turberas	Andinos	Tranques
Escorrentía	Proceso que resulta de la interacción entre las características edafológicas del suelo, precipitaciones y pendiente del terreno.	●				
Infiltración	Proceso que resulta de las características edafológicas del suelo y las precipitaciones efectivas.	●		●		●
Afloramientos subterráneos	Alimentación de recursos hídricos superficiales desde aguas subterráneas.	●	●	●		
Evaporación	Proceso que resulta de la interacción entre la precipitación y la temperatura del aire.				●	●

[13] En el Inventario Nacional de Humedales (MMA, 2023), De los 35.701 registros de humedales tipo “turbera” (orden 4), sólo un registro se define como “boscoso” en orden 3, y todo el resto son “emergentes”. Consideramos que este registro es irregular dentro del inventario y que puede ser un error.

[14] Centro de Ecología Aplicada, 2006. Protección y manejo sustentable de humedales integrados a la cuenca hidrográfica. GeoAdaptive, 2020. Clasificación y priorización de humedales de Chile. Volumen I: Clasificación.

Distribución geográfica

La distribución de los cinco humedales tiene un patrón geográfico focalizado en algunas regiones, a excepción de los humedales tipo río que están presentes en todo el país (**Tabla C1. 10**). En general, los humedales de tipo palustre (permanentes y turberas) se encuentran en regiones del sur; los humedales de almacenamiento o tranques se concentran en la zona central y los humedales palustres andinos se encuentran en las regiones del norte (**Figura C1. 20**).

Tabla C1. 10. *Representatividad a nivel nacional y regional de los cinco humedales estadísticamente significativos. Fuente: Elaboración propia.*

Tipo de humedal	Porcentaje (número) de intersecciones a nivel nacional	Regiones con mayor frecuencia (número de intersecciones)
Ribereño / Ríos	54.5% (**3341**)	1. Biobío (**532**) 2. Valparaíso (**423**) 3. Aysén (**305**)
Palustres / Permanentes	13.1% (**802**)	1. Los Ríos (**237**) 2. Biobío (**149**) 3. Aysén (**142**)
Palustres / Turberas	5.3% (**323**)	1. Los Lagos (**249**) 2. Magallanes (**53**) 3. Aysén (**21**)
Palustres / Andinos	4.5% (**276**)	1. Arica y Parinacota (**120**) 2. Atacama (**82**) 3. Tarapacá (**29**)
Almacenamiento / Tranques	3.9 (**241**)	1. Valparaíso (**136**) 2. Metropolitana (**52**) 3. Interregional (**31**)

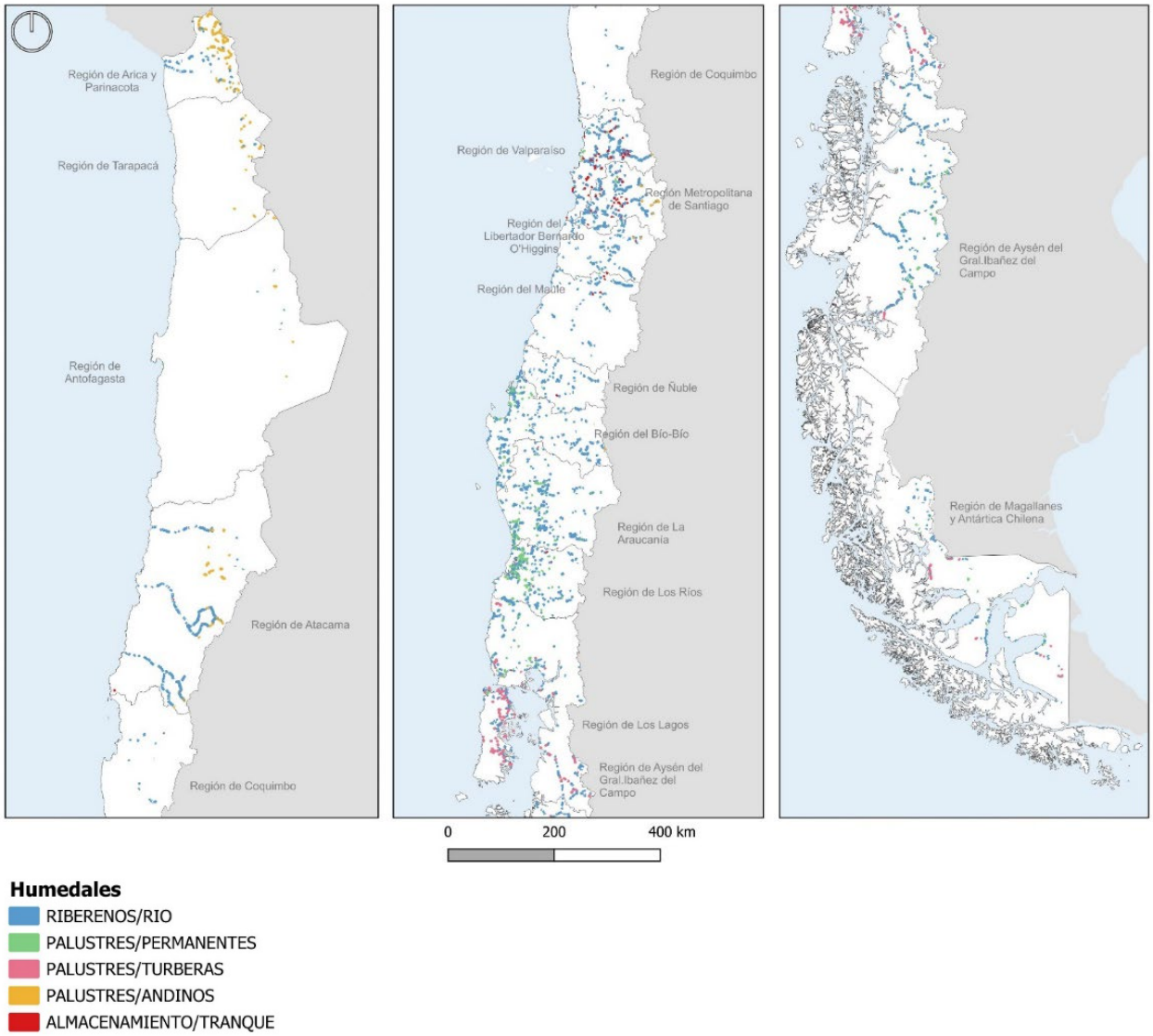


Figura C1. 20. *Distribución geográfica de los cinco tipos de humedales significativos resultantes del análisis estadístico. Fuente: Elaboración propia.*

¿Qué distingue estos humedales entre sí?

A continuación, se presenta una breve descripción de cada tipo, enfocada en los objetos de protección de la Ley 21.202. La descripción es acompañada por imágenes referenciales del humedal. Para cada tipo, se identifican los procesos que dominan el balance hídrico (ej. escorrentía, afloramiento subterráneo) y las principales características físicas, químicas y biológicas. Se describen los factores forzantes, aquellos que permiten la existencia del humedal. También, se mencionan los atributos funcionales más relevantes, y posibles interacciones con otros humedales. Por último, se identifican las presiones y amenazas que ocurren más frecuentemente en cada tipo de humedal.

Estas descripciones apuntan a características generales del funcionamiento de los tipos de humedales. Sin embargo, cada humedal es diferente y dinámico en el tiempo, por lo cual es necesario realizar una caracterización adecuada para cada caso de trabajo, describiendo en mayor detalle en el contexto del literal s) de la Ley 21.202.

Humedales Ribereños / Ríos

En términos sencillos, un río es un curso de agua superficial y en movimiento. Estos ecosistemas de aguas corrientes también se denominan sistemas **lóticos**. A grandes rasgos, en Chile existen ríos que nacen en la Cordillera de Los Andes, cuyas cuencas son de mayor tamaño, y ríos que nacen en la Cordillera de la Costa, con cuencas más pequeñas. Los ríos corresponden al ecotipo humedales continentales con tres principales procesos que determinan su **balance hídrico**: infiltración, escorrentía y afloramientos subterráneos. Esta categoría de humedales incluye ríos y arroyos permanentes y estacionales, cascadas, deltas continentales, llanuras ribereñas de inundación, incluyendo planicies de ríos y zonas de inundación estacional.
El caudal de los ríos se compone por una porción de **caudal líquido** (agua) y otra de **caudal sólido** que incluye sedimentos de diferentes tamaños (bolones, grava, arena, arcilla) y materia orgánica (material leñoso de gran tamaño, restos vegetales en descomposición). Ambos componentes del caudal son importantes para sostener el equilibrio físico, químico y biológico de los ríos.

Hay tres aspectos que diferencian el funcionamiento de los ríos con respecto a otros ecosistemas:

- Son sistemas **jerárquicos**: Los ríos tienen múltiples escalas de análisis temporal y espacial que están “anidadas”. La escala de análisis espacial puede ser pequeña – micro hábitat o segmento – hasta escalas muy grandes – red fluvial completa o paisaje fluvial. La escala temporal puede abordar desde eventos puntuales – inundaciones o sequías – hasta periodos muy largos (décadas o eras geológicas). La sensibilidad y tiempos de recuperación están determinadas por la escala de análisis, lo que permite “ampliar” y “reducir” para comprender la dinámica de casos particulares.

- Son sistemas **dendríticos**: Funcionan en red, como una unidad funcional, aquello que ocurre en una parte de la red afecta a otras partes de la red. Esto es especialmente relevante para la dispersión y sostenibilidad de poblaciones saludables de especies acuáticas. En el caso de peces y macroinvertebrados bentónicos, la subsistencia de las especies depende fuertemente de la salud de la “meta-población” – el conjunto de poblaciones locales que se retroalimentan a escala de cuenca completa a través del intercambio genético. La metapoblación puede estructurarse en torno a una población “núcleo” y varias poblaciones “satélites” (**Figura C1. 21**). Esto también es relevante por cuanto las redes fluviales conectan otros tipos de humedales entre si (humedales andinos, palustres, lagos, lagunas y humedales costeros).

- Son sistemas sujetos a **perturbaciones regulares** y cíclicas causadas por caudal alto (“inundación”) y bajo (“sequía”). El régimen de caudal natural se refiere a los ciclos naturales de los ríos y es considerado la “variable maestra” que determina su forma y el comportamiento. El tipo de régimen puede ser pluvial, nival o mixto (**Tabla C1. 11**).

Los ríos en Chile presentan diferentes **amenazas** que alteran su morfología y dinámicas. Algunas son actividades dentro del cauce como la canalización, extracción de agua para riego, generación hidroeléctrica, represamiento y extracción de áridos. Estas actividades alteran la geometría del canal, las dinámicas de agua y sedimentos y las comunidades ribereñas.. También hay actividades a escala de cuenca que afectan indirectamente, como la introducción de especies exóticas de flora y fauna, el cambio de uso de suelo (ej. deforestación o urbanización) y la ocurrencia de incendios

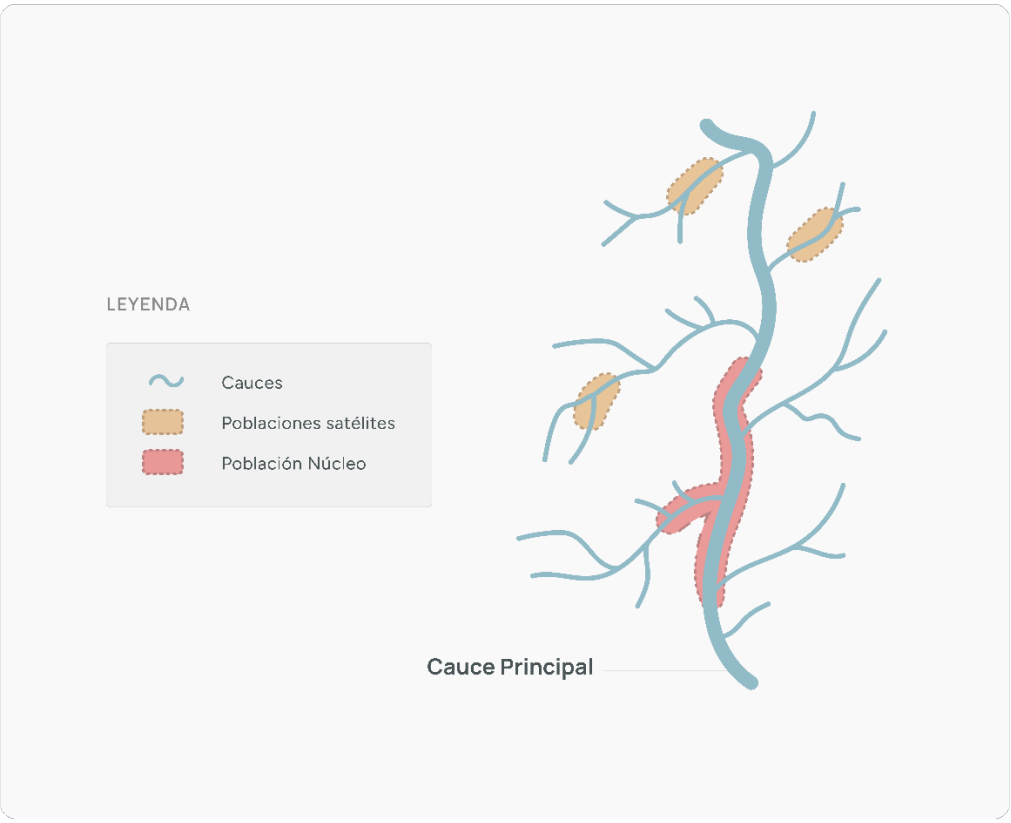


***Figura C1. 21**. Metapoblación de una especie acuática (ej. peces o macroinvertebrados bentónicos) que está compuesta por diferentes poblaciones locales. Fuente: Elaboración propia.*

***Tabla C1. 11.** Tipos de régimen de caudal en sistemas fluviales. Fuente: Elaboración propia.*

Tipo de régimen	Factor forzante	Caudal alto	Ejemplo
Pluvial	Ocurrencia de precipitación líquida	Durante la temporada lluviosa	Río Carampangue, Región del Biobío tiene temporada lluviosa en invierno (jun – ago). Río Atacama, Región de Atacama, temporada lluviosa en verano (dic – mar)
Nival	Ocurrencia de deshielos de nieves o glaciares	Durante la temporada de mayor temperatura	Río Baker, Región de Aysén tiene temporada de deshielos en primavera y verano (nov – abr)
Mixto	Ocurrencia de precipitación y deshielos	Tiene dos temporadas de mayor caudal: una por lluvias y otra por deshielos	Río Ñuble, Región del Ñuble tiene un periodo de caudal alto en otoño por lluvias (abr – jul) y en primavera por deshielos (oct – dic)

.

(a)  (b) 

(c)  (d) 

***Figura C1. 22**. Imágenes referenciales de humedales de tipo ribereños/ríos. Fuentes: (a) Camila Bañales-Seguel; (b) Camila Bañales-Seguel; (c) Pixabay; (d) Pixabay*

Humedales Palustres / Permanentes

Son humedales de agua dulce que se desarrollan sobre suelos inorgánicos, con vegetación emergente cuyas bases se encuentran por debajo del nivel freático durante la mayor parte de su estación de crecimiento. Su expresión visual puede ser muy variada según la vegetación presente y la conectividad con otros humedales (ríos, lagos o zonas costeras). Esta diversidad en parte se configura en parte por el proceso predominante del **balance hídrico**, por ejemplo la escorrentía, la infiltración y los afloramientos subterráneos.

Algunos ejemplos son bosques pantanosos como “hualves”, “tepuales” o “pitrantos”, en los que predominan especies arbóreas como el canelo (*Drimys winteri*), el laurel (*Laurelia sempervirens*), la pitra (*Myrceugenia exsucca*) y el temo (*Blepharocalyx cruckshansksii*). Acompañan especies arbustivas como el arrayán (*Luma apiculata*), el meli (*Amomyrtus meli*) y el tepú (*Tepualia stipularis*). Otro ejemplo son los “ñadis”, que se forman en zonas planas de suelo de origen volcánico, con acumulación de ceniza y material piroclástico. Esto genera un horizonte impermeable llamado “fierrillo”, fuertemente ácido y con bajo contenido de elementos biodisponibles como el fósforo, potasio, magnesio y calcio. Esta capa impide que el agua infiltre, por lo que el suelo se mantiene saturado principalmente durante la temporada de lluvias (entre mayo y septiembre) y la vegetación que se desarrolla está adaptada a estas condiciones de anegamiento estacional. El hábitat proporcionado por estos humedales es esencial para especies de mamíferos acuáticos en categoría de conservación como el huillín (*Lontra provocax*) y el chungungo (*Lontra felina*), además de otros mamíferos terrestres.

Algunas **amenazas** sobre este tipo de humedales son la deforestación de riberas y cuencas; la invasión de especies exóticas de fauna como el visón (*Neovison vison*) y especies de flora como dos especies de aromos australianos (*Acacia dealbata* y *Acacia melanoxylon*) y el sauce llorón (*Salix babylonica*).

(a) 
(b) 
(c) 
(d) 

Figura C1. 23. *Imágenes referenciales de humedales de tipo palustres / permanentes. Fuentes: (a) Pixabay; (b) Pixabay; (c) Pixabay; (d) Camila Bañales-Seguel.*

Humedales Palustres / Turberas

Las turberas son humedales que evolucionan en extensos terrenos de baja o nula pendiente. En este ecotipo de humedal el **balance hídrico** está comandado por la infiltración y los afloramientos subterráneos producto de la ausencia de pendiente y depresiones en el terreno.

La vegetación presente se compone por briófitas (musgos y hepáticas) y pteridófitas (helechos), y acompañan en menor medida especies arbustivas y arbóreas adaptadas a condiciones de saturación de suelo. También contienen una cantidad significativa de anfibios, insectos y microorganismos (hongos, bacterias y diatomeas). El suelo está compuesto por una matriz sedimentaria con materia orgánica en diferentes niveles de descomposición. Mediante el proceso de fotosíntesis, la vegetación asimila dióxido de carbono (CO^2) el cual es transformado en estructuras vegetales. Al descomponerse en el suelo en condiciones de anoxia (sin oxígeno) por saturación de agua, el carbono es almacenado y retenido en las turberas. La materia orgánica acumulada puede llegar hasta 12 lo que convierte a las turberas en un reservorio de carbono de altísimo valor a nivel mundial, ya que evitan que éste sea emitido a la atmósfera. Existen ecosistemas de turberas que se han desarrollado durante más de 18 mil años. En Chile, la distribución de las turberas es desde la Región de Los Lagos hasta la Región de Magallanes.

Las presiones que **amenazan** este tipo de humedal son la extracción de turba o “pompón” (musgo del género *Sphagnum*), la presencia de especies exóticas invasoras y la construcción de obras viales.

(a)  (b) 

(c)  (d) 

Figura C1. 24. *Imágenes referenciales de humedales de tipo palustres / permanentes. Fuentes: (a) Pixabay; (b) Pixabay; (c) Pixabay; (d) Pixabay*

Humedales Palustres / Andinos

Estos humedales se caracterizan por un **balance hídrico** dominado por la evaporación (ej. Salares, puquios) y los afloramientos subterráneos (ej. vegas, humedales). Algunos ejemplos son el Salar de Surire y el Salar de Atacama, los cuales se ubican en áreas protegidas y reciben gran afluencia turística por su valor geológico y biocultural. El Inventario Nacional de Humedales considera también las praderas de inundación estacional alimentada por agua de deshielo. La evaporación y la recarga de acuíferos generan condiciones de calidad de agua con alta concentración de sales y por ende condiciones químicas que limitan el desarrollo de algunas especies. Los humedales andinos se pueden encontrar en zonas con clima mediterráneo, clima de tundra, semi-árido y árido. Considerando que la disponibilidad de agua es un factor gravitante, estos ecosistemas son altamente vulnerables y además cumplen un rol importantísimo de recarga de acuíferos en zonas desérticas, lo cual determina a la disponibilidad o escasez hídrica en humedales ubicados aguas abajo como valles y desembocaduras de río.

La importancia ecológica de este tipo de humedales es proveer de refugio y alimento a especies de aves migratorias inter-hemisféricas y residentes. Dada su alta productividad, pueden albergar poblaciones muy numerosas de múltiples especies de aves, incluyendo varias con problemas de conservación (ej. amenazada, en peligro de extinción). Por ejemplo, en este tipo de humedales se desarrollan 3 de las 6 especies de flamencos que existen en el mundo: la parina grande (*Phoenicoparrus andinus*), la parina chica (*Phoenicoparrus jamesi*) y el flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*).

Entre sus **amenazas** se encuentra el desarrollo de la minería industrial para la extracción de litio, uno de los metales de alta demanda a nivel mundial.

(a) 

(b) 

(c) 

Figura C1. 25. *Imágenes referenciales de humedales de tipo palustres / andinos. Fuentes: (a) Pixabay; (b) Pixabay; (c) Pixabay.*

Humedales Almacenamiento / Tranque

Los tranques son un tipo de humedal artificial. Su función es el almacenamiento de aguas lluvias para el uso principalmente en agricultura. La interacción entre obras MOP y este tipo de humedales construidos ocurre en la zona central de Chile, donde se concentra la producción agrícola. El proceso que determina su **balance hidrológico** es la escorrentía, precipitación directa, o el desvío de aguas de otras fuentes como entradas y la evaporación e infiltración como salidas, en el caso de no estar revestidos.

Este tipo de infraestructura de almacenamiento puede contemplar uno o varios sistemas para retener el agua, evitando que escurra o infiltre, por ejemplo, la compactación de suelo, la cobertura con geotextiles o una combinación de ambas. Dependiendo del grado de impermeabilización del lecho de los tranques, esto genera una desconexión hidrológica del tranque con el sistema hidrológico circundante. Aun así, estos humedales cumplen diversas funciones ecológicas pudiendo sustentar hábitat para diferentes especies. Un ejemplo conocido es el Tranque La Dehesa, actualmente declarado como Humedal Urbano, y que sostiene el desarrollo de especies como la tagua (*Fulica armillata*), la huala (*Podiceps major*), el picurio (*Podilymbus podiceps*), el piuquén (*Chloephaga melanoptera*), la garza grande (*Ardea alba*) y el pato yeco (*Phalacrocorax brasilianus*).

Las **amenazas** comunes en este tipo de humedal es la presencia de especies domésticas asilvestradas (perros y gatos) por la cercanía con zonas residenciales. También ocurren eventos puntuales de contaminación por vertimientos y rellenos. La presión más significativa es probablemente las tendencias climáticas en la zona central: ya que estos humedales dependen de las aguas lluvias y no presentan recarga por afloramientos subterráneos, la marcada disminución de precipitaciones les afecta directamente.



Figura C1. 26. *Imágenes referenciales de humedales tipo almacenamiento / tranque. Fuentes: (a) www.gob.cl; (b) www.ladiscusion.cl; (c) www.dppmelipilla.dpp.gob.cl; (d) www.linaresenlinea.cl*

CAPÍTULO 2 | Estrategia general para abordar el literal s)

2.1. Interrogantes asociadas al abordaje del literal s)

El análisis para determinar la pertinencia de ingreso al SEIA bajo el literal s) requiere de un análisis de susceptibilidad de afectación que considere la magnitud o envergadura y los potenciales impactos de la obra o actividad, en relación con los OP[15]. El SEA, en su ORD N°20229910238 que imparte instrucciones en relación a la aplicación de los literales p) y s) del artículo 10 de la Ley N°19.300, propone el flujograma de la **Figura C2. 2** para realizar el análisis de susceptibilidad de afectación. Este consiste en una serie de preguntas que permiten ir tomando decisiones sobre la pertinencia de ingreso al SEIA. Aún así, para dar respuesta a estas preguntas se requiere poder responder otras preguntas anteriormente, para las cuales no hay lineamientos claros o establecidos, especialmente cuando se añade la particularidad de obras específicas cuya interacción con un humedal y, con ello, su potencial de alteración dependerá de actividades y procedimientos de trabajo idiosincráticos. Destacan las siguientes interrogantes:

Preguntas asociadas al primer rombo del flujograma:

- ¿El humedal de interés está efectivamente asociado a un límite urbano?
- ¿Cómo determinar para el caso de ríos el segmento asociado a un límite urbano?
- ¿Cuál es el polígono del humedal asociado al límite urbano?
- ¿Cuál es la ubicación de la obra en relación al humedal de interés?

Preguntas asociadas al segundo y tercer rombo del flujograma:

- ¿Cuáles son las actividades o procesos de las obras MOP que podrían implicar las alteraciones directas o indirectas listadas?
- ¿Qué cambios en el humedal pueden provocar estas actividades?
- ¿Sobre qué atributos o componentes del humedal se dan estos cambios?
- ¿Cuáles son las características del humedal en cuanto a su hidrología, flora y fauna?
- ¿Existen ciclos críticos de la biota del humedal que deban ser considerados al minuto de identificar las alteraciones?

Por último, preguntas asociadas al cuarto rombo del flujograma:

- ¿De qué forma una obra MOP podría generar una alteración[16] física o química?
- ¿Cómo se verifica una alteración física o química?
- ¿Qué estudios se pueden llevar a cabo para evaluar la existencia de una alteración física o química?

[15] Es objeto de protección cualquier humedal, sus flujos ecosistémicos, sus componentes y las interacciones entre éstos. (Dictamen CGR N° E420195).

[16] Se entenderá por alteración física a aquellos cambios en la estructura y funcionamiento del humedal y que afecten a sus componentes bióticos (flora, vegetación y fauna), sus interacciones o sus flujos ecosistémicos. Por otra parte, se entenderá por alteración química a aquellos cambios en componentes abióticos (por ejemplo, agua o aire), y cuyas concentraciones y/o características se vean alteradas de forma tal que sobrepasen la capacidad del humedal de procesar naturalmente dicho cambio, afectando a sus componentes bióticos, sus interacciones o sus flujos ecosistémicos (ORD SEA N°20229910238).

- ¿Cuáles son los componentes bióticos del humedal, sus interacciones y flujos ecosistémicos?
- ¿Qué indicadores propios de los componentes bióticos deben ser estudiados o monitoreados para cuantificar esta alteración?
- ¿Cómo prevenir, minimizar o evitar la alteración?

Las respuestas a estas interrogantes son, como se mencionó, idiosincráticas al considerar el hecho de que la susceptibilidad de afectación es dependiente de la relación entre la obra y el humedal y, luego, de las características propias de cada elemento (e.g. una obra vial puede generar alteraciones diferentes a una obra fluvial). Por lo tanto, a la hora de considerar una estrategia para abordar estas interrogantes, es preciso entender esta especificidad –obra, humedal y su relación– y contar con procedimientos estandarizados para ello. La estrategia que se propone a continuación es, entonces, específica a las obras viales y fluviales especificadas para el estudio y funcional a una diversidad de humedales posibles con los que podrían interactuar.

Considerando que se está analizando el literal s) para determinar la susceptibilidad de afectación en los términos que plantea la autoridad ambiental, es preciso aclarar que **dicho análisis sucede previo al ingreso al SEIA y, por ende, previo a cualquier procedimiento ligado a una DIA o EIA**. De esta forma, la estrategia atiende específicamente a las necesidades del titular MOP, lo que considera:

- Una atención particular a la forma en que el titular entiende y describe las obras desde insumos como el Manual de Carreteras, para efectos del análisis del literal s).
- Una aproximación estratégica para entender el humedal de interés considerando limitaciones técnicas y tiempo.
- Un cuidado en el lenguaje técnico utilizado. Si bien en el SEIA se evalúan proyectos, en la estrategia se utiliza la palabra obra para referirse tipologías constructivas, lo cual se desprende del Manual de Carreteras. También, dado que la estrategia es previa al SEIA, se evita habla de “impactos”, ya que la consideración de este concepto supondría la existencia de impactos y, por ende, su evaluación dentro del SEIA por medio de una DIA o EIA.

Sin perjuicio de lo anterior, en el caso de que por medio de la estrategia u otro insumo de decisión se estime que un proyecto debe al SEIA, el titular sí deberá seguir las directrices del SEA y para ello el estudio propone también estándares en la lógica propia del SEIA, considerando para ello los criterios técnicos en guías y manuales.

2.2. Estrategia para abordar el literal s)

Para resolver estas preguntas centrales que permiten evaluar la pertinencia de ingreso al SEIA según el literal s) de forma técnica y sistemática, se propone una **estrategia general** (**Figura C2. 3**) que consta de diversos pasos divididos en dos fases.

Fase 1. Caracterización base: Consiste en una caracterización en tres perspectivas: caracterización del humedal, caracterización de la obra y la identificación de la relación de proximidad. En el Capítulo 3 se describen **procedimientos e instructivos prácticos** para llevar a cabo estas caracterizaciones que sirven como insumo para abordar el literal s) en la siguiente fase.

Fase 2. Análisis de susceptibilidad: Considera dos chequeos que permiten evaluar la susceptibilidad de afectación del literal s), el primero de estos asociados a los rombos 2 y 3 de la **Figura C2. 2** y el segundo al rombo 4. Para ambos chequeos se proveen **herramientas operativas** que permitirán al titular tomar decisiones informadas. Esta segunda fase de la estrategia se aborda en el Capítulo 4 donde se entregan y explican tres herramientas clave para realizar estos chequeos con el respaldo técnico requerido. La primera herramienta corresponde al producto digital "**Matriz de Alteraciones**" la cual identifica los potenciales factores generadores de impacto (FGI) de las obras MOP y las vincula con las alteraciones directas o indirectas del literal s), permitiendo así resolver el primer chequeo. En el caso de existir potenciales alteraciones, se proponen dos actividades que se retroalimentan y por ende se desarrollan de manera conjunta: la selección de buenas prácticas (BBPP) para mejorar los estándares ambientales de la obra y la elaboración de estudios específicos para descartar la existencia de alteraciones, en caso de ser necesario. Dos herramientas son útiles en este proceso, la "**Matriz de Buenas Prácticas**" y la "**Matriz de Estudios**". Con esta información levantada será posible elegir entre tres alternativas de forma estratégica y con un respaldo técnico: (1) Ingresar al SEIA, (2) Ingresar una consulta de pertinencia y (3) Ejecutar la obra.

La estrategia para abordar el literal s) es la columna vertebral sobre la que se estructura este estudio, el que ha sido concebido como una **guía** para resolver incertidumbres, imprecisiones y vacíos de información asociados al literal, proveyendo **insumos** de trabajo concretos para ello. Así, en cada fase se establecen pasos lógicos, procedimientos e instructivos (**Figura C2. 1**). Cuando corresponda, se indican las herramientas asociadas, las que consisten en diversas tablas, bases de dato o fichas. Las herramientas pueden estar contenidas en los capítulos y anexos o bien corresponder a un anexo digital. Cabe destacar que la estrategia es aplicable tanto para obras de conservación como obras de construcción. En el caso de que una obra de conservación no requiera ingresar al SEIA por disposición de la autoridad ambiental el titular podrá, de igual forma, mejorar los estándares de la obra siguiendo los pasos indicados en la estrategia.



Figura C2. 1. *La guía se estructura en base a pasos lógicos e instructivos o procedimientos que se complementan con una serie de herramientas tipo tablas, bases de datos y fichas. Fuente: Elaboración propia.*

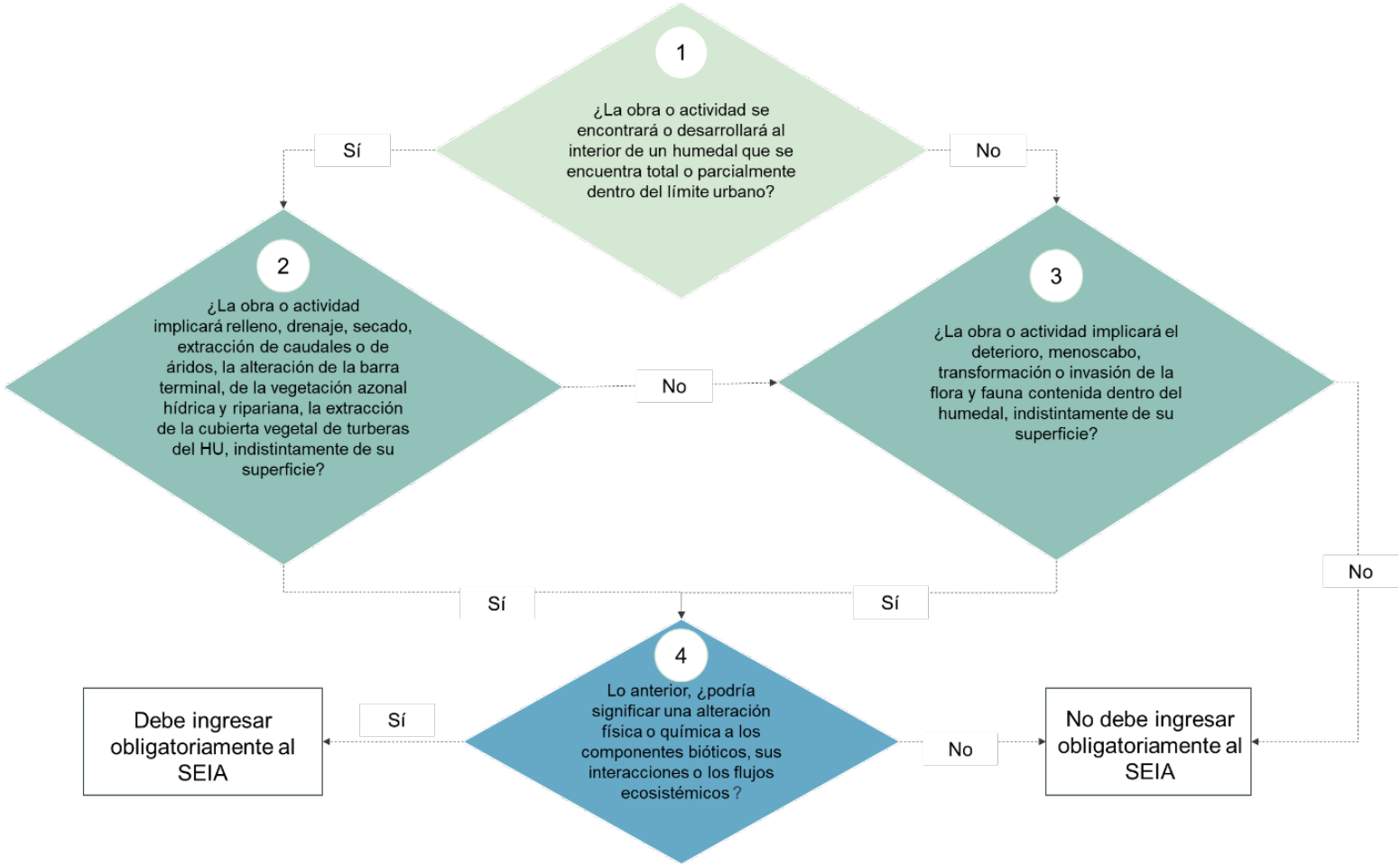
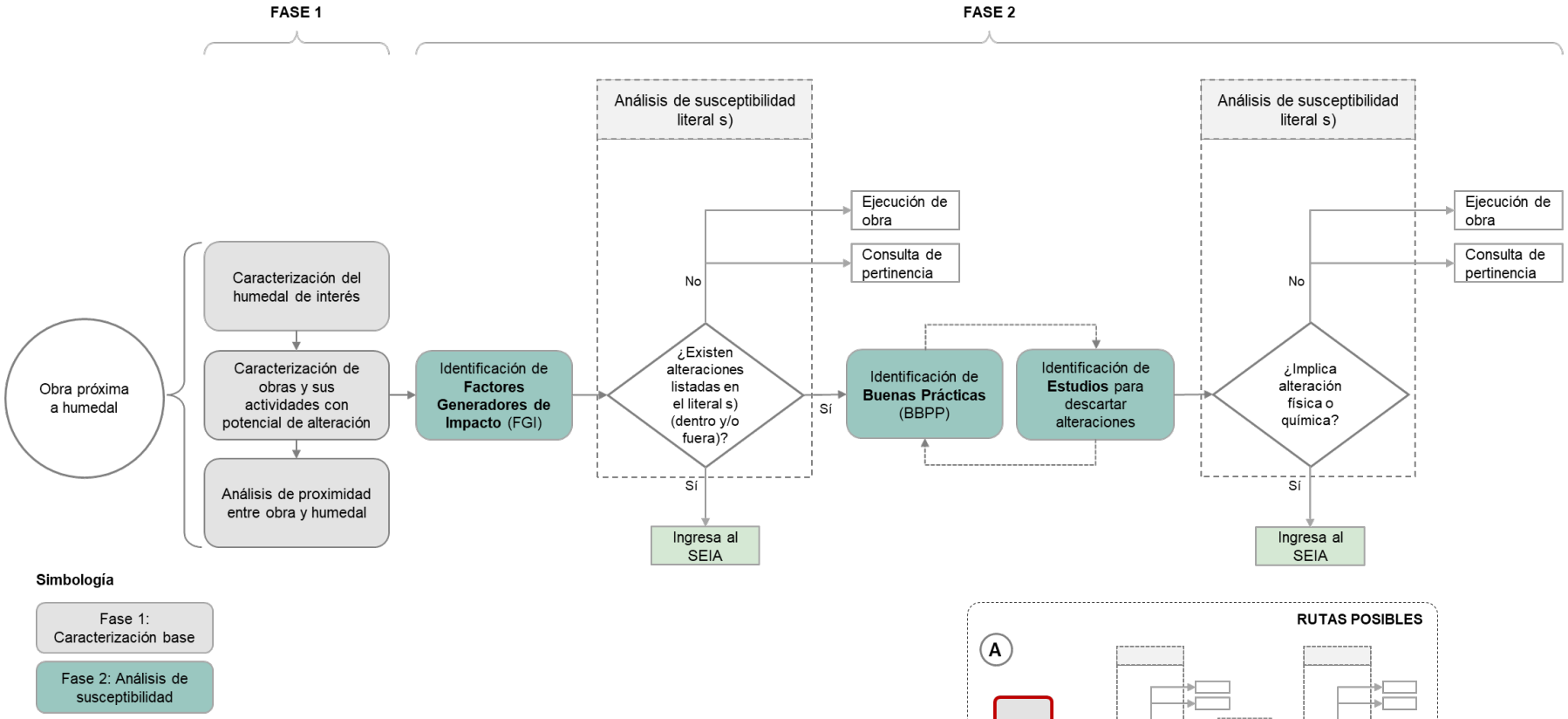


Figura C2. 2. *Flujograma para determinar pertinencia de ingreso al SEIA de acuerdo al literal s). Fuente: Modificado de Oficio ORD SEA N°20229910238.*



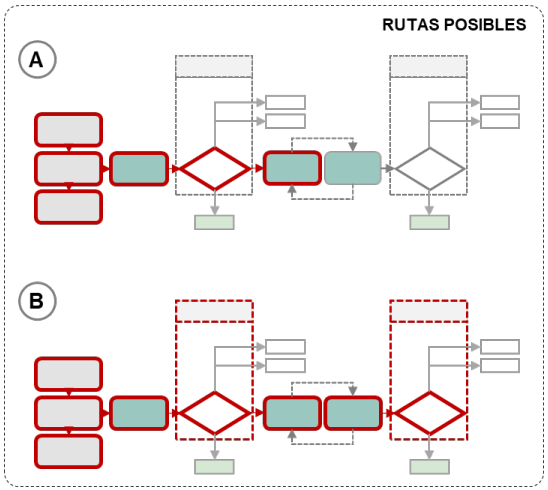


Figura C2. 3. *Proceso general para abordar el análisis del literal s). Fuente: Elaboración propia.*

En el recuadro se observan dos rutas posibles. La ruta (A) puede ser aplicable, por ejemplo, a proyectos de conservación que, por determinación de la autoridad ambiental, no deben ingresar al SEIA. La ruta (B) es aplicable a proyectos de conservación o construcción para los que se quiera evaluar la pertinencia de ingreso; en este caso, la decisión de ingreso al SEIA podrá realizarse en cualquiera de los dos chequeos para evaluar la susceptibilidad de alteración.

CAPÍTULO 3 | Fase 1: Caracterización del humedal, la obra y su relación de proximidad

3.1. Caracterización base

En el Capítulo 3 se detallan procedimientos e instructivos para realizar tres caracterizaciones que sirven como insumos base para abordar el literal s): el humedal, la obra y su relación de proximidad. Las caracterizaciones han sido diseñadas como **procedimientos e instructivos prácticos.** Consisten en un trabajo de gabinete estratégico y rápido para recopilar información necesaria para enfrentarse al análisis de susceptibilidad del literal s) en la fase dos. Se destaca la importancia de realizar estas caracterizaciones independientemente del ingreso al SEIA, puesto que aportarán al entendimiento del humedal como ecosistema y las formas en que la obra interactúa con este en la generación de alteraciones potenciales (**Figura C3. 1**).

Este estudio es particular en cuanto involucra el análisis de un gran número de obras. De esta forma, se hace necesario incorporar otros conceptos para sistematizar la forma en que se examina el potencial de alteración de una obra específica sobre un humedal. En concreto se estimó pertinente incorporar el concepto de **Aspecto Ambiental** (AA), el cual útil en el contexto del análisis de múltiples obras que, si bien pueden tener Factores Generadores de Impacto (FGI) diferentes, estas pueden interactuar de una misma forma con el medio ambiente receptor. Es decir, distintos FGI pueden tener un mismo AA. Lo anterior permite sistematizar el análisis y establecer un conjunto limitado de interacciones –es decir, Aspectos Ambientales– con potencial de alteración.

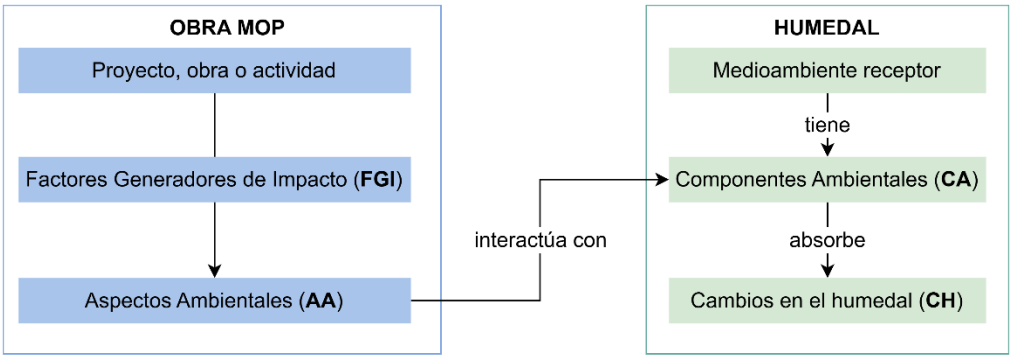


Figura C3. 1. *Relación de causa y efecto en la relación entre obra y humedal que pueden llevar a la generación de alteraciones. Fuente: Elaboración propia.*

Los conceptos presentes en el diagrama se definen como:

- **Factor Generador de Impacto (FGI):** Partes, acciones o procesos de la obra que pueden causar impacto ambiental en alguna fase del proyecto.
- **Aspecto Ambiental (AA):** Aspectos propios de una obra, susceptible a interactuar con el medio ambiente.
- **Componente Ambiental (CA):** Elementos en el medioambiente con los que interactúa la obra. Para efectos de este estudio los CA se clasifican según los Objetos de Protección.
- **Cambio en el Humedal (CH):** Alteraciones que ocurren en el humedal como efecto de los FGI. Pueden ser positivos o negativos. Pueden ser significativos o no significativos.

3.2. Caracterización del humedal

La **Figura C3. 2** muestra un diagrama de flujo para guiar al titular en la identificación y caracterización del humedal de interés. La primera sección (izquierda), corresponde a una serie de decisiones lógicas que dependen de las características del humedal y que permitirán definir el Objeto de Protección (OP) para efectos de la Ley 21.202. En esta sección destaca el procedimiento de segmentación, el cual permite definir qué segmentos del río podrán estar asociados a un límite urbano y, por ende, definir la relación de proximidad entre la obra y el humedal. La segunda sección (derecha) propone pasos para caracterizar el humedal en tres escalas: (i) polígono del humedal de interés, (ii) área de sustento del humedal y (iii) subcuenca definida por la DGA en la cual se encuentra inserto el humedal. En la escala del humedal, se caracterizan diversos aspectos como su clasificación hidrológica y la biota. Por otro lado, en cuanto al área de sustento, que en la mayoría casos coincide con la cuenca hidrológica aportante, se estudia el factor forzante del humedal. Por último, a escala de subcuenca se incluye la identificación de la conectividad con otros sistemas acuáticos, amenazas y presiones y los planes que tienen algún alance en la zona donde se localiza el humedal de interés. En función de esta información, la caracterización termina con un listado de indicadores que, dependiendo del humedal, permitirán caracterizarlo en mayor profundidad en etapas posteriores.

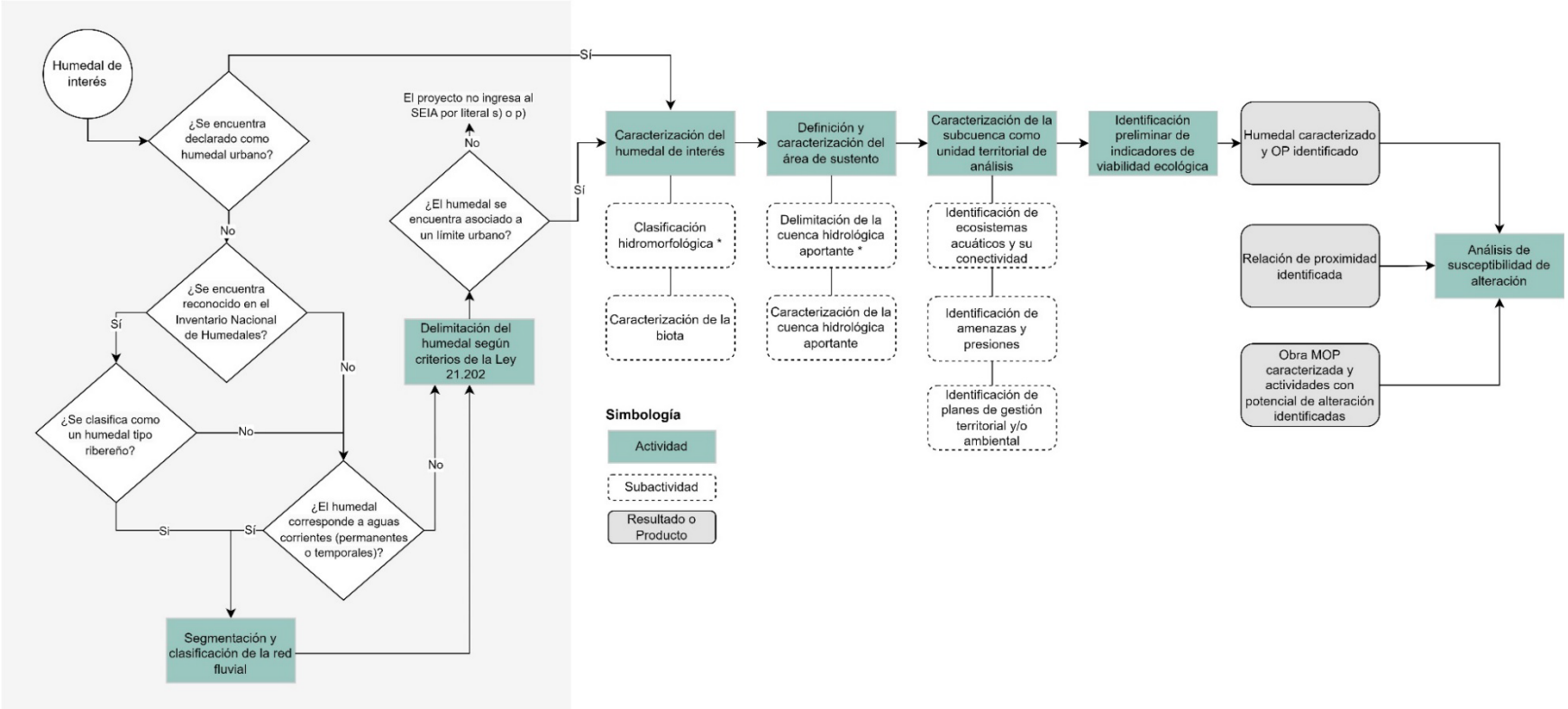


Figura C3. 2. *Diagrama para adoptar estrategia de caracterización del humedal de interés, su área de sustento, subcuencas. Fuente: Elaboración propia.*

3.2.1. Identificación del humedal de interés y definición de la estrategia a adoptar

El primer paso para estudiar la potencialidad de alteración de una obra o proyecto sobre un humedal es identificar dicho humedal, definiendo sus límites geográficos que contienen los OP sujetos al análisis de susceptibilidad de alteración según el literal s). En humedales urbanos declarados, esta tarea es sencilla, ya que el límite del humedal define la ubicación del OP, mientras que, en humedales urbanos no declarados, el titular deberá definir este límite geográfico.

Cuando se analice la aplicación del literal s) para humedales no declarados oficialmente, el SEA ha indicado que se puede verificar su emplazamiento respecto de un límite urbano utilizando el Inventario Nacional de Humedales del MMA. El análisis de los atributos espaciales del Inventario permitirá determinar si un determinado humedal se encuentra o no asociado a un límite urbano, lo que ayuda a evaluar la aplicabilidad del literal s). Sin embargo, en estos casos, el titular enfrenta cuatro dificultades al analizar la pertinencia de ingreso al SEIA bajo el literal s):

1. Tanto el SEA como el MMA indican que la información contenida en el Inventario Nacional de Humedales es de carácter referencial.
2. El Inventario Nacional de Humedales está compuesto por múltiples polígonos cuya continuidad no responde necesariamente a las características físicas o biológicas que permiten definir un ecosistema como humedal.
3. Pueden existir humedales asociados a límites urbanos que no están catastrados en el Inventario Nacional de Humedales.
4. En humedales de aguas corrientes o del tipo río, no es evidente dónde comienza y dónde termina un humedal en la dirección longitudinal de la red fluvial.

Considerando lo anterior, cobra relevancia definir los límites geográficos del humedal de manera apropiada en el contexto de la Ley 21.202. Para ello, se proponen una serie de pasos prácticos que permitirán al titular contar con la información necesaria para analizar la susceptibilidad del humedal a potenciales afectaciones según el literal s), tanto en los casos en que el humedal esté delimitado, como en aquellos en que se presentan las dificultades antes mencionadas.

3.2.2. Segmentación y clasificación de la red fluvial

Para el caso de humedales de aguas corrientes o reconocidos como ríos en el Inventario Nacional de Humedales[17] y que no han sido declarados como humedal urbano, el diagrama (**Figura C3. 2**) propone un procedimiento de **segmentación y clasificación de la red fluvial en base a características hidro-geomorfológicas**. Este procedimiento busca resolver la interrogante de **dónde comienza y dónde termina un humedal asociado a límite urbano en la dirección del flujo de agua**, tanto aguas arriba como aguas abajo. Esto ya que, según las 4 dificultades identificadas en la sección anterior, la normativa vigente no provee criterios técnicos para definir el límite.

Es importante aclarar que este procedimiento no busca sustituir la metodología técnica de delimitación de humedales[18]. La segmentación y clasificación de la red fluvial debe llevarse a cabo previo al proceso de delimitación, y proporciona el punto de inicio y fin de **un tramo homogéneo** de la red fluvial (**Figura C3. 3**). Dicho tramo homogéneo deberá ser delimitado para evaluar su relación con un límite urbano. En caso de que el segmento delimitado se superponga con el límite urbano, será considerado como asociado a límite urbano para efectos de la Ley N° 21.202 y la aplicación del literal s).

En el **Anexo 4** presenta un instructivo que entrega los pasos requeridos para segmentar el tramo de la red fluvial de interés con el cual interactúa la obra en cuestión. Adicionalmente, en el **Anexo 5** se desarrolla una aplicación práctica del instructivo para el caso del Río Quechuco en la comuna de Mariquina, Región de Los Ríos.

[17] Según los resultados del análisis geoestadístico entre infraestructura MOP y el Inventario Nacional de Humedales, los tipos de humedales que más interactúan con las obras MOP son los Ribereños/Ríos, representando un 55% de las interacciones. Es decir, los humedales estadísticamente significativos para efectos de este estudio, en general, son parte de una red fluvial interconectada de aguas corrientes permanentes o temporales.

[18] MMA – ONU Medio Ambiente, 2022. Guía de Delimitación y Caracterización de Humedales Urbanos de Chile. Elaborada mediante consultoría Proyecto GEF/SEC ID: 9766 “Conservación de humedales costeros de la zona centro sur de Chile” por Edáfica Suelos y Medio Ambiente. Ministerio de Medio Ambiente. Santiago, Chile.

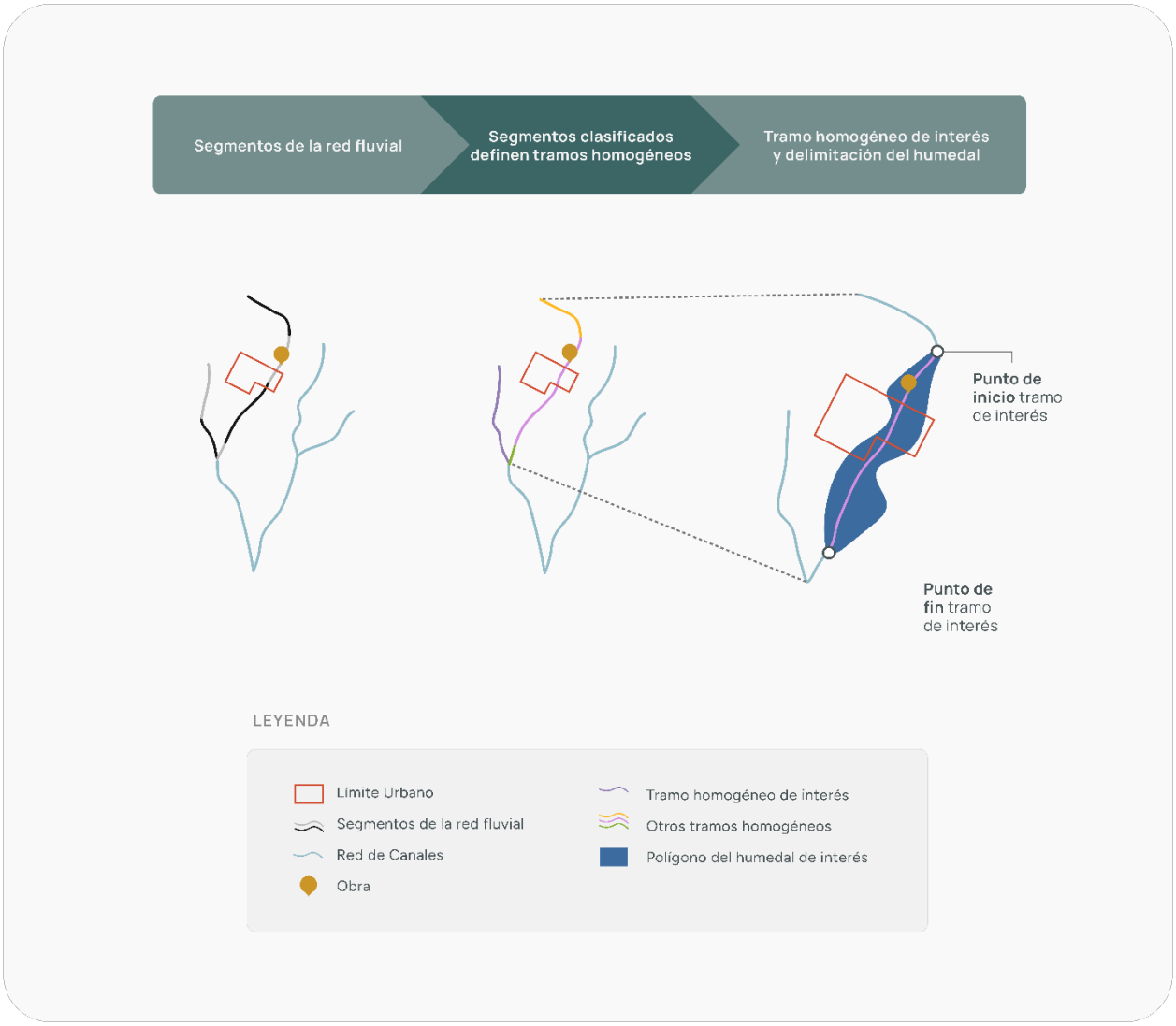


Figura C3. 3. *Esquema del proceso de segmentación y clasificación de redes fluviales previo a la delimitación de humedales. Fuente: Elaboración propia.*

La segmentación de la red fluvial busca dividir una red hidrológica en unidades discretas (segmentos). Un segmento es una "unidad estructurante" o sección longitudinal de un río, en la que las condiciones físicas son lo suficientemente estables para sostener un conjunto balanceado de interacciones entre formas y procesos[19]. Luego, un **tramo homogéneo** es un tramo longitudinal del río compuesto por varios segmentos, que comparten una misma tipología de río (resultado del proceso de segmentación y clasificación fluvial). El tramo homogéneo permite definir el punto de inicio y fin del humedal de interés en el eje longitudinal que podrá estar o no asociado a un límite urbano. Existen diferentes metodologías para dividir una red hidrológica en unidades discretas (segmentos). Para este estudio

[19] Gurnell, et al., 2016. A multi-scale hierarchical framework for developing understanding of river behaviour to support river management. Aquat. Sci. 78, 1–16. https://doi.org/10.1007/s00027-015-0424-5

se propone utilizar el marco metodológico llamado **Geomorphic Units System**[20] (GUS), el cual es implementado ampliamente en la Unión Europea[21]. Este marco ha sido aplicado previamente en Chile con buenos resultados. Ofrece pasos sencillos para calcular variables a escala de cuenca, valle y canal, con un nivel de dificultad moderado y manejable por cualquier profesional con conocimiento de SIG.

[20] Además de la segmentación, el marco provee criterios para la caracterización geomorfológica de cursos de agua, evaluación física y posterior monitoreo.

[21] Belletti, et al, 2015. The Geomorphic Units survey and classification System (GUS) Le Système de classification et analyse des Unités. I.S. Rivers 1–3. Rinaldi, et al., 2015. The Geomorphic Units survey and classification System (GUS) : REstoring rivers FOR effective catchment Management - REFORM - Analytical framework.

3.2.3. Delimitación del Humedal

La delimitación de humedales asociados a límites urbanos del Inventario Nacional[22] se construyó en base a un proceso de fotointerpretación, identificando sobre la base cartográfica disponible, ya sea imagen satelital u ortofoto, la extensión de la vegetación hidrófita y el cuerpo de agua que constituyen humedal de acuerdo con la clasificación propuesta para el desarrollo del catastro nacional de humedales. Una de las desventajas de esta aproximación es que no se realizan trabajos en terreno para corroborar la existencia de indicadores de humedal (régimen hidrológico de saturación, vegetación hidrófita y/o suelos hídricos). Esta limitante revela la importancia de realizar al menos una campaña de terreno para validar la existencia de los humedales del inventario y redelimitar el polígono en caso de ser necesario.

Tanto para humedales reconocidos en el Inventario Nacional y como para los humedales no catastrados, se recomienda encarecidamente la delimitación del polígono siguiendo los lineamientos metodológicos de la normativa vigente[23]. Cabe recordar que, para humedales de aguas corrientes, se propone realizar este proceso posterior a la segmentación y clasificación de la red fluvial. Luego, la delimitación se podrá realizar únicamente en el tramo homogéneo de interés.

Para realizar el proceso de delimitación se deben seguir los lineamientos metodológicos de la "Guía de Delimitación y Caracterización de Humedales Urbanos de Chile" [24]. A grandes rasgos la guía citada propone un proceso de delimitación en tres fases (1) Fase de Trabajo de Gabinete, (2) Fase de Campo y (3) Fase de Desarrollo Cartográfico. A continuación, se describen brevemente los aspectos más relevantes de casa fase a partir de la Guía.

Fase de Trabajo de Gabinete

Las actividades de gabinete buscan llevar a cabo una caracterización preliminar del humedal y preparar el trabajo en terreno. Las actividades más relevantes propuestas son:

- Análisis de inventarios y bases de datos de humedales existentes
- Análisis de imágenes satelitales y fotointerpretación.
- Determinación de la zona biogeográfica del humedal.

[22] Edáfica Suelos y Medio Ambiente, 2020. Inventario de Humedales Urbanos y Actualización del Catastro Nacional de Humedales.

[23] La delimitación de un humedal no declarado es necesaria ya que tanto el SEA como el MMA indican que la información contenida en el Inventario Nacional de Humedales es de carácter referencial. Para la identificación de potenciales alteraciones, caracterización de estas y diseño de buenas prácticas es crucial la correcta delimitación del OP, de otra manera, se podrán estar sobreestimando o subestimando las alteraciones sobre el humedal. Por otro lado, como resultado de la revisión y análisis de las consultas de pertinencias según el literal s), en muchos casos el SEA encarga al titular la delimitación del humedal con el fin de poder evaluar con fundamentos técnicos la existencia de alteraciones.

[24] MMA – ONU Medio Ambiente, 2022. Guía de Delimitación y Caracterización de Humedales Urbanos de Chile. Elaborada mediante consultoría Proyecto GEF/SEC ID: 9766 "Conservación de humedales costeros de la zona centro sur de Chile" por Edáfica Suelos y Medio Ambiente. Ministerio de Medio Ambiente. Santiago, Chile.

- Determinación de las Condiciones Ambientales Normales (CAN)[25] a través de antecedentes hidrológicos pertinentes.
- Preparación técnica del terreno definiendo transectos para recorrer el humedal y unidades homogéneas de vegetación.

Fase de Campo

La fase de campo busca corroborar en terreno la existencia de indicadores que permitan acreditar el cumplimiento de al menos uno de los siguientes criterios definidos en el reglamento de la Ley 21.202:

- Presencia de vegetación hidrófita.
- Presencia de suelos hídricos con mal drenaje o sin drenaje.
- Régimen hidrológico de saturación ya sea permanente o temporal que genera condiciones de inundación periódica.

La "Guía de Delimitación y Caracterización de Humedales Urbanos de Chile" define aspectos técnicos para la identificación de estos indicadores en terreno. Algunos de los aspectos más relevantes se describen a continuación:

Sobre los indicadores hidrológicos

Se considera la hidrología como la "fuerza motriz" en la formación de humedales. Lo anterior se debe a que los humedales son áreas donde la vegetación tolerante a las condiciones anaeróbicas pueden crecer, y donde la evidencia de condiciones anaeróbicas se encuentra en los indicadores de suelo. Es decir, los criterios de vegetación hidrófita y suelos hídricos son dependientes de la presencia de agua que reemplaza el aire en la matriz del suelo.

Se definen cuatro grupos de indicadores de hidrología de humedales:
- Grupo A: Observación de aguas superficiales o suelos saturados (A1 a. A4)
- Grupo B: Evidencia de inundación reciente (B1 a B15).
- Grupo C: Evidencia de saturación reciente (C1 a C9).
- Grupo D: Evidencia desde otras condiciones del lugar o datos (D1 a D4).

La aplicabilidad de los indicadores del Grupo A (A1 a A3) por si solos requiere de la determinación de las Condiciones Ambientales Normales (CAN). Se recomienda realizar el trabajo de campo durante las CAN, aun así, hay casos de estudio en los que no es posible trabajar en terreno durante ese periodo. En estos casos, se utilizan los indicadores del Grupo B, C y D.
Los indicadores de hidrología pueden ser de dos tipos: primarios y secundarios. Los indicadores primarios son signo inequívoco por sí mismo de la existencia de un humedal. Por otro lado, los secundarios sólo permiten establecer la sospecha fundada sobre la presencia de un humedal. Un

[25] Se entienden por Condiciones Ambientales Normales (CAN) aquella condición cuando la inundación, la saturación superficial y el nivel freático alto están en niveles umbrales en el límite del humedal, pero no en las zonas húmeda adyacentes. Esta condición está asociada a aquella cobertura hídrica que persiste por al menos 14 días continuos.

único indicador puede ser primario o secundario dependiendo de la zona biogeográfica donde sea observado.

Sobre los indicadores de vegetación

Define a la vegetación hidrófila como cualquier macrófita que crezca en el agua o en un sustrato que esté al menos periódicamente deficiente en oxígeno como resultado de un contenido excesivo de agua; señalando además que los términos hidrófila (DS 82/2010) e hidrófita (reglamento Ley de Humedales) serán considerados como equivalentes. La Guía incluye un listado referencial de especies vegetales frecuentes en humedales de Chile. Adicionalmente, se define el siguiente criterio: Si la cobertura dominante de la unidad vegetacional muestreada (>50%) corresponde a plantas hidrófitas o helófitas, el área se considera humedal.

Sobre los indicadores de suelos

Define que los suelos hídricos se crean mediante reacciones químicas de oxidación-reducción que se producen cuando un suelo está en un estado anaeróbico y se reduce químicamente. Las características morfológicas de los suelos reducidos estacionalmente incluyen patrones de colores específicos, olores, cambios de color que se producen al exponerse al aire o un tipo específico de material orgánico. Se definen seis indicadores de suelos hídricos asociados a la acumulación o pérdida de hierro, manganeso, azufre, o acumulación de compuestos de carbono en condiciones saturada y anaeróbicas.

Fase de Desarrollo Cartográfico

La Guía establece que el límite del humedal urbano quedará definido por el criterio de presencia de humedal (hidrología, vegetación o suelo hídrico), más externo, o que se identifica más alejado del eje central del humedal. Por otro lado, indica que el método de sobreposición resulta conveniente para el mapeo de los límites del humedal, en donde se obtienen mapas de cada indicador y luego se sobreponen para crear un mapa síntesis tal como se muestra en la **Figura C3. 4**.

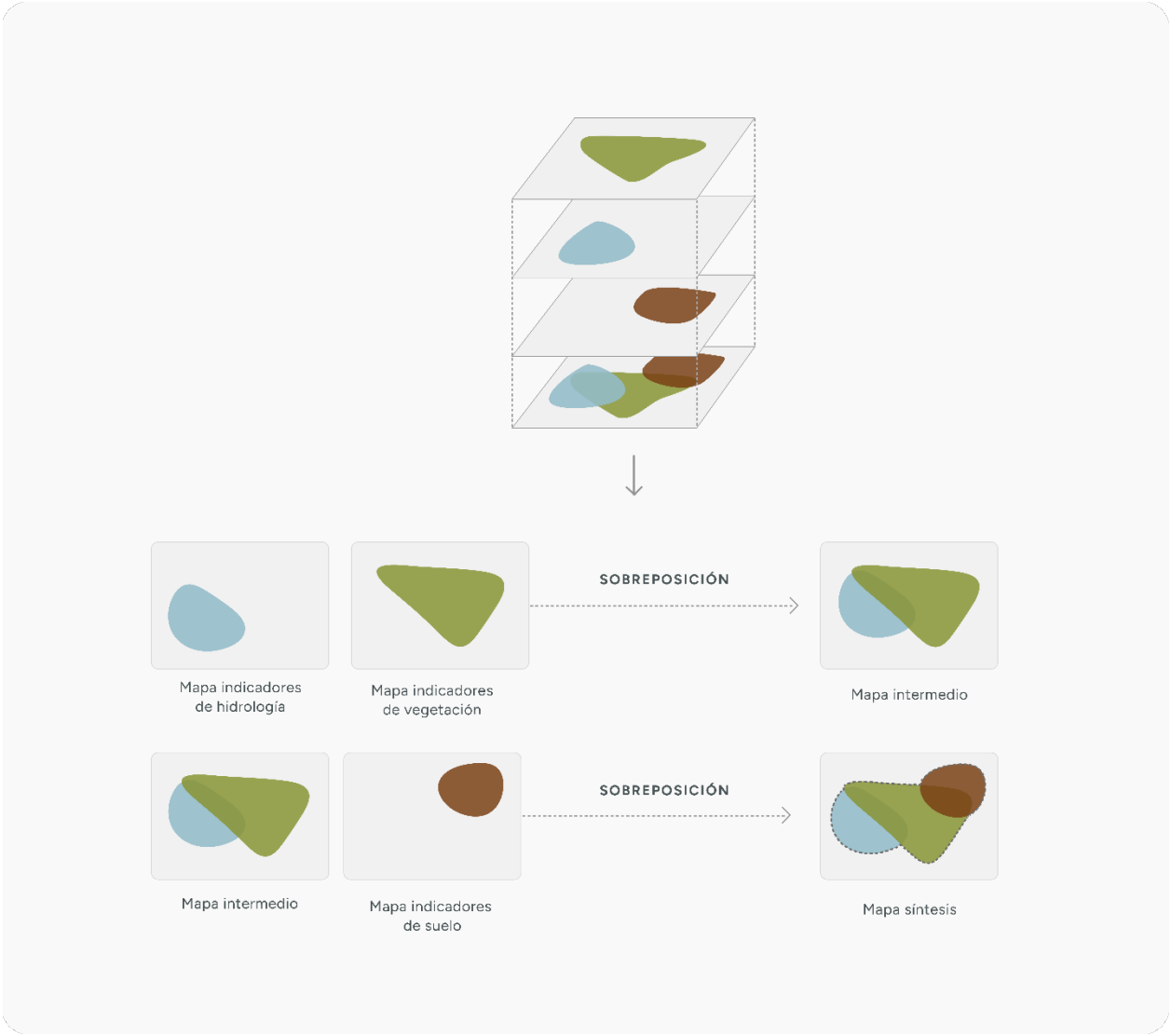


***Figura C3. 4**. Método de sobreposición de mapas de indicadores de hidrología, vegetación y suelo. Fuente: Elaboración propia en base a MMA – ONU Medio Ambiente, 2022.*

3.2.4. Caracterización del humedal, su área de sustento y subcuenca

Con el fin de entender las características fisicoquímicas y ecológicas del humedal de interés ya delimitado según la Ley 21.202, se entregan directrices para una caracterización integral basada principalmente en información pública disponible. En algunos casos, y dependiendo del tipo de alteraciones potenciales identificadas (E3) y por ende de los indicadores seleccionados, será necesario complementar esta información con levantamientos en terreno y/o estudios específicos. En el caso de haber llevado a cabo el proceso de delimitación, la información levantada también será clave para esta actividad.

Se propone una caracterización en tres escalas: (i) polígono del humedal de interés, (ii) área de sustento del humedal (que como se verá más adelante, en la mayoría de los casos coincide con la cuenca hidrológica aportante al humedal) y (iii) subcuenca definida por la DGA en la cual se encuentra inserto el humedal (**Figura C3. 5**).

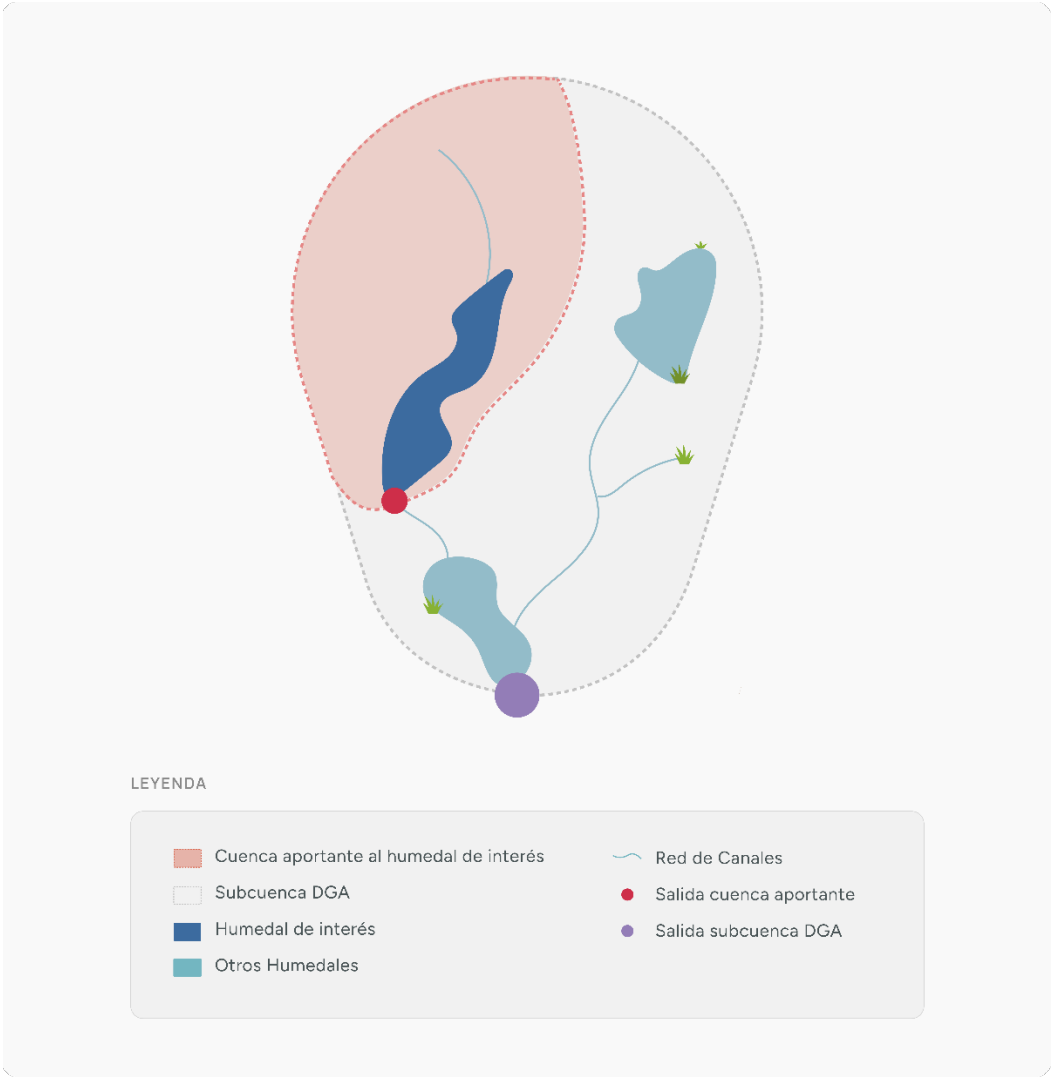


Figura C3. 5. *Escalas de análisis para la caracterización del humedal: Humedal de interés, área de sustento (cuenca aportante al humedal de interés) y subcuenca DGA. Fuente: Elaboración propia en base a Stengard et al (2020).*

Caracterización del humedal de interés

En el caso de que el humedal esté declarado oficialmente como humedal urbano, este cuenta con una ficha técnica y un expediente del proceso de declaración disponible en: https://humedaleschile.mma.gob.cl/. La ficha técnica deberá ser la fuente de información oficial para la caracterización del humedal y podrá ser complementada con estudios en terreno en el caso de ser necesario. Por otro lado, en el caso de que el humedal de interés no se encuentre reconocido como humedal urbano, es posible llevar a cabo una caracterización preliminar en base a información pública y, de la misma manera, de ser necesario podrá complementarse con levantamientos en terreno. A continuación, se describen los principales pasos para caracterizar el humedal.

Clasificación hidrológica y geomorfológica del humedal

La clasificación hidrológica del humedal permitirá responder a importantes preguntas como: ¿Cuál es el factor forzante del humedal?, ¿De dónde viene el agua que sustenta el humedal?, ¿Cómo varía estacionalmente el nivel de saturación del humedal? y ¿De qué depende esta estacionalidad?

La existencia de humedales está condicionada por entradas y salidas de agua, las que, en condiciones naturales, se encuentran en equilibrio. El balance de estos flujos, que pueden ser superficiales, subterráneos, temporales o permanentes, se denomina balance hídrico. El balance hídrico determina el volumen de agua disponible ("V") en el tiempo ("t") almacenada en la superficie o el suelo. Este volumen de agua, variable en el tiempo, define importantes características de la flora y fauna que habitan el humedal. Un esquema de las posibles entradas y salidas que determinan el balance hídrico de un humedal se muestra en la **Figura C3. 6**.

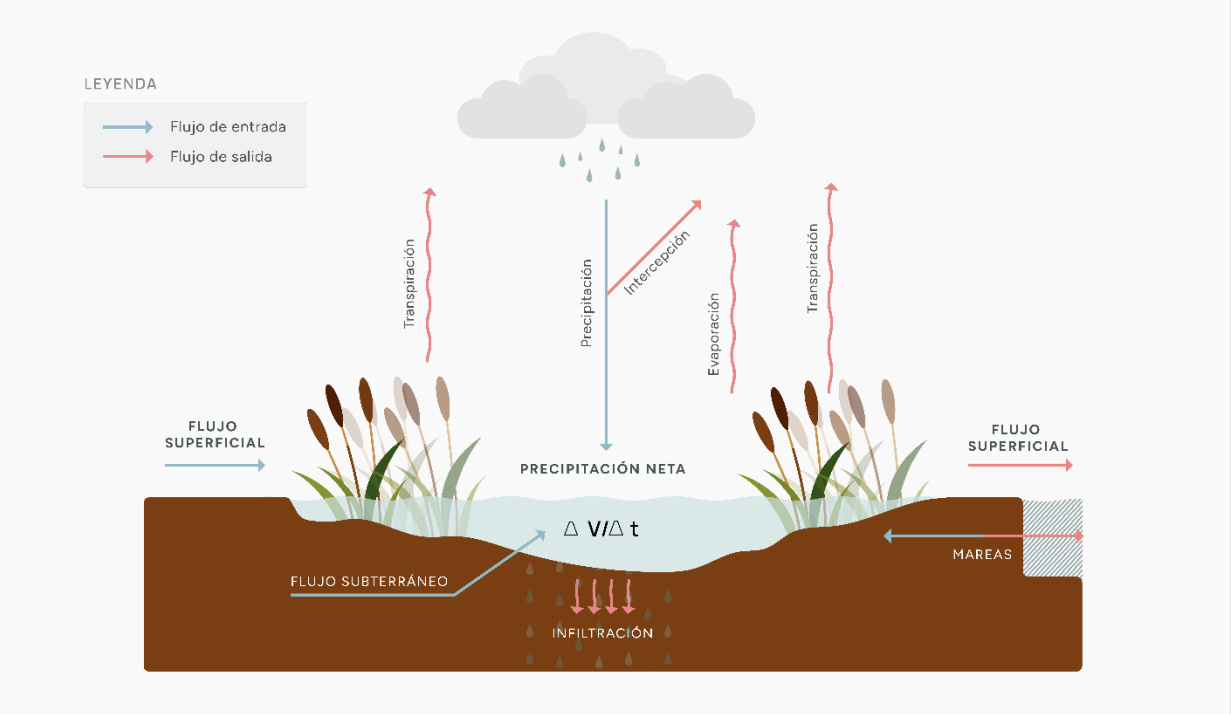


Figura C3. 6. *Esquema del balance hídrico de un humedal. Fuente: Elaboración propia.*

Según lo señalado en la “Guía de Delimitación y Caracterización de Humedales Urbanos de Chile” [26] y por Mitsch & Gosselink en el capítulo 4 del libro “Wetlands”[27], existen cuatro tipos de humedales en función de su hidrología y corresponden a:

- **Humedal en depresión de aguas superficiales:** Este tipo de humedales se encuentra dominado por escorrentía superficial y precipitación, con una pequeña salida por infiltración hacia aguas subterráneas debido a la baja permeabilidad de los suelos.
- **Humedal en pendiente de agua superficial:** Generalmente se encuentran en suelos aluviales adyacentes a lagos o ríos. Se encuentran dominados en parte por escorrentía superficial y precipitación, pero predominantemente por las fluctuaciones e inundaciones del cuerpo de agua adyacente.
- **Humedal en depresión de aguas subterráneas:** Se forman en zonas donde el humedal se encuentra suficientemente bajo para alcanzar el nivel freático. Este tipo de humedales en general se da en suelos de textura relativamente gruesa. Debido a la estabilidad relativa de la napa, estos tipos de humedales no tienen grandes fluctuaciones del nivel de agua.
- **Humedal en pendiente de aguas subterráneas:** Se forma donde el agua subterránea se descarga en una discontinuidad geológica o una pendiente, y se forman prados húmedos o pantanos.

[26] MMA – ONU Medio Ambiente, 2022. Guía de Delimitación y Caracterización de Humedales Urbanos de Chile. Elaborada mediante consultoría Proyecto GEF/SEC ID: 9766 “Conservación de humedales costeros de la zona centro sur de Chile” por Edáfica Suelos y Medio Ambiente. Ministerio de Medio Ambiente. Santiago, Chile.
[27] Mitsch, W. J., Gosselink, J. G., 2011. Wetlands. Alemania: Wiley.

Una representación gráfica de estos tipos de humedales se muestra en la **Figura C3. 7**.

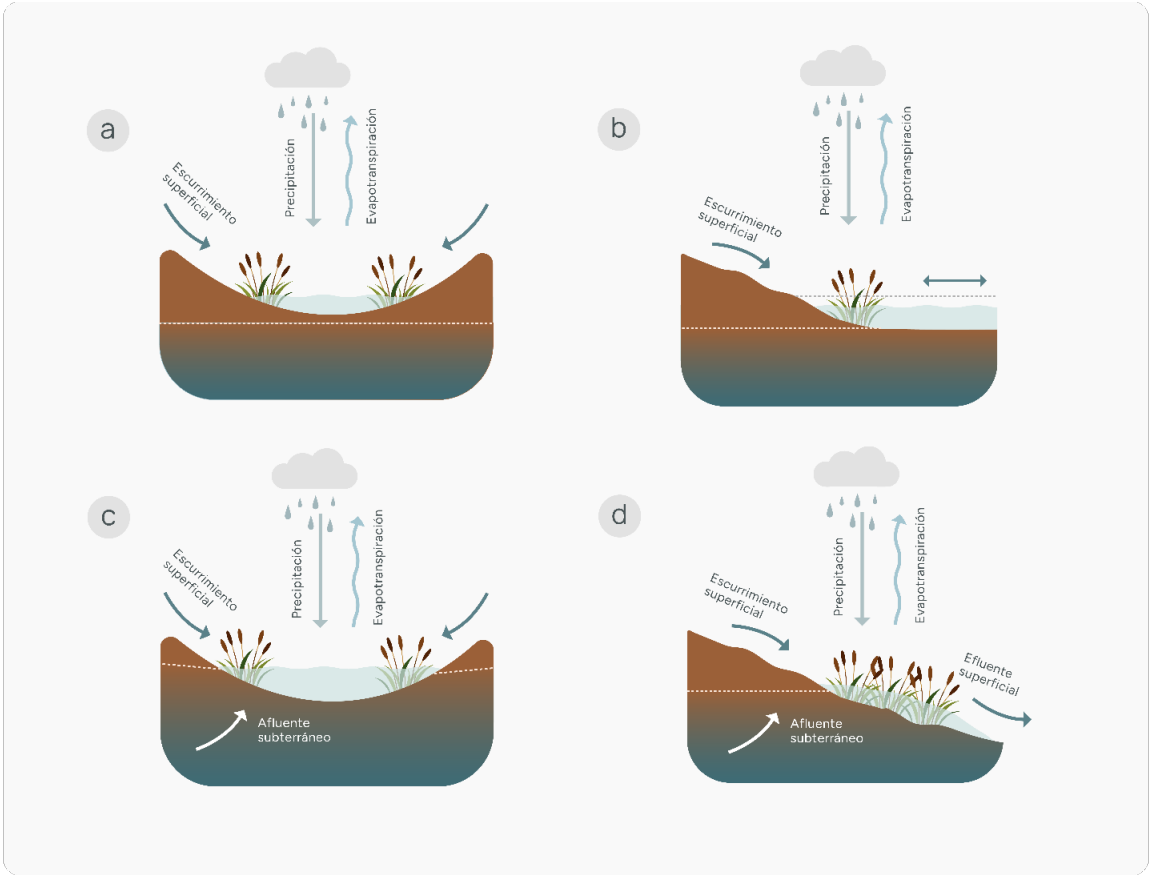


Figura C3. 7. *Tipos de hidrológicos de humedales. a) humedal en depresión de aguas superficiales, (b) humedal en pendiente de agua superficial, (c) humedal en depresión de aguas subterráneas y (d) humedal en pendiente de aguas subterráneas. Fuente: Elaboración propia en base a MMA – ONU Medio Ambiente (2022)*

El hidroperiodo de un humedal, es el patrón estacional del nivel de agua del humedal. Este puede ser descrito de forma cualitativa según lo descrito en la **Tabla C3. 1**, o bien, de forma cuantitativa tal como se muestra de forma esquemática en la **Figura C3. 8**. Cada uno de los tipos de humedales tienen factores forzantes diferentes desde el punto de vista de la hidrología. Por ende, sus variaciones estacionales, o el hidroperiodo, están dominados por diferentes elementos de la hidrología. La mayoría de los humedales a nivel nacional no se encuentran monitoreados por lo que no se cuenta con las variaciones de su nivel de agua. Aun así, es posible predecir su estacionalidad en base a las series de tiempo de los factores forzantes predominantes y modelaciones hidrológicas[28]. La **Tabla C3. 2** muestra evidencia útil y pública que permiten caracterizar indirectamente el hidroperiodo para los diferentes tipos de humedales. Notar que, en algunos casos, especialmente para aquellos humedales dominados por el nivel freático, esta información podría no estar disponible.

[28] La modelación hidrológica deberá adoptar un enfoque de modelación continua, esto ya que lo que se busca es caracterizar condiciones infra anuales y frecuentes. Modelaciones por evento, es decir, utilizando tormentas de diseño vinculadas a periodos de retornos específicos no son necesariamente representativas de las condiciones hidrológicas que sustentan el humedal.

Tabla C3. 1. Definición de hidroperiodos de humedales. Fuente: Traducido de Mitsch & Gosselink (2011).

Hidroperiodos	Descripción
Submareal	Inundado permanentemente con agua mareal
Expuesto irregularmente	Expuesto a mareas con menor frecuencia que diariamente.
Inundado regularmente	Alterna entre inundarse y quedar expuesto a las mareas al menos una vez al día.
Inundado irregularmente	Inundado con menor frecuencia que diariamente.
Inundado permanentemente	Inundado a lo largo de todo el año y todos los años.
Inundado intermitentemente	Inundado a lo largo de todo el año con excepción a años con extrema sequía.
Inundado semi permanentemente	Inundado durante la temporada de crecimiento en la mayoría de los años
Estacionalmente inundado	Inundado durante periodos prolongados durante la temporada de crecimiento, pero el agua estancada rara vez está presente.
Saturado	Sustrato saturado por periodos de tiempo prolongados durante la temporada de crecimiento, pero el agua estancada rara vez está presente.
Inundado temporalmente	Inundado brevemente durante la temporada de crecimiento, pero el nivel freático se encuentra bastante por debajo de la superficie.
Inundado intermitentemente	La superficie suele quedar expuesta, con presencia de agua superficial durante períodos variables sin un patrón estacional detectable.

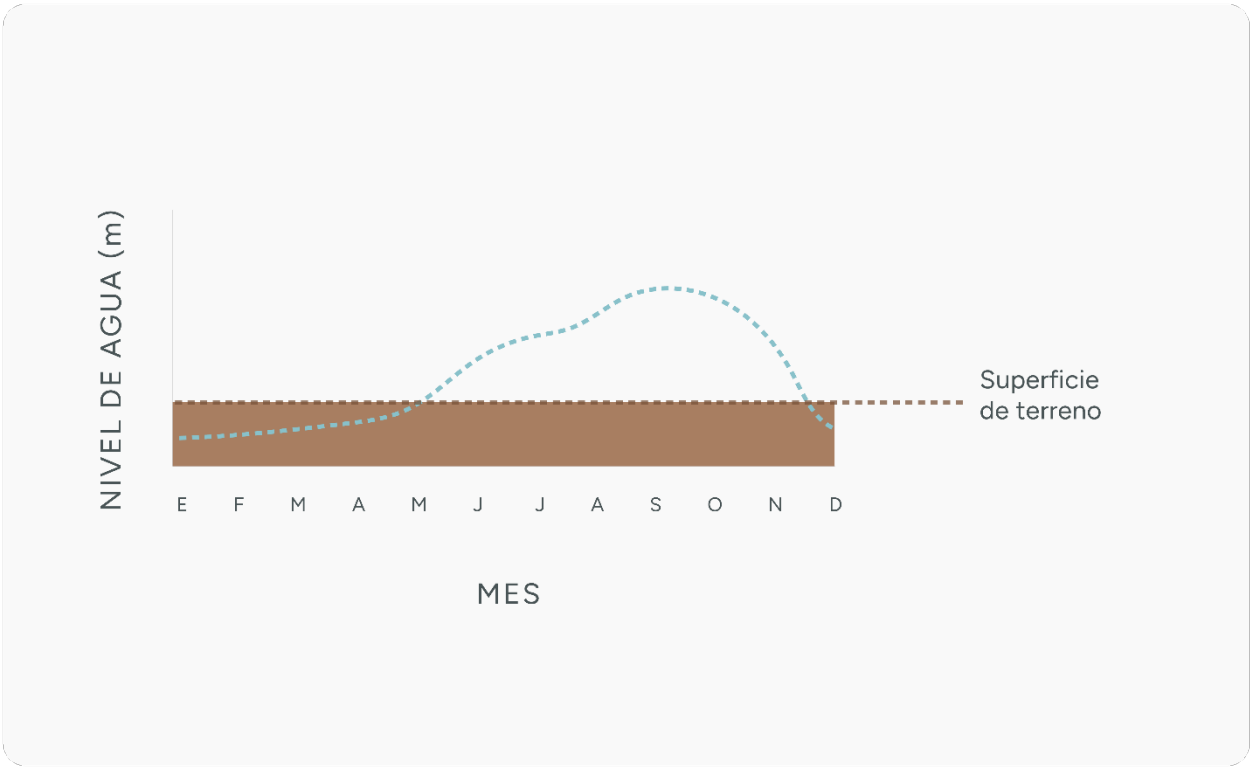


***Figura C3. 8.** Representación del hidroperiodo de un humedal estacionalmente inundado en depresión de aguas superficiales. Fuente: Elaboración propia.*

Tabla C3. 2. *Información útil para caracterizar indirectamente el hidroperiodo de un humedal según su clasificación hidrológica. Fuente: Modificado de MMA – ONU (2022)*

Tipo de humedal	Factor forzante predominante	Información útil	Fuente de información sugerida
Humedal en depresión de aguas superficiales	Escorrentía superficial y precipitación	Series de tiempo de caudal y precipitación	https://explorador.cr2.cl/ https://climatologia.meteochile.gob.cl/ https://snia.mop.gob.cl/BNAConsultas/reportes
Humedal en pendiente de agua superficial	Escorrentía superficial, precipitación y variaciones del cuerpo de agua adyacente	Series de tiempo de caudal, precipitación y altura de agua	https://explorador.cr2.cl/ https://climatologia.meteochile.gob.cl/ https://snia.mop.gob.cl/BNAConsultas/reportes
Humedal en depresión de aguas subterráneas	Profundidad del nivel freático	Serie de tiempo del nivel freático	https://snia.mop.gob.cl/BNAConsultas/reportes
Humedal en pendiente de aguas subterráneas	Profundidad del nivel freático	Serie de tiempo del nivel freático	https://snia.mop.gob.cl/BNAConsultas/reportes

En cuanto a la clasificación hidrogeomorfológica, cobrará relevancia en sistemas fluviales de aguas corrientes. En estos casos la caracterización y clasificación se habrá llevado a cabo en el proceso de segmentación.

Caracterización de la biota del humedal

Para poder evaluar las alteraciones en el ecosistema humedal producto de la interacción con obras viales y/o fluviales, es necesario conocer el ecosistema de humedal y los diferentes organismos que lo habitan, de tal manera de poder abordar las siguientes interrogantes:

- ¿Cuáles son los componentes biológicos principales del humedal?
- ¿Qué tipo de flora y fauna es característica de la región en donde se encuentra el humedal?
- ¿Qué especies de flora y fauna potencial presente en el humedal son prioritarias de proteger?

Cabe señalar que, si el humedal se encuentra declarado oficialmente como Humedal Urbano, este dispondrá de un expediente público donde ubicar la información ya sistematizada, sin embargo, puede ocurrir que la información no sea suficiente y esta metodología ayude a complementar las bases de datos. Por otro lado, en el caso de humedales no declarados, se deberá evaluar la cantidad de registros disponibles en el área y determinar si es necesario realizar un levantamiento de información *in situ* por especialistas.

Flora y Vegetación

Según lo señalado por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA, 2015), la caracterización del componente Flora y Vegetación se divide en dos subcomponentes (**Figura C3. 9**).

- Vegetación: Se refiere al conjunto de especies vegetales que se agrupan en un lugar y tiempo determinado, presentando una estructura y dinámica propia. [29]
- Flora: corresponde al conjunto de especies florísticas presentes en un lugar y tiempo determinado, siendo la especie, como ente taxonómico, el objeto de estudio.

[29] Referencia artículo 1°, letra o) del Decreto Supremo N°82, de 2010, que aprueba Reglamento de suelos, aguas y humedales, del Ministerio de Agricultura. El artículo 8°, letra d) del Decreto N°15, de 2020, que establece Reglamento de la Ley N° 21.202, que modifica diversos cuerpos legales con el objeto de proteger los humedales urbanos, del Ministerio del Medio Ambiente, también hace mención a la vegetación hidrófita, pero para evitar confundir este término con las plantas hidrófitas, se usará en la Guía de Área de Influencia de Humedales en el SEIA (2023) término de vegetación hidrófila para referirse a la vegetación de humedal en sentido amplio.



Figura C3. 9. *Representación a modo de ejemplo de la diferencia entre Vegetación y Flora de una zona geográfica determinada. Fuente: Elaboración propia en base a SEA 2015.*

El propósito de levantar información desde gabinete sobre la vegetación y flora del humedal es poder identificar las formaciones vegetacionales más extendidas en el área de estudio junto a sus especies asociadas, distinguir particularmente especies escasas o en categoría de conservación o aquellas que se encuentran amenazadas específicamente en la zona geográfica donde se encuentra el humedal.

La flora de los humedales se caracteriza por una vegetación acuática y palustre, que crece preferentemente en ambientes ribereños de poca profundidad, tanto de agua dulce como salobre. Las plantas acuáticas necesitan del agua para cumplir su ciclo de vida o parte de él, y han desarrollado adaptaciones estructurales y morfológicas para sobrevivir en suelos saturados. Su tolerancia ambiental es limitada y son muy sensibles a cambios de profundidad, temperatura, pH, luz y concentración de oxígeno (Cowardin et al. 1979). A la flora que se encuentra en ecosistemas de humedales y que está específicamente adaptada a la presencia de agua y a la saturación del suelo, se le denomina comúnmente **vegetación hidrófila** (SEA, 2023) cuya clasificación se muestra en la **Tabla C3. 3**.

Tabla C3. 3. *Clasificación de flora hidrófila [30]. Fuente: Adaptado de SEA, 2023.*

Clasificación				Ejemplo
Hidrófilas	Hidrófitas o plantas acuáticas	Flotantes	Arraigadas (natantes)	*Hydrocotyle ranunculoides* Sobrerillo de agua
			De vida libre	*Lemna valdiviana* Lenteja de agua
		Sumergidas	Arraigadas	*Elodea Potamogeton* o *Anacharis chilensis* Espiga de agua, pasto de agua o lila de agua
			De vida libre	*Ceratophyllum demersum* Cola de zorro
	Helófitas o plantas palustres (emergentes)	Herbáceas glicófilas		*Angallis alternifolia* Anagalis
		Halófitas		*Sarcocornia neei* Espárrago de mar
		Anfibias		*Cyperus Reflexus* Ñocha, moracho
		Leñosas		*Amomyrtus luma* Luma

Dentro de las formas de vida de las plantas acuáticas (o macrófitas), se pueden encontrar plantas sumergidas arraigadas, sumergidas libres, natantes, y flotantes libres de superficie y de fondo. Las especies reconocidas como palustres son plantas emergidas que tienen su primera porción sumergida y la mayor parte de su cuerpo fuera del agua, haciendo fotosíntesis a partir del CO2 del aire. Dentro de la vegetación palustre se encuentran formaciones de pastizales y herbazales semiacuáticos y bosques pantanosos. Los pastizales y herbazales semiacuáticos incluyen comunidades palustres compuestas por plantas emergentes. Aquí se encuentran las especies llamadas **helófitas**, que corresponden a plantas arraigadas al sustrato, con la parte inferior del vástago sumergido y la parte superior del tallo emergente o fuera del agua. Estas agrupan a grandes **helófitas glicófilas** representadas por varias especies de juncos y comunidades graminosas altas, en bordes de lagos y pantanos, conocidas comúnmente como totorales (Luebert & Pliscoff, 2006). El bosque pantanoso se compone por **helófitos leñosos**, estos corresponden a arbustos y árboles que crecen en pantanos ribereños y que son capaces de tolerar inundaciones y anegamiento estacional o prolongado (Camaño & Fariña 2012; Velásquez, 1994). Junto a la vegetación hidrófila, se puede encontrar flora acompañante en la transición de estos ambientes, conocida como **vegetación higrófita**, formando parte de la vegetación ribereña y situándose sobre suelos con diferentes grados de humedad (**Figura C3. 10**).

[30] Referencia artículo 1°, letra o) del Decreto Supremo N°82, de 2010, que aprueba Reglamento de suelos, aguas y humedales, del Ministerio de Agricultura. El artículo 8°, letra d) del Decreto N°15, de 2020, que establece Reglamento de la Ley N° 21.202, que modifica diversos cuerpos legales con el objeto de proteger los humedales urbanos, del Ministerio del Medio Ambiente, también hace mención a la vegetación hidrófita, pero para evitar confundir este término con las plantas hidrófitas, se usará en la Guía de Área de Influencia de Humedales en el SEIA (2023) término de vegetación hidrófila para referirse a la vegetación de humedal en sentido amplio.

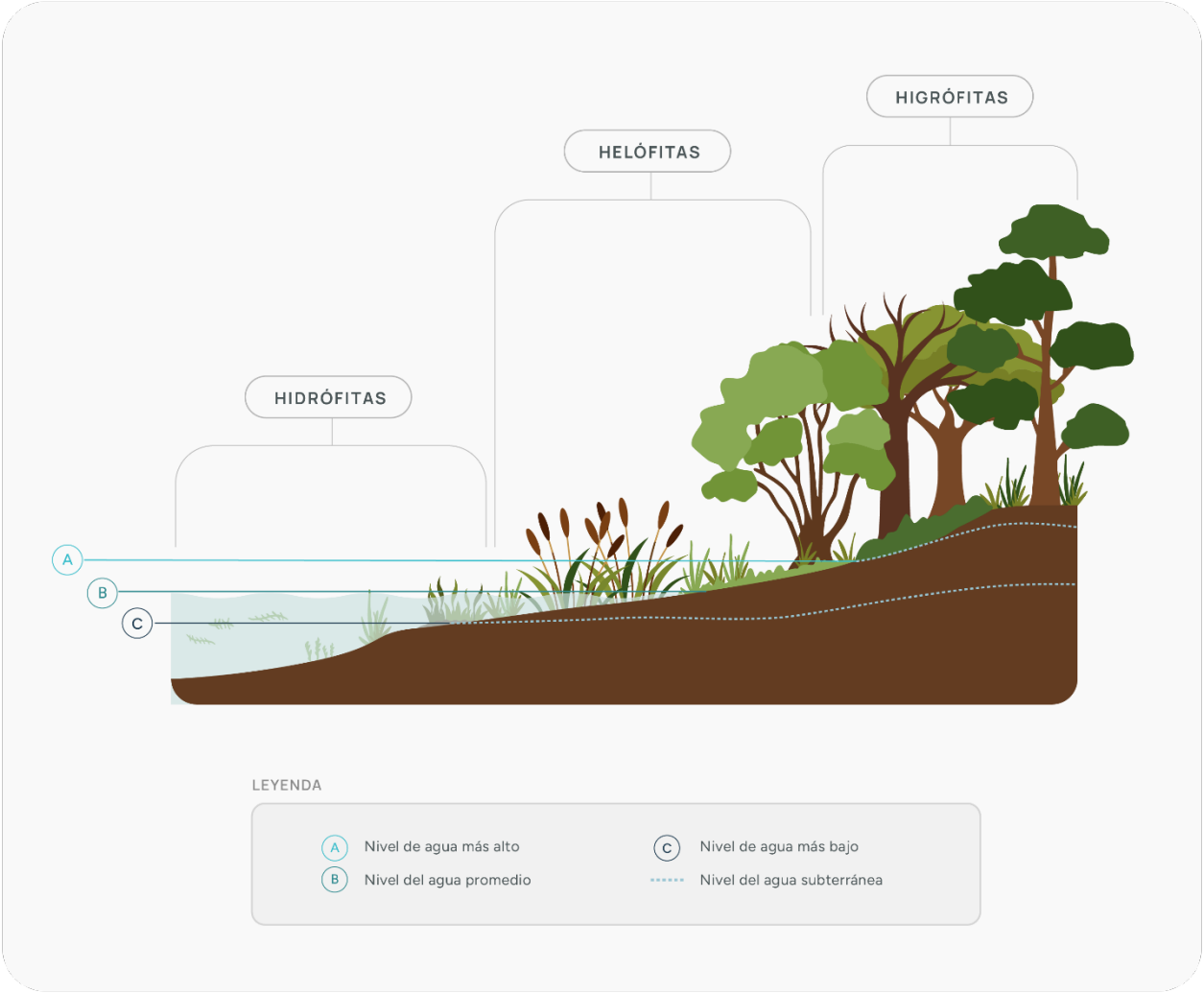


***Figura C3. 10**. Zonación típica de flora hidrófila de un humedal lacustre. Fuente: Elaboración propia en base a SEA, 2023.*

Para la caracterización de la vegetación, se propone primeramente realizar una revisión bibliográfica de los principales trabajos que permiten establecer el marco biogeográfico en el cual se sitúa el proyecto, los cuales son “Vegetación Natural de Chile” de Gajardo (1994) y “Sinopsis Bioclimática y Vegetacional de Chile” de Luebert y Pliscoff (2006). Estos estudios entregan información cartográfica a diferentes escalas, estableciendo regiones ecológicas, pisos bioclimáticos y formaciones vegetacionales que estructuran las comunidades de la vegetación presente en la zona. Adicionalmente, se recomienda consultar otras fuentes de información como informes técnicos, líneas de base o investigaciones realizadas por instituciones privadas u organismos del Estado, y revisar antecedentes vegetacionales y florísticos de proyectos ingresados al SEIA en la región correspondiente.

Luego, para la caracterización de las especies de flora, se plantea identificar el origen biogeográfico de la flora vascular en base al “Catálogo de las plantas vasculares de Chile” (Rodríguez et al., 2018), y posteriormente revisar el “Inventario Nacional de Especies de Chile del Ministerio de Medio Ambiente” y el “Listado de Especies Clasificadas desde el 1º al 18º Proceso de Clasificación RCE”

(actualizado hasta enero del 2024), con el fin de generar un listado florístico de la zona que permita clasificar a las especies según orden taxonómico, origen en Chile (nativas, endémicas o exóticas), y estado de conservación vigente (especies amenazadas).

Fauna silvestre

La caracterización del componente fauna tiene como objetivo principal determinar la presencia de animales vertebrados silvestres en el área donde se desarrollará el proyecto. Para esto, se necesita evaluar principalmente la riqueza, abundancia, densidad, origen geográfico endemismo y estado de conservación de las especies potenciales que habitan el humedal.

Esta caracterización se divide en dos subcomponentes:

- Fauna terrestre: definida como el conjunto de organismos que dependen principalmente de los ecosistemas terrestres, desarrollando adaptaciones para sobrevivir a distintos tipos de hábitat y condiciones ambientales.
- Fauna acuática: definida como el conjunto de organismos que dependen principalmente del ambiente acuático para desarrollar su ciclo de vida o parte de él, y han evolucionado con adaptaciones estructurales y morfológicas que les permiten sobrevivir en ambientes húmedos.

La fauna de los humedales se considera como el conjunto de seres vivos que nacen, habitan, se alimentan y reproducen en estos ambientes. Su presencia está estrechamente relacionada a las condiciones húmedas y a la vegetación acuática y palustre circundante (Schlatter & Sielfeld, 2006; Muñoz-Pedreros 2018). Las especies que dependen del agua, como los **peces**, algunos **anfibios y reptiles, aves y mamíferos acuáticos**, tienen requisitos específicos en cuanto a la duración y magnitud del hidroperiodo para completar sus ciclos de vida. Es por esto, que es importante evaluar los requisitos básicos de hábitat de la fauna del humedal para saber qué especies podrían encontrarse en el lugar de interés. Aunque la observación directa e *in situ* de la fauna silvestre siempre es ideal, esto no siempre es posible debido a la movilidad, hábitos y estacionalidad de muchas especies, y también, debido a las limitaciones de tiempo, recursos y personal especializado. Por lo tanto, la evaluación estará basada principalmente en antecedentes y registros previos disponibles y, en algunos casos, se podrá tener que asumir que, si existen las condiciones de hábitat para una especie en particular, es probable que dicha especie frecuente el humedal.

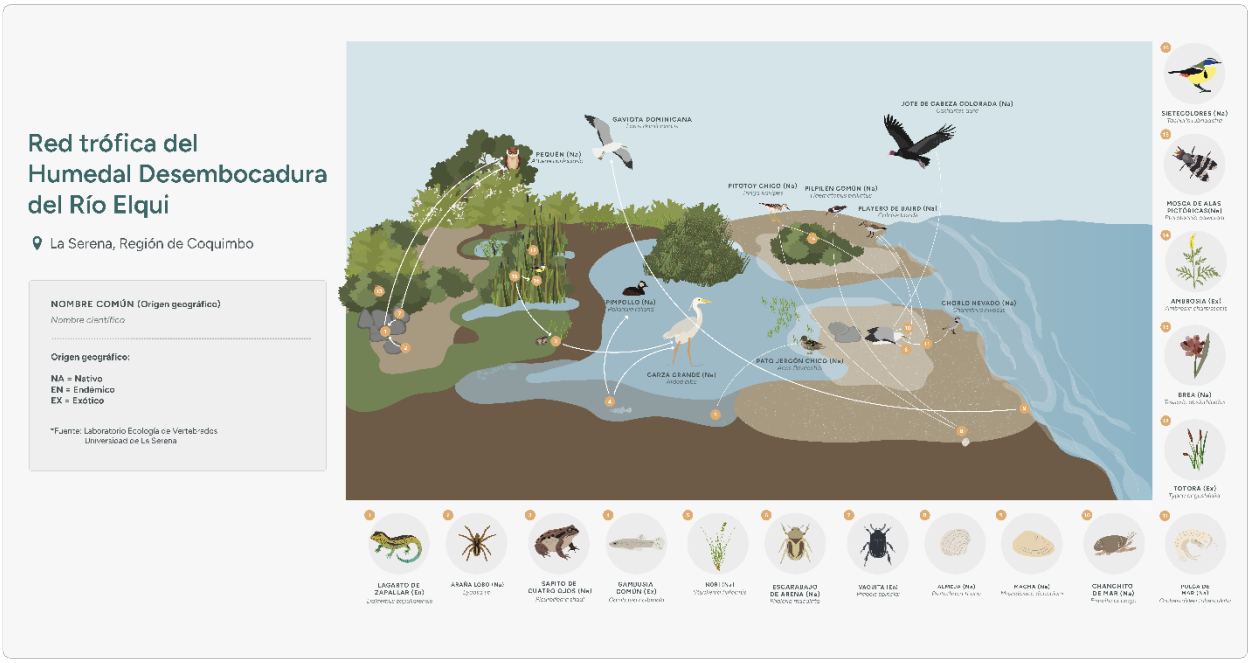


Figura C3. 11. *Representación gráfica de la cadena trófica de un humedal (caso Humedal Desembocadura Elqui). Fuente: Elaboración propia en base a Victor Bravo-Naranjo, Laboratorio de Ecología de Vertebrados, Universidad de la Serena.*

Para esta caracterización, se propone realizar una revisión bibliográfica (**Tabla C3. 4**) de estudios de fauna que presenten rangos de distribución geográfica o que hayan sido descritas en la zona donde se desarrolla el proyecto, incluyendo Declaratorias o Estudios de Impacto Ambiental de proyectos u obras cercanas a la zona de interés. Estos informes son públicos y pueden ser encontrados en el Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA) en: https://snifa.sma.gob.cl/UnidadFiscalizable. Con estos antecedentes se busca recopilar información acerca de los diferentes grupos taxonómicos en los que se agrupan las especies (peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos), poniendo especial atención a especies amenazadas o en categoría de conservación. Para la clasificación de la fauna según su origen geográfico (OG), las especies podrán ser categorizadas como nativa, endémica, introducida o exótica.

Para los estados de conservación (EC) de las especies de fauna, se considerarán aquellos establecidos por los Decretos Supremos emitidos a la fecha, los cuales están determinados por el "Reglamento para la Clasificación de especies Silvestres según Estado de Conservación" (RCE) (D.S. N°75/2004 del MINSEGPRES y D.S. N°29/2011 del MMA) de la Ley 19.300, sus modificaciones y procesos de clasificación. En el caso de las especies que no hayan sido clasificadas en estos procesos, se utilizarán los estados de conservación que señala el "Reglamento de la Ley de Caza" (criterios BSE) (D.S. N°05/1998, modificado por el DS N°53/2003, ambos del Ministerio de Agricultura, MINAGRI). Ambos instrumentos legales definen los criterios de protección para la fauna silvestre, estos corresponden a: Peligro de extinción (P; considerada homóloga al estado "En Peligro" de la UICN), Vulnerable (V), Rara (R), Escasa o Inadecuadamente Conocida (IC) y Fuera de Peligro (F). De acuerdo con los lineamientos de la UICN, se considera como estados de conservación bajo amenaza a los criterios de protección Peligro de Extinción y Vulnerable, incluyendo el estado Casi Amenazada (según indicación de SEA, 2015).

Tabla C3. 4. *Referentes bibliográficos útiles en el marco de la caracterización de humedales y sus principales componentes biológicos. Fuente: Elaboración propia.*

Autor (Año)	Título
SEA (2023)	Guía para la predicción y evaluación de impacto ambiental en humedales en el SEIA
SEA (2023)	Guía área de influencia en humedales en el SEIA.
MMA – ONU Medio Ambiente (2022)	Guía para la delimitación y caracterización de humedales urbanos.
MMA – ONU Medio Ambiente (2023)	Guía de campo para el reconocimiento de flora hidrófila de humedales en Chile.
Camaño & Fariña (2012)	Humedales Costeros: Aportes científicos a su gestión sustentable.
Vila et al. (2006)	Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile.
Estrada et al. (2017)	Flora Acuática y Palustre Introducida en Chile.
Rodríguez, R. & B. Fica (2020)	Guía de Campo: Plantas Vasculares Acuáticas en Chile.
Habit & Górski (2019)	Biodiversidad de Ecosistemas de Agua Dulce. Mesa Biodiversidad-Comité Científico COP25.
Rosso & Álvarez (2022)	Aves de los humedales chilenos.
ROC (2018)	Atlas de las aves nidificantes de Chile.
CEHUM (2021)	Flora y fauna de los humedales del sur de Chile.
Charrier, A. (2019)	Guía de campo: Anfibios de los Bosques de la Zona Centro Sur y Patagonia de Chile.
Celis-Diez JL., S. Ippi, A. Charrier & C. Garín (2011)	Fauna de los Bosques Templados de Chile.

Definición y caracterización del área de sustento

Para efectos de este estudio, se entenderá como área de sustento el **lugar geográfico que permite el desarrollo de los factores forzantes del humedal.** Tal como se observa en la **Figura C3. 12** la hidrología es el elemento determinante de establecimiento y mantenimiento de diferentes tipos de humedales y de sus procesos[31]. Esto, ya que es el régimen hidrológico el que modifica y determina el contexto fisicoquímico adecuado para el desarrollo de la biota específica de humedal. Entendiendo esto, el agua será el elemento de sustento clave. De esta forma, para definir el área de sustento del humedal se buscará responder la pregunta ¿de dónde viene el agua que permite el desarrollo del humedal? La respuesta a esta pregunta dependerá del tipo hidrológico de humedal.

[31] Mitsch, W. J., Gosselink, J. G., 2011. Wetlands. Alemania: Wiley.

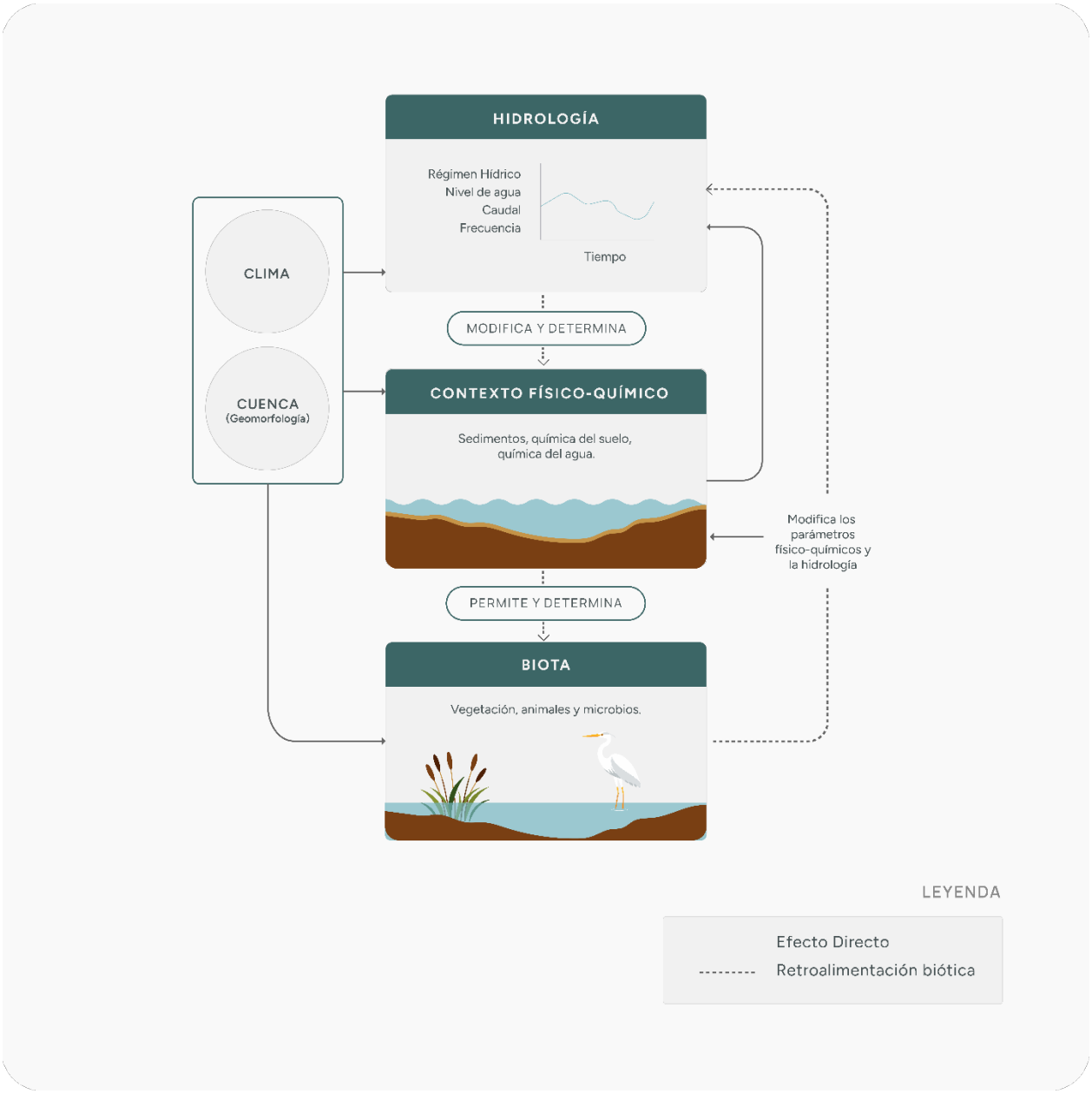


Figura C3. 12. *Diagrama conceptual de los efectos de la hidrología en el funcionamiento de los humedales y respuestas fisicoquímicas y bióticas que afectan la hidrología. Fuente: Elaboración propia en base a de Mitsch and Gosselink (2015).*

Generalmente, el área de sustento coincidirá con la cuenca hidrológica aportante al punto más bajo del humedal. Para sistemas superficiales, el proceso de delimitación de la cuenca es sencillo y puede llevarse a cabo en base a un modelo de elevación digital (DEM) o bien apoyarse de delimitaciones

existentes como las de BNA[32] o DGA[33]. Notar que, especialmente en humedales pequeños, o ubicados en las partes altas de las cuencas, las cuencas y subcuencas ya delimitadas (BNA o DGA) serán de mayor magnitud y por lo general incluirán un área ubicada aguas abajo del humedal que no forma parte del área de sustento directamente.

El procedimiento de delimitación de cuencas se realiza mediante el uso de sistemas de información geográfica (SIG). Se pueden utilizar diferentes softwares de SIG, por ejemplo, ArcGIS (extensión Arc Hydro Tools) y QGIS (extensión SAGA). Para el territorio de Chile, se sugiere utilizar el modelo de elevación digital (DEM) ALOS PALSAR de 12,5m o ASTER de 30m disponible en diferentes fuentes abiertas. Cabe destacar que si el humedal tiene aportes subterráneos en algunos casos podrá suceder que la cuenca hidrográfica superficial no coincida con la cuenca hidrológica subterránea.

Con la cuenca delimitada, es posible obtener características físicas de la cuenca aportante a partir de información pública. En primer lugar, se podrá calcular el área de la cuenca aportante, red hidrográfica dentro de la cuenca y pendiente media de sus cauces y laderas en base al mismo DEM utilizado. Por otro lado, es posible caracterizar el uso de suelo de la cuenca en base a los catastros vegetacionales construidos por CONAF[34].

Adicionalmente y como se verá más adelante, la delimitación de la cuenca cumple un rol relevante para determinar la relación de proximidad entre la obra y el humedal de interés.

Caracterización de la subcuenca como unidad territorial de análisis

Luego de haber caracterizado tanto el humedal como su área de sustento, se buscará identificar ecosistemas relevantes aledaños con los que pueda existir conectividad biológica. Posteriormente, es relevante identificar presiones o amenazas existentes, previas a la ejecución de la actividad o proyecto, que podrán generar un efecto sinérgico en las alteraciones del humedal. Por último, se identificarán diferentes planes o estrategias de gestión territorial y ambiental con el fin de que tanto la obra como las buenas prácticas seleccionadas vayan en línea con estos instrumentos.

Entendiendo que los humedales son parte de una red hidrológica mayor en la que la conectividad se considera el eje estructurante de su salud ecosistémica[35]. Para esta caracterización se seleccionará la subcuenca ya delimitada por DGA como unidad territorial de análisis. En la mayoría de los casos, con excepción de humedales localizados en las partes bajas de la cuenca o en desembocaduras a cuerpos de agua mayor, la subcuenca DGA será mayor a la cuenca hidrológica aportante al humedal. De esta forma se podrá estudiar con un enfoque más integral los ecosistemas aledaños e hidrológicamente conectados. Una representación esquemática de la conectividad hidrológica de diversos humedales ubicados en una misma subcuenca se muestra en la **Figura C3. 13**.

[32] https://dga.mop.gob.cl/estudiospublicaciones/mapoteca/Paginas/Mapoteca-Digital.aspx
[33] https://bibliotecadigital.ciren.cl/items/a68ca5c5-6b9d-44bf-8743-c23e9b44bda3
[34] https://sit.conaf.cl/
[35] La conectividad hidrológica como eje central de la salud de los ríos. (Poff, 2019; Wohl et al., 2019)

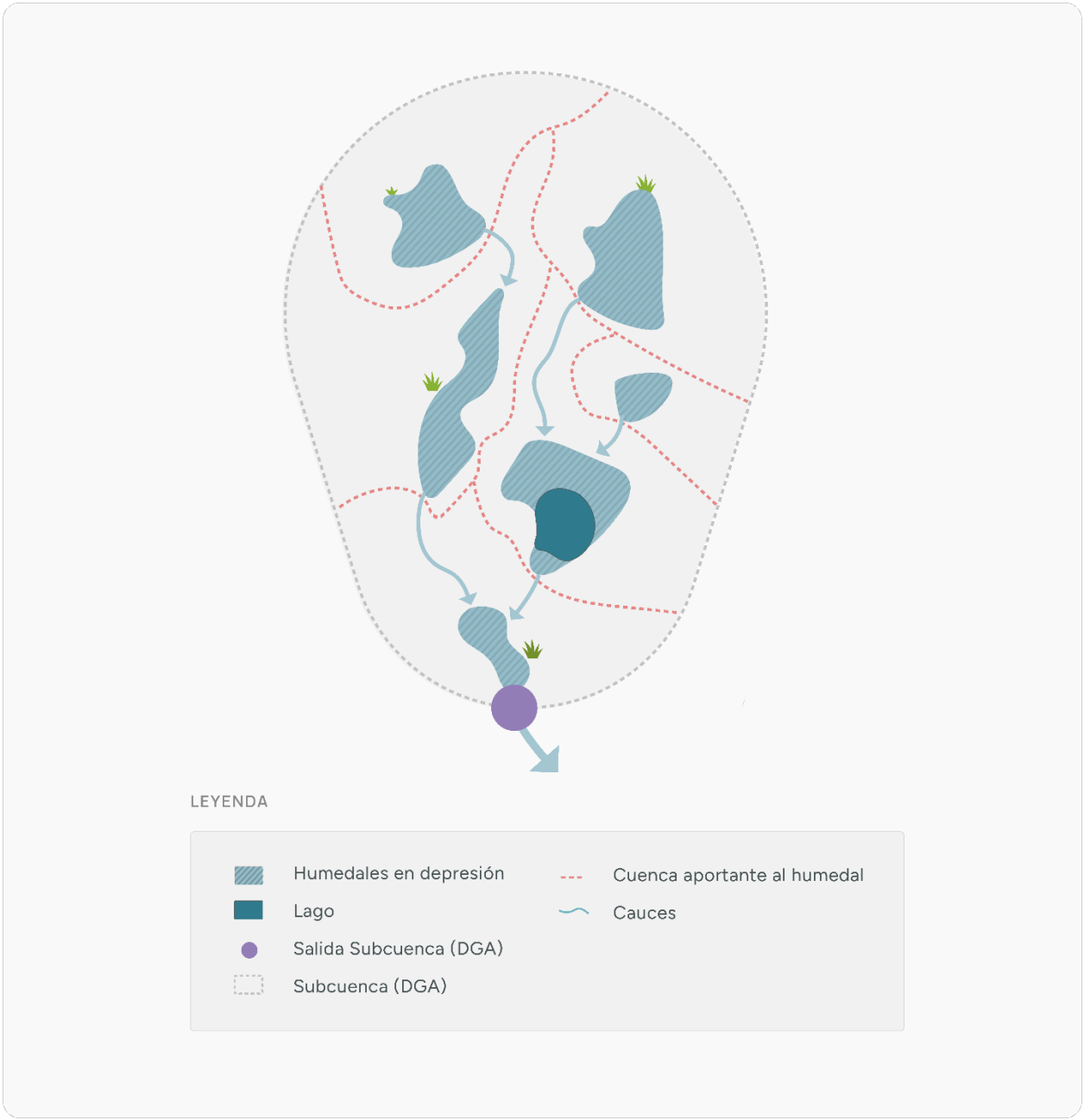


Figura C3. 13. *Representación esquemática de la conectividad hidrológica de diversos humedales ubicados en una misma subcuenca. Fuente: Elaboración propia en base a Stengard et al (2020).*

Identificación de ecosistemas acuáticos y su conectividad

La **Tabla C3. 5** muestra capas de información geográficas útiles para identificar ecosistemas de relevancia. Se recomienda elaborar cartografías a escala de subcuenca con esta información de tal forma de estudiar su relación y conectividad.

Tabla C3. 5. Capas de información geográfica útiles para identificar ecosistemas de relevancia y estudiar su conectividad. Fuente: Elaboración propia.

Información	Autor	Enlace
Inventario Nacional de Humedales	MMA	https://apps.mma.gob.cl/visorsimbio
Áreas Protegidas	MMA	https://apps.mma.gob.cl/visorsimbio
Sitios Prioritarios	MMA	https://apps.mma.gob.cl/visorsimbio
Otras Medidas de Conservación	MMA	https://apps.mma.gob.cl/visorsimbio
Áreas Silvestres SNASPE - RAMSAR	CONAF	https://ide.minagri.gob.cl/geoweb/2019/11/21/medio-ambiente/
Embalses, glaciares y lagos	DGA	https://dga.mop.gob.cl/estudiospublicaciones/mapoteca/Paginas/Mapoteca-Digital.aspx

Identificación de amenazas

Existen múltiples amenazas que podrán afectar la resiliencia del humedal. En la Tabla 4 se listan una serie de amenazas generales aplicables a escala de subcuenca. La identificación de amenazas para cada humedal es caso específico y deberán considerarse en interacción con las alteraciones potenciales del proyecto u obra. La **Tabla C3. 6** lista una serie de fuentes de información pública y genérica que pueden ser útiles para este proceso y podrá ser complementada caso a caso según información territorial.

En este punto es importante diferenciar entre amenazas directas y factores contribuyentes[36]:

- **Amenazas Directas:** son principalmente actividades humanas o procesos que han causado, están causando o podrían causar la destrucción degradación o deterioro de un Objeto de Protección.
- **Factores Contribuyentes:** son factores que influyen sobre la ocurrencia de una amenaza directa.

La **Tabla C3. 7** muestra capas de información geográficas útiles para identificar amenazas y factores contribuyentes.

Tabla C3. 6. Amenazas directas sobre humedales. Fuente: Traducido de Conservation Measures Partnership (2016) CMP Direct Threats Classification v 2.0

Clasificación de amenazas directas CMP v.2.0
1. Desarrollo Residencial y Comercial
1.1. Áreas urbanas y de vivienda
1.2 Áreas comerciales e industriales
1.3 Áreas de turismo y recreación
2. Agricultura y Acuicultura

[36] MMA – ONU Medio Ambiente, 2023. Guía para la elaboración de planes de gestión integral de humedales y sus cuencas aportantes. Elaborada por el Laboratorio de Planificación Territorial de la Universidad Católica de Temuco. Equipo Consultor Proyecto GEF/SEC ID: 9766 “Conservación de humedales costeros de la zona centro sur de Chile”. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile.

Clasificación de amenazas directas CMP v.2.0
2.1 Cultivos agrícolas
2.2 Plantaciones forestales
2.3 Ganadería y pastoreo
2.4 Acuicultura marina y de agua dulce
3. Minería y producción de energía
3.1 Explotación de gas y petróleo
3.2 Minería y extracción de minerales
3.3 Energías renovables
4. Corredores de transporte y servicios
4.1 Caminos y vías férreas
4.2 Líneas de servicios
4.3 Rutas marítimas
4.4 Rutas aéreas
5. Uso de recursos biológicos
5.1 Caza y recolección de animales terrestres
5.2 Recolección de plantas terrestres
5.3 Explotación maderera
5.4 Pesca y recolección de productos acuáticos
6. Intrusión y perturbaciones humanas
6.1 Actividades recreacionales
6.2 Guerra, agitación social y ejercicios militares
6.3 Trabajo y otras actividades
7. Modificaciones del sistema natural
7.1 Incendios y control de incendios
7.2 Represas y manejo/uso del agua
7.3 Otras modificaciones del ecosistema
7.4 Remoción/Reducción de regímenes humanos
8. Especies invasoras y problemáticas, patógenos
8.1 Especies exóticas invasoras
8.2 Especies nativas problemáticas
8.3 Material genético introducido
8.4 Microbios y patógenos
9. Contaminación
9.1 Aguas servidas domiciliarias y urbanas
9.2 Residuos industriales líquidos
9.3 Efluentes forestales y agrícolas
9.4 Basura y residuos sólidos
9.5 Contaminación aérea
9.6 Exceso de energía
10. Eventos geológicos
10.1 Volcanes
10.2 Terremotos / Tsunamis
10.3 Avalanchas / Derrumbes
11. Cambio climático
11.1 Alteración y cambio de los ecosistemas
11.2 Cambios en regímenes geoquímicos
11.3 Cambios en regímenes de temperatura
11.4 Cambios en precipitación y regímenes hidrológicos
11.5 Eventos climáticos extremos / severos

Tabla C3. 7. Capas de información geográfica útiles para identificar amenazas y presiones. Fuente: Elaboración propia.

Información	Autor	Enlace
Usos de Suelo	CONAF	https://sit.conaf.cl/
Unidades Fiscalizables	SMA	https://snifa.sma.gob.cl/UnidadFiscalizable
Zonas de concesión Pesquera	SUBPESCA	https://mapas.subpesca.cl/ideviewer
Zonas de concesión minera	SERNAGEOMIN	https://www.sernageomin.cl/catastro-minero/
Centrales de Generación	CNE	https://energiamaps.cne.cl/
Cambio Climático - Arclim	MMA	https://arclim.mma.gob.cl/
Turismo	Subsecretaría de Turismo	https://www.subturismo.gob.cl/desarrollo-de-destinos-y-gestion-territorial/zonas-de-interes-turistico/zoit-declaradas/
Evento Geológicos – Volcanes Activos	SERNAGEOMIN	https://rnvv.sernageomin.cl/

Identificación de planes de gestión territorial y/o ambiental

Existen múltiples planes de gestión territorial y ambiental que entregan lineamientos de gestión del uso de suelo y recursos naturales de una determinada área geográfica. Algunos de estos serán vinculantes en cuanto a la relación de la obra con el humedal de interés, así como también diversas normativas existentes. En la **Tabla C3. 8** se muestra un listado de diversas estrategias, planes y normativas que podrían ser de utilidad dependiendo del caso.

Tabla C3. 8. *Estrategias y Planes de gestión territorial y ambiental. Fuente: Elaboración propia.*

Estrategias
Estrategia Regional de Desarrollo
Estrategia Regional de Biodiversidad
Estrategia Nacional de Biodiversidad (2017 - 2030)
Planes
Plan Regional de Desarrollo Urbano
Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT)
Plan Nacional de Humedales
Plan de Acción de Turismo Sustentable en Áreas Protegidas
Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO)
Plan de Desarrollo Turístico (PLADETUR)
Plan Regulador Intercomunal (PRI)
Plan Regulador Comunal (PRC)
Planes Municipales de Cultura (PMC)
Plan de Acción Regional de Cambio Climático (PARCC)
Decretos y normativas
Zonas de Interés Turístico (ZOIT)
Zonificaciones del Borde Costero
Zonas saturadas y latentes
Decretos de Escasez Hídrica
Normas Secundarias de Calidad del Agua
Declaraciones de agotamiento de aguas superficiales
Decretos de reserva
Áreas de restricción de aguas subterráneas
Zonas de prohibición de aguas subterránea
Acuíferos protegidos (vegas y bofedales)
Sistema Nacional de áreas silvestres protegidas del Estado
Sitios Ramsar

El **Anexo 6** muestra una aplicación práctica para caracterizar el humedal de interés, su área de sustento y subcuenca, utilizando al Humedal Urbano La Marina ubicado en Puerto Varas como caso de estudio.

3.2.5. Indicadores de viabilidad ecológica

La evaluación de viabilidad es parte de la metodología "Estándares de Conservación" o "Estándares Abiertos" (*Conservation Standards*)[37], una metodología flexible que ha sido adaptada para este estudio en particular. La viabilidad ecológica se define como "*El estado o salud de un ecosistema o una población de una determinada especie. Indica la capacidad de un objeto de conservación para resistir o recuperarse de la mayoría de las perturbaciones naturales o antropogénicas y, por tanto, de persistir durante muchas generaciones o durante largos períodos de tiempo"* [38].

El desarrollo de las obras MOP conlleva potenciales alteraciones sobre los humedales que pueden afectar su viabilidad ecológica. Para ello es necesario contar con indicadores que permitan por un lado describir el humedal de interés y, por otro, cuantificar diversos parámetros para evaluar su estado en diversas etapas o procesos relacionados a la EIA.

Los **Indicadores** se organizan según cinco **Objetos de Protección** (OP) asociados a humedales, los que a su vez se componen de diversos **Atributos Ecológicos Clave** (AEC). Estos conceptos son compatibles y homólogos con el lenguaje técnico y legal utilizado en el SEIA (Ver **Anexo 1 Glosario de terminología legal**):

- **Objeto de Protección** (OP): Se refiere al componente ambiental que se busca proteger de potenciales alteraciones de un proyecto u obra. Cada OP se caracteriza por un conjunto acotado de Atributos Ecológicos Clave (AEC). Los OP son aquellos señalados en la "Guía para la predicción y evaluación de impacto ambiental en humedales en el SEIA" (2023).
    - 1) Agua, 2) Flora y Vegetación, 3) Fauna, 4) Suelo y 5) Ecosistema.

- **Atributos Ecológicos Clave** (AEC): Componentes de un OP que se miden mediante indicadores de viabilidad ecológica. Los AEC permiten determinar el estado actual de un humedal y son "clave", ya que, sin ellos, el OP no tiene viabilidad ecológica.

- **Indicador**: Son variables específicas que describen la condición física, química y biológica del humedal. Esta información cuantitativa determina el estado del AEC. Sus rangos o umbrales para la salud del ecosistema son diferentes para cada caso y tipo de humedal, por lo que no es posible determinarlos a priori. Pueden definirse uno o más indicadores para cada AEC en función del tipo de humedal, sus factores forzantes y aspectos más sensibles.

[37] CMP. (2020). Estándares Abiertos para la Práctica de la Conservación Versión 4.0 español.
[38] Foundations of Success. (2009). Conceptualización y Planificación de Proyectos y Programas de Conservación: Manual de Capacitación.

Descripción de Atributos Ecológicos Clave que se miden con los indicadores de viabilidad ecológica

Los OP provienen directamente de la “Guía para la predicción y evaluación de impacto ambiental en humedales en el SEIA” (2023). Los AEC agrupan indicadores de la estructura y funcionamiento para asegurar su viabilidad ecológica. En la **Figura C3. 14** se presenta la relación entre estos OP y los AEC.

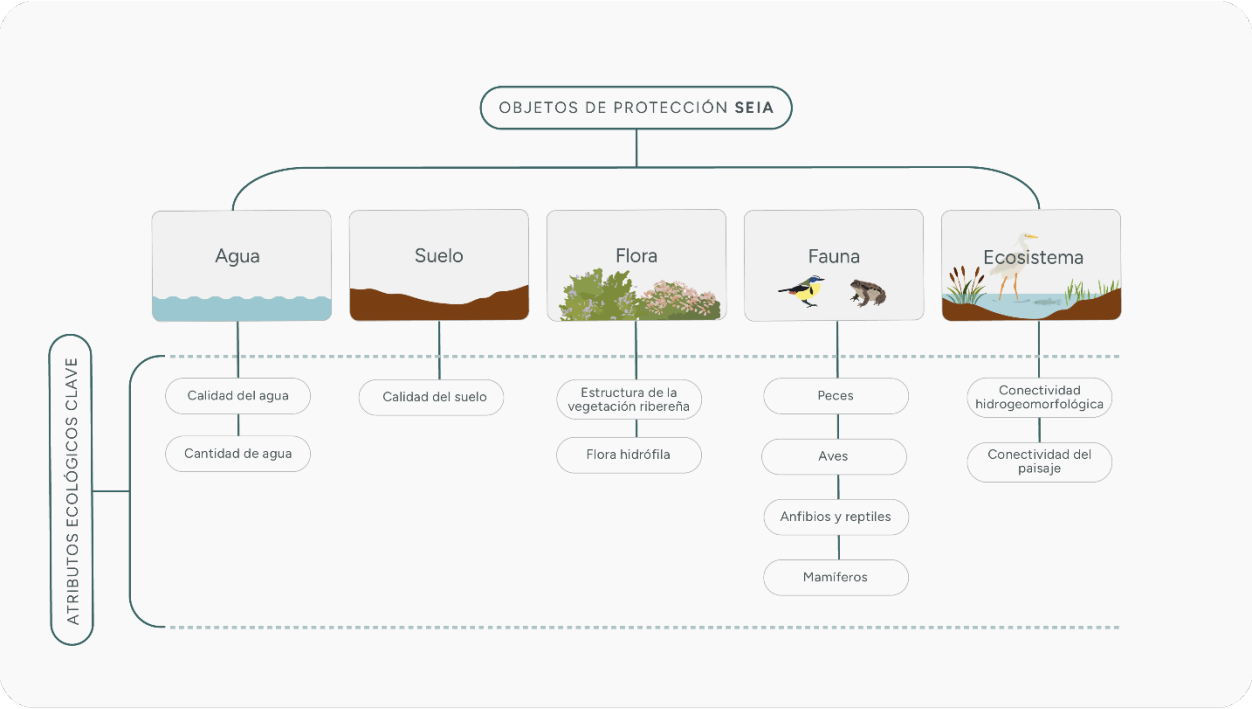


Figura C3. 14. *Atributos Ecológicos Clave que componen los Objeto de Protección. Fuente: Elaboración propia.*

A continuación, se describen los AEC propuestos para ser utilizados en el marco de análisis de alteración de humedales según el literal s):

- **Calidad del agua:** Este atributo cuantifica propiedades físicas, químicas y biológicas del agua. En general, la calidad del agua se evalúa comparando las características fisicoquímicas de una muestra de agua con directrices o estándares internacionales de calidad del agua. Algunos parámetros que se miden son la presencia de contaminantes, concentración de nutrientes, nivel de oxígeno, transparencia, conductividad eléctrica, entre otros. El valor y variabilidad que tienen estos indicadores tiene una relación directa con la biodiversidad y supervivencia de los organismos acuáticos presentes.

- **Cantidad de agua:** La disponibilidad del agua y su variación en el tiempo provee la base para el desarrollo del suelo hídrico y vegetación hidrófila. Se mide, dependiendo del tipo de humedal, a través del caudal, profundidad, volumen o área del espejo de agua. En algunos casos, la profundidad de podrá estar por debajo de la cota del suelo, lo que se denominan aguas subterráneas (napa o capa freática). La cantidad del agua cambia en el tiempo en función de variaciones climáticas, geológicas y de cobertura de suelo como también a intervenciones antrópicas. Algunos indicadores son la magnitud mensual de las condiciones

del agua y el tiempo de ocurrencia de las condiciones extremas anuales. Estas variables condicionan la estructura y el funcionamiento del humedal.

- **Calidad del suelo:** La calidad del suelo se refiere a la capacidad de un suelo para sostener funciones ecológicas específicas (e.g. retención de agua, ciclado de nutrientes, prevención de la erosión) o mantener ciertas condiciones que son beneficiosas para las plantas, los animales y microorganismos. Para comprender la calidad del suelo, se estudia el perfil del suelo, en el cual se identifican sus "horizontes" o capas a diferentes profundidades formadas por procesos como la descomposición de la materia orgánica, el arrastre de sedimentos y la meteorización de roca madre. El conocimiento del perfil del suelo es esencial para evaluar impactos ambientales, mitigar impactos negativos o proponer mecanismos de recuperación de suelo en áreas degradadas. Notar que no se incorporó "cantidad de suelo" como AEC ya que el indicador "Horizontes del perfil de suelo" se incluye dentro del AEC "calidad de suelo" y a su vez cuantifica la cantidad de suelo mediante la profundidad de cada horizonte.

- **Vegetación ribereña:** La vegetación ribereña se compone por comunidades vegetales que conforman la transición entre el ecosistema acuático y el ecosistema terrestre. La presencia de vegetación ribereña cumple funciones ecológicas cómo la estabilización del suelo a través de las raíces que ayudan a prevenir la erosión de las orillas. Otra función importante es su importancia para otros AEC como la fauna, ya que proporciona hábitats ricos y diversos para una variedad de especies de vida silvestre. También puede actuar como una barrera natural que filtra contaminantes y nutrientes en exceso antes de que se acumulen en el agua.

- **Flora hidrófila**[39]**:** Corresponde a la flora que crece en sustratos saturados de agua de manera permanente o temporal, pueden ser ambientes acuáticos de agua dulce, salobre o salada. Estas plantas y algas han desarrollado adaptaciones estructurales y morfológicas para sobrevivir en suelos saturados. Su tolerancia ambiental es reducida, son muy sensibles a cambios de profundidad, temperatura, pH, luz y concentración de oxígeno. Las formas de vida de las plantas acuáticas (o macrófitas) pueden ser: sumergidas arraigadas, sumergidas libres, natantes, y flotantes libres de superficie. Su presencia, abundancia y diversidad ofrece información indirecta sobre la calidad del agua. Por ejemplo, la proliferación de ciertas especies de algas puede indicar un estado de eutrofización del humedal caracterizado por la acumulación de nutrientes y el agotamiento de oxígeno disuelto.

- **Peces:** La mayoría de los sistemas acuáticos (agua dulce, salda o salobre) poseen especies de peces. En el contexto de este estudio, los humedales significativos son humedales continentales de agua dulce. La fauna íctica nativa de Chile es reducida, en total existen 45 especies de peces dulceacuícolas, de los cuales 86% se encuentran amenazados[40]. Otra

[39] La Guía de Área de Influencia de Humedales en el SEIA (2023) define la **flora hidrófila** como la vegetación que se caracteriza por estar vinculada a la disponibilidad de agua y saturación del suelo. En humedales es posible reconocer diversas formas de vida vegetal que dependen de las condiciones hídricas, por ejemplo las formas **hidrófitas** (sumergidas y natantes) y **helófitas** (mayor tolerancia a la salinidad). Las especies **higrófitas** no se consideran como especies hidrófilas, pero pueden acompañar la flora de humedales, situándose sobre suelos húmedos en los bordes de estos ecosistemas, donde acompañan a las especies **helófitas.**

[40] Ministerio del Medioambiente. 2024. Clasificación de especies según estado de conservación. <https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/>

particularidad de este grupo de fauna, es que existe un alto nivel de endemismo y micro endemismo. Es decir, especies de peces que habitan exclusivamente una cuenca, o incluso sólo un lago, por ejemplo, el caso del género *Orestia spp*. que tiene especies que viven en diferentes lagos del altiplano. La presencia de peces contribuye al ciclo de nutrientes y su presencia generalmente indica que el resto de la cadena trófica se encuentra dentro de parámetros saludables. Son altamente sensibles a las condiciones de calidad, cantidad y temporalidad del agua para el desarrollo de su ciclo de vida, por lo que responden rápidamente a los cambios de las condiciones ambientales.

- **Aves:** La avifauna de los humedales se refiere al conjunto de aves que habitan o utilizan los humedales, los cuales proporcionan recursos esenciales para la alimentación, reproducción y refugio. La avifauna incluye aves residentes, migratorias y visitantes ocasionales. Muchas especies de aves que migran estacionalmente utilizan los humedales como sitios de descanso y alimentación durante sus rutas migratorias, lo que resulta vital para su sobrevivencia. Los cambios en las poblaciones de aves pueden señalar alteraciones en la calidad del hábitat.

- **Anfibios y reptiles:** Los anfibios y reptiles son animales vertebrados que se agrupan en una categoría denominada “herpetofauna.” En los humedales actúan como reguladores de poblaciones de insectos mediante la depredación. A su vez, son presa de otros grupos de fauna como aves y mamíferos. En Chile, existen 63 especies de anfibios, de las cuales 70% son especies endémicas y todas se encuentran en alguna categoría de conservación. Por otra parte, los reptiles en Chile presentan en total 135 especies, de las cuales 68 están en categoría de conservación vulnerable, amenazada o crítica. Si bien los reptiles no son predominantes en humedales, es un grupo extremadamente sensible y con alto endemismo. Existen algunos géneros de reptiles que se asocian más comúnmente a los humedales como el género *Phymaturus spp*. Las principales amenazas de la herpetofauna son la destrucción de hábitat, la contaminación, el uso de pesticidas, el cambio climático y la introducción de especies exóticas invasoras. Los anfibios y reptiles están en mayor peligro que las aves y los mamíferos, por la que su presencia tiene implicancias determinantes en el desarrollo de proyectos de infraestructura.

- **Mamíferos:** La diversidad de mamíferos en los humedales puede incluir especies acuáticas y terrestres. Las especies de mamíferos nativos predominantes en humedales son el coipo, el huillín y el chungungo. Este último habita humedales costeros o zonas de transición con agua salobre. Este grupo de fauna se encuentra en la cúspide de la cadena trófica, dependiendo para su alimentación de la depredación de otros animales (peces, aves, crustáceos). También existen mamíferos terrestres que ocupan los humedales como hábitat para refugio, reproducción y alimentación. Por ejemplo, zorros, roedores, pudú, güiña, puma, entre otros. Estas especies se acercan a los humedales por su funcionalidad en un contexto de paisaje: proveer parches y corredores biológicos que conectan diferentes hábitats.

- **Conectividad hidrogeomorfológica:** La conectividad hidrogeomorfológica de los ecosistemas acuáticos se refiere a la interrelación y continuidad de los procesos hidrológicos y geomorfológicos dentro de una cuenca hidrológica. La consideración de este AEC es necesaria especialmente para humedales de tipo río. En sistemas fluviales está descrito que existen cuatro dimensiones de conectividad: tres dimensiones espaciales (longitudinal, vertical y lateral) y una dimensión temporal (variabilidad natural o régimen de caudal natural). Los indicadores de este AEC se desprenden de estas dimensiones de conectividad. Por ejemplo, la interacción entre el río y su área de inundación. La conectividad hidrogeomorfológica

permite sostener un equilibrio dinámico entre tres procesos principales: la erosión, el transporte y el almacenamiento o acumulación de sedimentos. Estos procesos determinan la expresión física (forma) de los ríos y también los procesos funcionales que cumplen a escala de cuenca.

- **Conectividad del paisaje:** Se refiere a la composición y estructura de un paisaje, el cual se entiende como un "mosaico" de fragmentos o parches de hábitat, corredores biológicos y una matriz en la cual están insertos estos parches y corredores. Los parches de hábitat son áreas que ofrecen condiciones específicas para el desarrollo de la vida de las especies y pueden incluir bosques, humedales, praderas, entre otros. Estos parches tienen características importantes que determinan la viabilidad ecológica del humedal a escala de paisaje. Concretamente la forma y tamaño de los parches define el "efecto borde", es decir, el grado de exposición que tiene un parche de hábitat al resto de la matriz circundante. Por ejemplo, un parche de menor tamaño tiene un borde (perímetro) más significativo proporcionalmente con respecto a su área total que un parche de mayor tamaño. La conectividad entre estos parches es crucial para el tránsito, la migración y el intercambio genético entre poblaciones distantes de diferentes especies. Una característica preponderante de los humedales de tipo río es que cumplen la función de corredores biológicos, por esto, se relaciona estrechamente con el AEC "estructura de la vegetación ribereña".

Selección de indicadores de viabilidad ecológica

Los AEC representan aspectos generales del ecosistema y, al mismo tiempo, tienen múltiples formas de ser caracterizados. Así, se hace necesario desarrollar indicadores específicos para evaluar el estado de salud de los AEC en el tiempo. En base a revisión bibliográfica se identificaron más de 150 indicadores que permiten cuantificar el estado de salud de los AEC. Sobre estos indicadores se llevó a cabo un filtro basado en factibilidad y aplicabilidad para el estudio según criterio de experto. Como resultado se obtuvo un listado final de 66 indicadores para los que se detalla (ver **Anexo digital 1** "Matriz de Indicadores"):

La identificación de indicadores es **estratégica para el titular,** ya que establece un marco de estándares que puede ser utilizado en diferentes procesos interrelacionados, como la evaluación de impacto ambiental o el seguimiento de buenas prácticas (**Figura C3. 15**).

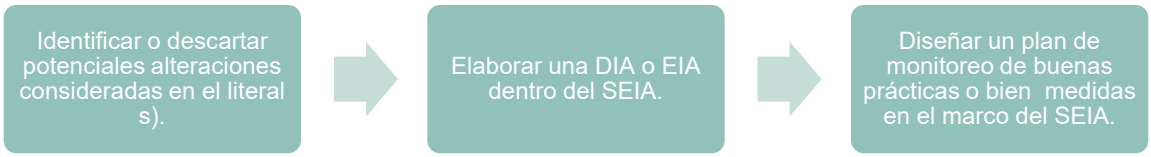


Figura C3. 15*.Versatilidad de los indicadores de viabilidad ecológica para aplicar en diferentes procesos del MOP para ejecutar obras viales y fluviales en proximidad de humedales afectos al literal s). Fuente: Elaboración propia.*

La versatilidad de los indicadores para ser aplicados en estos diferentes procesos permite optimizar el trabajo invertido. Al identificar los indicadores adecuados inicialmente, éstos pueden ser utilizados sucesivamente en las etapas que requiera el titular, sin repetir esfuerzos. No es necesario emplear todos los indicadores, sino seleccionar aquellos pertinentes a las características del humedal y potenciales alteraciones de las obras MOP. Muchos de estos indicadores se pueden medir

simultáneamente, lo que facilita la recopilación de datos y optimiza recursos y tiempo durante el monitoreo en terreno.

La **Tabla C3. 9** muestra el listado de los indicadores clasificados según OP y AEC. Esta sección se acompaña del producto digital "**Matriz de indicadores**" en la que se explica detalladamente el listado de indicadores indicando los siguientes campos:

- El OP y AEC al que corresponde.
- Tipo de ecosistema en el que aplican (lótico = aguas corrientes o léntico = aguas detenidas).
- Descripción.
- Importancia.
- Unidad de medición.
- Instrumento de medición.
- Aspectos del diseño de monitoreo.
- Consideración en guías del SEA.
- Nivel de factibilidad de implementar el indicador.

Tabla C3. 9. *Listado de Indicadores de viabilidad ecológica seleccionados para evaluar los AEC según OP. Fuente: Elaboración propia.*

OP	AEC		Indicador
Agua	Calidad del agua	1	Concentración de oxígeno disuelto (OD)
		2	Saturación de oxígeno
		3	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)
		4	Demanda Química de Oxígeno (DQO)
		5	Nitrógeno total
		6	Amoniaco
		7	Nitrato y nitrito
		8	Fósforo total
		9	Temperatura
		10	pH
		11	Conductividad eléctrica
		12	Salinidad
		13	Potencial Óxido Reducción (REDOX)
		14	Sulfatos
		15	Cloruros
		16	Hidrocarburos (fijos y volátiles)
		17	Sólidos Disueltos Totales (TDS)
		18	Sólidos Suspendidos Totales (SST)
		19	Transparencia
		20	Macroinvertebrados bentónicos
	Cantidad de agua[41]	21	Magnitud mensual de las condiciones del agua
		22	Magnitud y duración de las condiciones extremas anuales
		23	Tiempo de ocurrencia de las condiciones extremas anuales

[41] Los indicadores seleccionados para cantidad y temporalidad de agua corresponden a los 5 grupos de parámetros hidrológicos de IHA (Indicators Hydrologic Alteration) (Richter et al., 1997), estos a su vez incluyen más de 30 parámetros categorizados según el grupo de indicador. En general estos indicadores se han aplicado en ríos y es por esta razón que se miden a través del caudal. Aun así, es posible aplicarlos a otros tipos de humedales y utilizar otras variables de medición como la profundidad, volumen de agua o área del espejo de agua, se decidió utilizar el concepto genérico "condición del agua" para la definición de indicadores. Según criterio de experto se podrá adoptar una u otra variable.

		24	Frecuencia y duración de los pulsos altos y bajos
		25	Tasa y frecuencia de cambio en las condiciones del agua

OP	AEC		Indicador
Suelo	Calidad del suelo	26	Horizontes del perfil de suelo
		27	Potencial Óxido Reducción (REDOX)
		28	Conductividad eléctrica
		29	pH
		30	Fósforo
		31	Nitrógeno
		32	Densidad aparente (Compactación, Porosidad)
		33	Granulometría
		34	Conductividad hidráulica o coeficiente de permeabilidad
Flora y vegetación	Estructura de la vegetación ribereña	35	Vegetación funcional en la franja ribereña
		36	Extensión lineal de la franja ribereña
	Flora hidrófila	37	Riqueza específica
		38	Abundancia total y específica
		39	Proporción o % de especies nativas/introducidas
		40	Presencia de especies en categoría de conservación
		41	Presencia de formaciones vegetales frágiles o escasas
		42	Índice De Braun-Blanquet
Fauna	Peces	43	Riqueza específica
		44	Abundancia total y específica
		45	Presencia de peces en categoría de conservación
		46	Evidencia de reclutamiento
	Aves	47	Riqueza específica
		48	Abundancia total y específica
		49	Presencia de aves en categoría de conservación
		50	Presencia de áreas de nidificación
		51	Presencia áreas de descanso de aves migratorias
	Anfibios y reptiles	52	Riqueza específica
		53	Abundancia relativa
		54	Presencia de especies de anfibios y reptiles en categoría de conservación
		55	Evidencia de reclutamiento
	Mamíferos	56	Riqueza específica
		57	Abundancia total y específica
		58	Presencia de especies de mamíferos en categoría de conservación
		59	Evidencia de reproducción o crianza
Ecosistema	Conectividad hidrogeomorfológica	60	Conectividad longitudinal
		61	Conectividad lateral
		62	Patrón del canal
		63	Sección transversal
		64	Sustrato del lecho
	Conectividad del paisaje	65	Tamaño de los parches de hábitat
		66	Forma de los parches de hábitat
		67	Presencia de corredores biológicos

Los rangos y umbrales de estos indicadores que permitan asegurar la viabilidad ecológica dependen del tipo de humedal, por lo que no es posible determinarlos a priori. Por ejemplo, un humedal palustre andino tendrá naturalmente condiciones de salinidad mayores que un humedal ribereño, por lo que cada humedal debe ser evaluado en función con los rangos esperables para este tipo de humedal. Para orientar al titular en identificar cuáles indicadores son relevantes para el caso y cómo definir los rangos y umbrales, se provee un listado de preguntas para orientar la selección (**Anexo 7**).

El listado de indicadores provee una evaluación de factibilidad tipo semáforo (**Tabla C3. 10**).

Tabla C3. 10. *Niveles de factibilidad de la medición de indicadores en términos de dificultad de mediciones, equipo necesario, personal especializado y costos. Fuente: Elaboración propia.*

Factibilidad	Criterio
Factible (1)	Indicador de fácil medición, generalmente se puede registrar directamente en terreno con un instrumento de medición que se vende ampliamente en el mercado.
Medianamente factible (2)	Indicador que requiere toma de muestras en terreno las cuales son fáciles de obtener, sin embargo, necesita de análisis posteriores en laboratorio lo cual puede significar un mayor costo.
Difícilmente factible (3)	Indicador que requiere toma de muestras específicas realizada por un operador experto, requiere de análisis posteriores en laboratorio y manejo de softwares que necesitan profesionales con experiencia en el área, esto significa un incremento en el costo económico y de tiempo.
Inviable en la práctica (4)	Indicador que, por diversas razones, resulta extremadamente difícil, costoso o imposible de medir de manera precisa, o cuya medición no aporta información relevante o confiable para el propósito deseado.

De forma complementaria, se recomienda seguir criterios del Foundations of Success (2009) de lo que se considera un **buen indicador**:

- **Medible** - Capaz de ser registrado y analizado en términos cuantitativos y cualitativos.
- **Preciso** – Definido de la misma manera por todas las personas o actores.
- **Consistente** - No cambia con el tiempo de manera que siempre mide lo mismo.
- **Sensible** - Cambia proporcionalmente en respuesta a los cambios reales en la condición siendo medida.

3.3. Caracterización de obras MOP

En esta sección se describen técnicamente las obras de conservación y construcción de tipo viales y fluviales que son foco de este estudio. El objetivo es identificar, dentro de las actividades de las obras, aquellos procedimientos de trabajo (obras, partes y acciones) que pueden **suponer** una potencial alteración de los objetos de protección del humedal. En las secciones siguientes del estudio, se utiliza esta información para identificar aquellos elementos de las actividades susceptibles de interactuar con el humedal o Aspectos Ambientales y los Cambios en el Humedal **potenciales**. Al integrar el análisis de la obra, es posible identificar los Factores Generadores de Impacto (FGI), los que se sistematizan mediante el concepto de Aspectos Ambientales (AA) en una matriz de alteraciones **potenciales**.

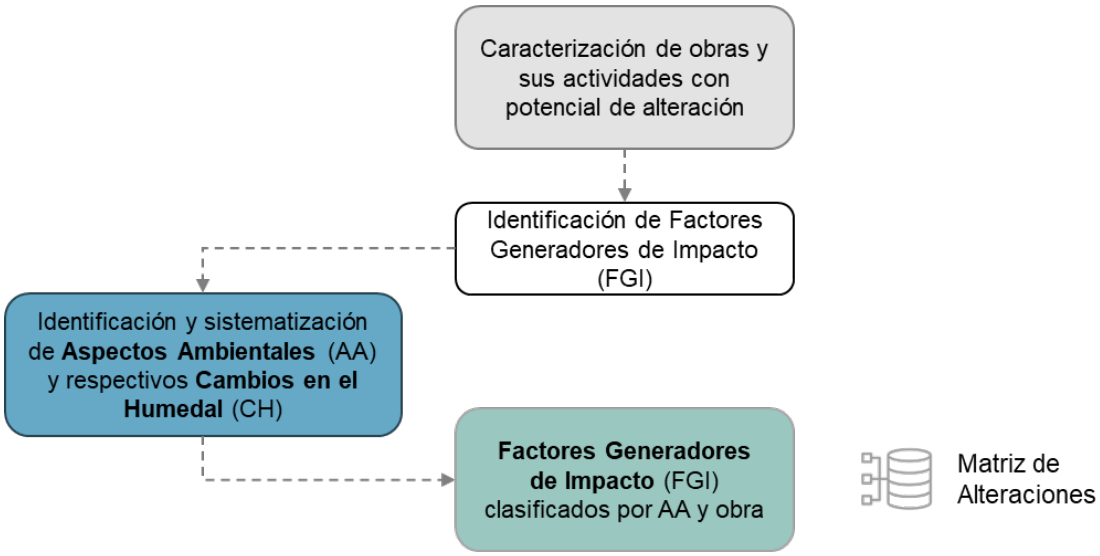


Figura C3. 16. *Relación entre la caracterización de obras y la sistematización de los FGI y AA en la matriz de alteraciones. Fuente: Elaboración propia.*

Los conceptos mencionados anteriormente y presentes en el diagrama se definen como:

- **Factor Generador de Impacto (FGI):** Partes, acciones o procesos de la obra que pueden causar impacto ambiental en alguna fase del proyecto.
- **Aspecto Ambiental (AA):** Aspectos propios de una obra, susceptible a interactuar con el medio ambiente.
- **Cambio en el Humedal (CH):** Alteraciones que ocurren en el humedal como efecto de los FGI. Pueden ser positivos o negativos. Pueden ser significativos o no significativos.

Desde el punto de vista del MOP, se observan tres etapas distintivas en el ciclo de vida de una obra[42]: instalación, ejecución y finalización. Cabe mencionar que todas las obras involucran mantención como parte de su ciclo de vida y se bordó de forma específica a través del análisis de una serie de obras de conservación. Cabe destacar que las etapas mencionadas anteriormente difieren de las etapas que considera el SEA en una EIA/DIA. Es importante mencionar esta distinción, puesto que será relevante en la medida que un proyecto ingrese al SEIA (ver **Tabla C5. 2**).

- **Etapa de instalación de la empresa constructora y entrega de terrenos:** marcan el inicio de actividades preparatorias y de ejecución de obras. Se incluyen aquí actividades como la planificación de la ejecución de los trabajos, la tramitación de permisos necesarios, elaboración de planes de manejo, apertura de empréstitos y botaderos e instalación de faenas.

- **Etapa de ejecución de obras:** consiste en la ejecución de diferentes actividades y procesos técnico-constructivos asociados a la obra. Para el caso de conservaciones viales cabe mencionar que la ejecución se realiza en frentes de trabajo, definidos en la planificación, y que implica el traslado de personal, materiales y maquinaria necesaria para la ejecución de los trabajos. En el caso de conservaciones fluviales, las obras son ejecutadas, generalmente, en un sitio particular.

- **Etapa de finalización de los trabajos:** incluye el cierre de las instalaciones con el retiro de maquinarias y personal, además del abandono de empréstitos y botaderos. Involucra también restituciones de suelo, vegetación y condiciones de drenaje del terreno, además de nivelaciones de terreo de acuerdo a la topografía original de los sitios. Para el caso de obras fluviales que requieren desvío de cauce, implica también la eliminación del desvío. En el caso de obras de construcción, puede implicar también la demolición por término de la vida útil de una obra que será reemplazada[43].

Las etapas de instalación y finalización se abordan de forma general considerando las similitudes que existen en las actividades. Aquí no se distinguen obras particulares, sino más bien elementos clave de cada etapa que pueden generar alteraciones. Estos son descritos en detalle indistintamente de si se trata de una obra de conservación, construcción, vial o fluvial. Por otro lado, le etapa de ejecución distingue entre obras de conservación, construcción, vial o fluvial, ya que el análisis de procedimientos de trabajo con potencial de generar alteraciones se realiza para cada obra considerando la especificidad de estas.

Tabla C3. 11. *Forma de abordar la identificación de alteraciones por elemento u obra. Fuente: Elaboración propia.*

Obra	Etapa de instalación	Etapa de finalización	Etapa de ejecución
Conservación	Abordaje general de elementos	Abordaje general de elementos	Abordaje por obras (#22 obras viales y #11 fluviales)
Construcción			Abordaje por obra tipo (puente y camino)

[42] El ciclo de vida es aplicable los tipos de obra que son parte del estudio: conservación, construcción, vial o fluvial.
[43] En el contexto de este estudio, las demoliciones se enfocan en puentes, dado que las actividades asociadas se realizan, generalmente, sobre humedales tipo río con el consecuente potencial de alteración.

En ambos casos, se provee un pormenorizado y descripción de las actividades y procedimientos de trabajo. Lo anterior se acompaña con un diagrama de flujo, en donde es posible identificar: el inicio y fin de las operaciones, diferentes procedimientos o actividades y cómo se relacionan, momentos que implican una toma decisión o alternativas de cursos de acción, productos de un proceso a actividad y las actividades que pudiesen generar alguna alteración en el humedal de interés, es decir, el objeto de protección o en otro humedal (**Figura C3. 17**). La descripción de los procedimientos de trabajo, junto con sus diagramas, se detalla en un anexo.

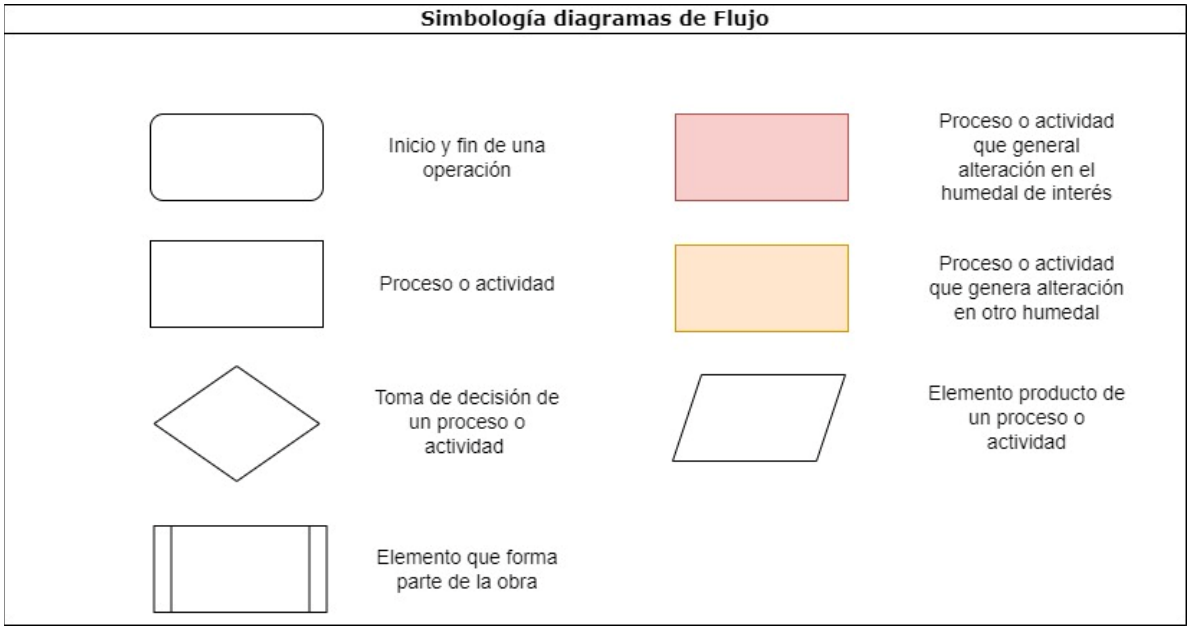


Figura C3. 17. *Simbología empleada en diagramas de flujo de descripción de procedimientos de trabajo. Fuente: Elaboración propia.*

En las páginas siguientes se introducen los elementos y obras que son descritos en profundidad en el **Anexo 8**. Estos se presentan según la etapa del ciclo de vida indicado anteriormente.

Tabla C3. 12. *Contenidos del anexo con descripción de procedimientos de trabajo. Fuente: Elaboración propia.*

Etapa	Contenidos
Etapa de instalación	Procedimientos de trabajo generales
Etapa de finalización	Procedimientos de trabajo generales
Etapa de ejecución: obras de conservación	Procedimientos de trabajo obras de conservación vial
	Procedimientos de trabajo obras de conservación fluvial
Etapa de ejecución: obras de construcción	Procedimientos de trabajo obra tipo puente
	Procedimientos de trabajo obra tipo camino

3.3.1. Etapa de instalación de la empresa constructora y entrega de terrenos

Durante esta etapa se realizan procedimientos enfocados a la planificación y ubicación de elementos necesarios para la ejecución del proyecto, incluyendo la instalación de faenas, apertura de empréstitos, plantas de producción de materiales (de incluir), acopios y apertura de botaderos. En caso de requerirse, esta etapa involucra la corta de vegetación para permitir la ejecución de las obras. También involucra la preparación de planes de manejo y tramitación de permisos.

La necesidad de tramitar estos elementos dependerá fundamentalmente de aquello que sea requerido en las bases del contrato, así como también las necesidades que implique la ejecución de las obras. Una vez identificados los requerimientos, se procede a la búsqueda de localización de los diferentes elementos, siguiendo las indicaciones en el manual de carreteras, la normativa vigente y criterios necesarios para la optimización de la logística en la ejecución de la obra.

En la etapa de instalación existen elementos que podrán generar alteraciones en otros humedales distintos al humedal que constituye el objeto de protección respecto de la obra. Si bien el literal s) aplica sólo a aquellas obras o actividades que impliquen una alteración física o química en un humedal asociado a límite urbano[44] (humedal de interés), existen elementos asociados a la obra que pueden generar alteraciones en otros humedales. Tal es el caso de empréstitos localizados en cauces naturales. Si bien el Plan de Manejo para para Apertura, Explotación y Abandono de Empréstitos incluye consideraciones ambientales, se consideró apropiado identificar las potenciales alteraciones en este y otros casos. Como se observa en la figura de simbología de los diagramas de flujo, estos elementos son identificados con un color particular para diferenciarlos. Así, el objetivo de identificar las alteraciones potenciales en actividades y procedimientos de trabajo fuera del humedal de interés es habilitar al titular para incorporar buenas prácticas y, con ello, lograr una aproximación ambiental integral de la obra.

[44] Humedal ubicado total o parcialmente dentro de un límite urbano, indistintamente de si está declarado o no.

A continuación, en la **Figura C3. 18**, se presenta un diagrama general de la etapa de instalación de la empresa constructora.

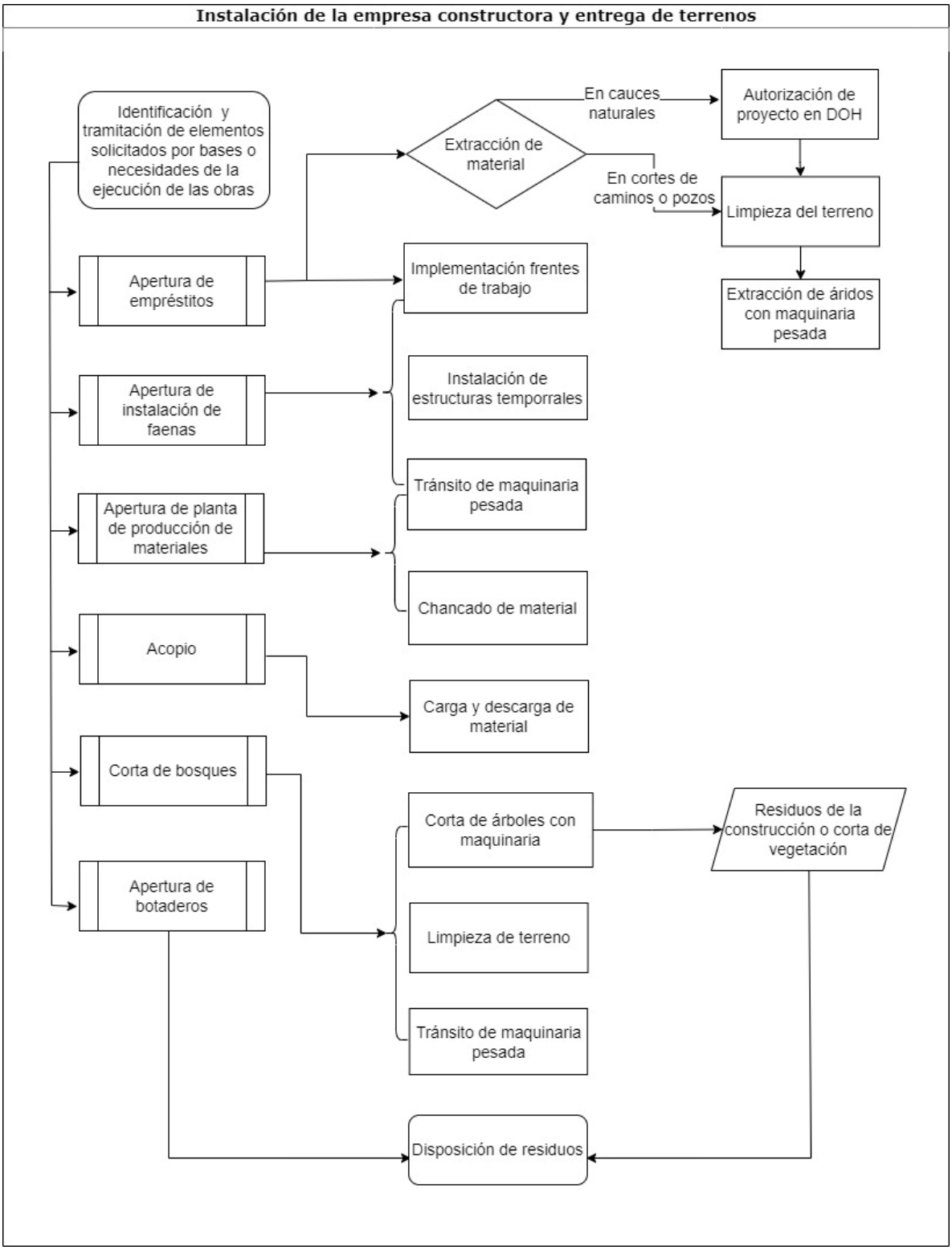


Figura C3. 18. *Instalaciones tramitadas al inicio del contrato. Fuente: Elaboración propia.*

3.3.2. Etapa de finalización de los trabajos

Una vez finalizados los trabajos de la ejecución de las obras, se procede del cierre de los elementos presentados en los diversos planes de manejo, tales como la instalación de faenas y abandono de empréstitos y botaderos. Cabe destacar que, en el caso de instalaciones de faenas, botaderos, empréstitos y plantas de producción de materiales, la zona alterada debe quedar en iguales o mejores condiciones de las que estaba en un inicio el sitio. Las especificaciones de dichos trabajos se indican en el manual de carretera y pueden incluir, limpieza, mejoramientos de suelo, revegetación y trabajos de paisajismo, nivelaciones topográficas para dejar el sitio en su estado original y correcciones para restaurar el drenaje y escurrimiento natural de las aguas, entre otras.

Al igual que en la etapa de instalación, existen elementos que podrán generar alteraciones en otros humedales alejados del sitio de la obra, los que se identifican de manera particular en los diagramas de flujo provistos en el anexo.

Un elemento distintivo de esta etapa es la remoción, desarme y/o demolición de todo tipo de estructura que se encuentre dentro del área de trabajo y que genere un problema con la óptima ejecución de la obra o cuando se necesario para su reemplazo. En el contexto de este estudio, los procedimientos de demolición se asocian con el desarme y/o demolición de puentes existentes debido al fin de su vida útil, proceso que se lleva a cabo, generalmente, una vez habilitado su reemplazo. En estos casos las piezas y elementos que se encuentren en buenas condiciones para ser empleadas en otros proyectos se almacenan temporalmente hasta su reutilización. En caso contrario, se gestiona su disposición en botadero autorizado para este fin. Para esta actividad no se requiere la presentación de un plan de manejo específico ni especial, sin embargo, se detallan las medidas e identificación de potenciales impactos dentro del Plan de Manejo Integral de la obra.

A continuación, en la **Figura C3. 19**, se presenta un diagrama general de la etapa de finalización de los trabajos.

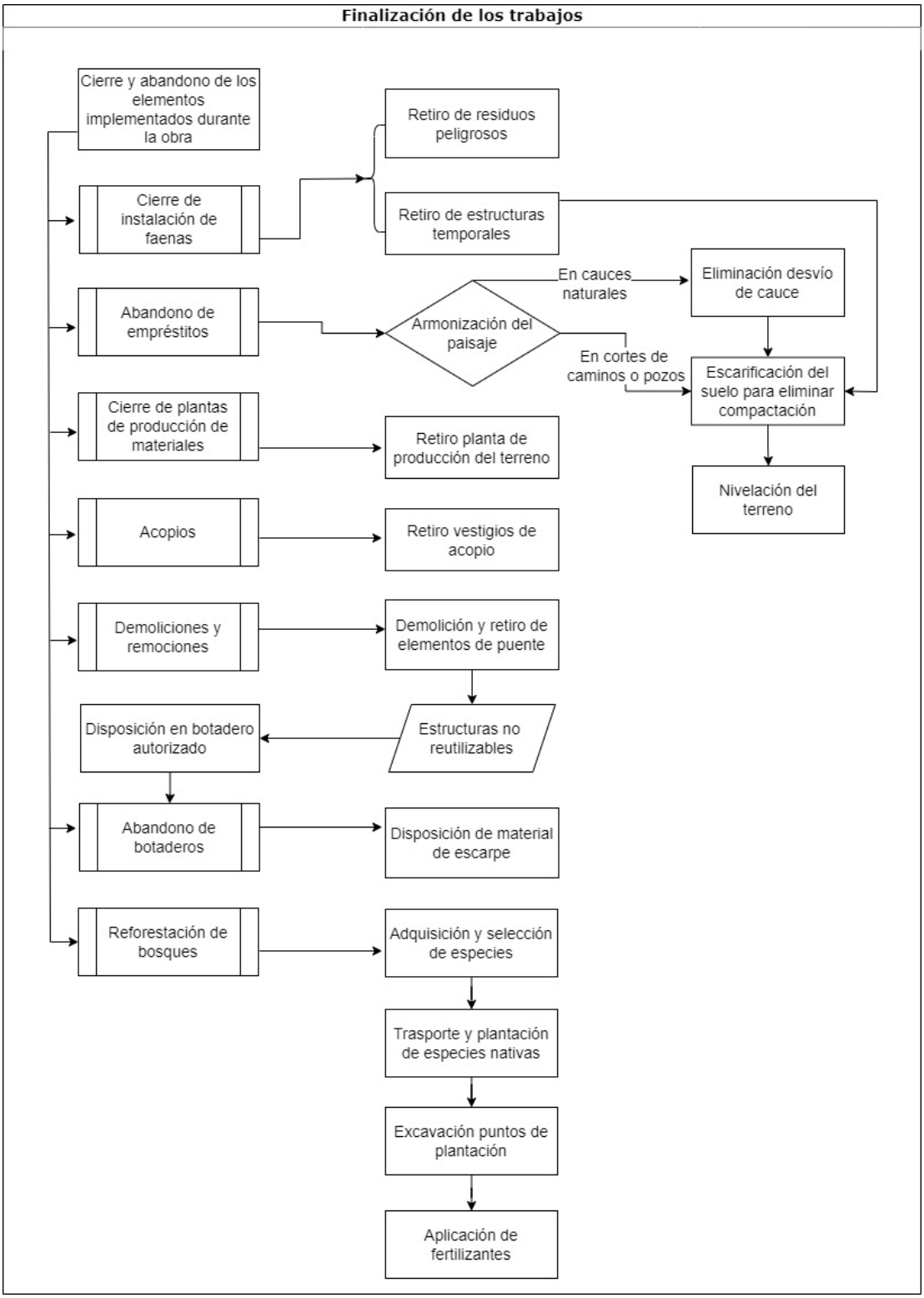


Figura C3. 19. *Cierre de elementos habilitados al inicio del contrato. Fuente: Elaboración propia.*

3.3.3. Etapa de ejecución: obras de conservación

Se describen y proveen diagramas de flujo para #22 obras de conservación viales y #11 obras de conservación fluviales. Por razones de similitud entre obras, algunas estas se agrupan para facilitar la descripción. Para dicha descripción se consideró la información del Manual de Carretera (MC), Volúmenes N°3, N°5 y N°7, el Instructivo para Catastrar y Conservar Obras de Defensas Fluviales y de Control Aluvional (DOH, 2016), experiencia de terreno de los profesionales del equipo y consultas a especialistas del MOP. El listado de las obras descritas y analizadas se presentan en el listado a continuación:

Tabla C3. 13. *Listado de obras de conservación vial y fluvial descritas. Fuente: Elaboración propia.*

Categoría	Tipo de obra	Subtipo de obra	Obra
Obra vial (DV)	Control de la nieve	Limpieza	Despeje de nieve.
	Mantenimiento vial	Limpieza	Limpieza de fosos, contrafosos y canales
		Limpieza	Limpieza de faja.
		Reconstrucción	Reconstrucción de la plataforma.
		Reconstrucción	Reconstrucción y conservación de descarga de agua.
		Reposición	Reemplazo de soleras.
		Reposición	Reposición de carpeta de concreto asfáltico.
		Reposición	Reposición de losas de hormigón.
		Reposición	Reposición de tablero de madera sobre vigas metálicas.
		Conservación	Conservación de alcantarillas.
		Conservación	Caminos de grava y suelos naturales.
		Conservación	Recebo de carpetas y bermas granulares.
		Conservación	Reparación de calzada con material integral.
		Conservación	Conservación y reparación de balsas de madera.
		Conservación	Conservación y reparación de puentes de hormigón y/o estructuras metálicas.
		Conservación	Conservación de islas, pasarelas y casetas de espera.
		Conservación	Conservación de lechos y obras fluviales
		Bacheo	Bacheo superficial.
		Bacheo	Bacheo superficial en frío en pavimentos de hormigón.
		Bacheo	Bacheo de carpetas granulares.
		Sellos	Sellos bituminosos.
		Montaje	Montaje de puentes modulares de emergencia.
Obra fluvial (DOH)	Conservación defensa fluvial y control aluvional	Enrocados, espigones y otras obras con roca	Revestimiento de riberas, protecciones de cepas, espigones, muros guardaradieres, etc.
		Enrocados, espigones y otras obras con roca	Revestimiento de ribera, muros transversales, espigones, revestimiento de fondos, etc.
		Mejoramiento de cauces	Rebajes, rectificaciones, perfiladuras, encauzamientos y semiencausamientos, despeje, extracción y desembanque.
		Protección de defensas vivas	Reforestación de cuencas hidrográficas.
		Muros de mampostería	Defensa rígida lineal en ribera.

Categoría	Tipo de obra	Subtipo de obra	Obra
		Muros de hormigón	Defensa rígida lineal en ribera.
		Obras de retención	Barreras estabilizadoras, pozas de decantación.
		Vías aluvionales	Canales revestidos.
	Conservación de aguas lluvias	Red primaria	Mantención de la red primaria de aguas lluvias.
		Red primaria	Retiro de material en cauces receptores
		Red secundaria	Conservación de colectores, hidrojet, reparación de tuberías, sumideros, cámaras, etc.

En la **Figura C3. 20** se presenta un esquema simplificado del ciclo de vida de una obra, identificando distintos elementos o faenas.

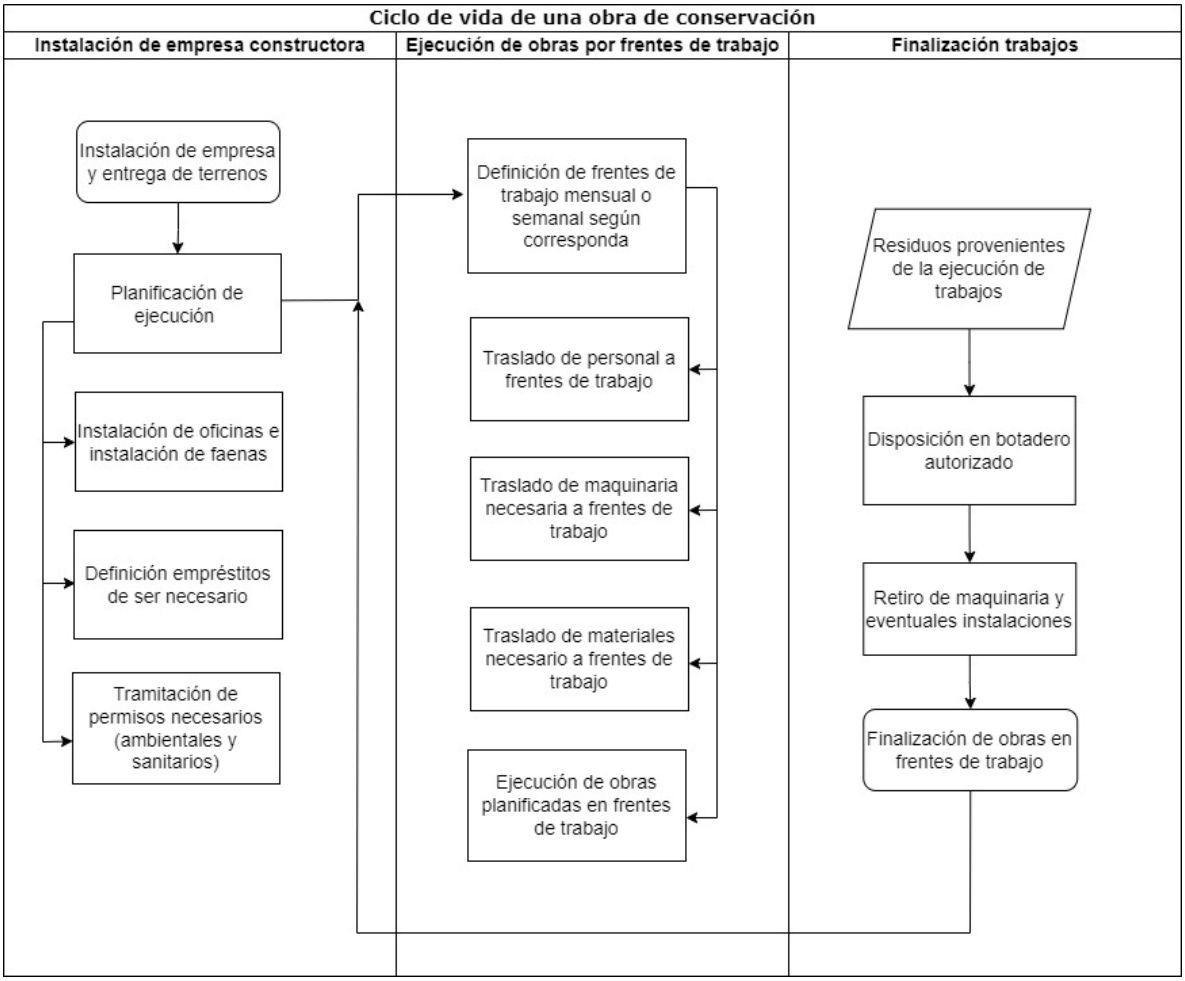


Figura C3. 20. *Etapas del ciclo de vida de una obra y sus principales elementos o faenas. Fuente: Elaboración propia*

Obras de conservación viales

Dentro de los trabajos llevados a cabo por el Ministerio de Obras Públicas a través de la Dirección de Vialidad, se encuentran aquellas obras destinadas a conservación de los caminos e infraestructura ya existente. El tránsito y uso a través del tiempo, las condiciones meteorológicas propias de cada ubicación geográfica y acciones antrópicas son factores que contribuyen a un generan un desgaste paulatino de la infraestructura. Es por ello por lo que, los contratos de conservación tienen como finalidad la mantención de las obras, así como también la mantención de la seguridad vial para la población usuaria y de forma más global, ser un aporte al patrimonio económico del país. Asociado a lo anterior, en la práctica se ejecutan tres tipos de contratos diferentes: contratos tradicionales, contratos globales y contratos globales mixtos. Estos se diferencian entre sí en aspectos como la red atendida, el plazo de ejecución y la ejecución de la programación de actividades. Por otro lado, poseen aspectos en común como la no incorporación de obras de mejoramiento y caminos básicos por conservación. En la **Tabla C3. 14** se provee un comparativo entre los tres tipos de contratos de conservación.

Tabla C3. 14. *Comparación entre tipos de contratos de conservación, haciendo referencia a aspectos tales como la planificación, tiempo de ejecución, extensión en Km, entre otros. Fuente: Elaboración propia en base a Manual de Carreteras, Volumen N°7, Mantenimiento Vial.*

Aspecto	Tipo Contrato Tradicional	Global	Global mixto
Planificación	De acuerdo con planificación estratégica, lineamientos del servicio y políticas generales.	De acuerdo con planificación estratégica y lineamientos del servicio y políticas regionales. Programación elaborada por Dirección de Vialidad, que el contratista suscribe en su oferta.	De acuerdo con nivel de servicio exigido en las partes definidas en las bases del contrato. Programación hecha por el contratista.
Obras de conservación	Según necesidades del Inventario de Conservación Vial (en adelante ICV). Atención sectorizada y orientada a operaciones periódicas.	Según necesidades del ICV y lineamientos de conservación. Incluye operaciones mayoritariamente rutinarias.	Según necesidades del ICV y lineamientos de conservación. Incluye operaciones mayoritariamente rutinarias. Según programa de kilómetros por mantener mensualmente con nivel de servicio.
Caminos básicos por conservación	Puede Incluir.	Puede Incluir.	Puede Incluir.
Obras de mejoramiento	No incluye.	No incluye.	No incluye.
Tipo de contrato	Sistema a serie de precios unitarios.	Sistema a serie de precios unitarios.	Suma alzada en partes por niveles de servicio (red pavimentada) y precios unitarios (red no pavimentada y obras periódicas en la red pavimentada).
Plazo de ejecución	Inferior a un año.	Generalmente dos años.	Generalmente cuatro años.
Extensión	Dependiendo de la obra.	400 – 600 km	400 – 600 km

Cabe mencionar que dentro de cada contrato se pueden presentar operaciones de conservación rutinaria, periódica, eventual y operaciones de conservación genérica. En la **Tabla C3. 15** se detallan las principales diferencias entre las operaciones de conservación mencionadas.

Tabla C3. 15. *Tipos de operaciones de conservación diferenciadas por su clasificación, finalidad y origen de deterioro. Fuente: Elaboración propia en base a Manual de Carreteras, Volumen N°7, Mantenimiento Vial.*

Aspecto	Tipo operación de conservación			
	Rutinaria	Periódica	Eventual	Genérica
Finalidad	Devolver la funcionalidad a elementos viales deteriorados.	Intervenciones o ajustes que necesariamente se deben generar de manera cíclica a fin de corregir posibles fallas o prevenir daños mayores.	Circunstancias eventuales que pueden generarse a través del transcurso del año.	Conservación para aun mismo tipo de elemento vial sin diferenciar en sus características más específicas o particulares.
Origen del deterioro	Independiente del nivel de tránsito y condiciones climáticas, incluye infraestructura que ha sufrido daños o siniestros.	Desgaste por efectos del clima, nivel y composición del tránsito, cambios en normativa y tiempo de servicio.	Diversos orígenes como condiciones climáticas, desgaste en el tiempo, tránsito, etc.	Diversos orígenes como condiciones climáticas, desgaste en el tiempo, tránsito, etc.

Considerando las características anteriores, dentro de un contrato de conservación global, se abarca un conjunto de caminos a lo largo de la extensión física y temporal del contrato, en los cuales se presentan diversas tipologías de obras. A fin de ejemplificar esta situación, se presenta en la **Figura C3. 21** la red de caminos que abarcó un contrato específico en la región de Los Ríos y en la **Figura C3. 22** un inventario gráfico de un camino ejecutado en dicho contrato de conservación Global Mixto.

Una vez instalada la empresa en sus respectivas oficinas e instalaciones de faenas, con los profesionales requeridos, se comienza con la planificación del proyecto, definiendo aquellos caminos que serán abordados con mayor prioridad. Esta priorización depende de diversos factores, ya sea por la urgencia de recuperar la conectividad, cercanía a empréstitos desde dónde se extraerá material en caso de ser necesario, disponibilidad de maquinaria, operadores, entre otros. En esta misma dinámica de priorización, se van identificando los frentes de trabajo ya sea semanal o mensualmente de acuerdo con el tipo de obra que se requiera. Para lo anterior, desde el punto de instalación de faenas u oficinas se desplaza el equipo hacia el punto en específico dónde se requiere realizar la obra conservación, pudiendo ser ejecutada dentro de un día o más. La maquinaria requerida según sea el caso, es trasladada dependiendo de si esta es un contrato externo por día, por mes o si es propiedad de la empresa constructora. Adicionalmente de acuerdo con lo expuesto en el Decreto N°594 que aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo, se hace necesaria la implementación de agua potable y baños en los frentes de trabajo, los cuales son de igual forma trasladados y requieren mantención periódica de limpieza y disposición final de residuos. Finalmente, son instalados contenedores de residuos domiciliarios los cuales serán dispuestos en lugares autorizados.

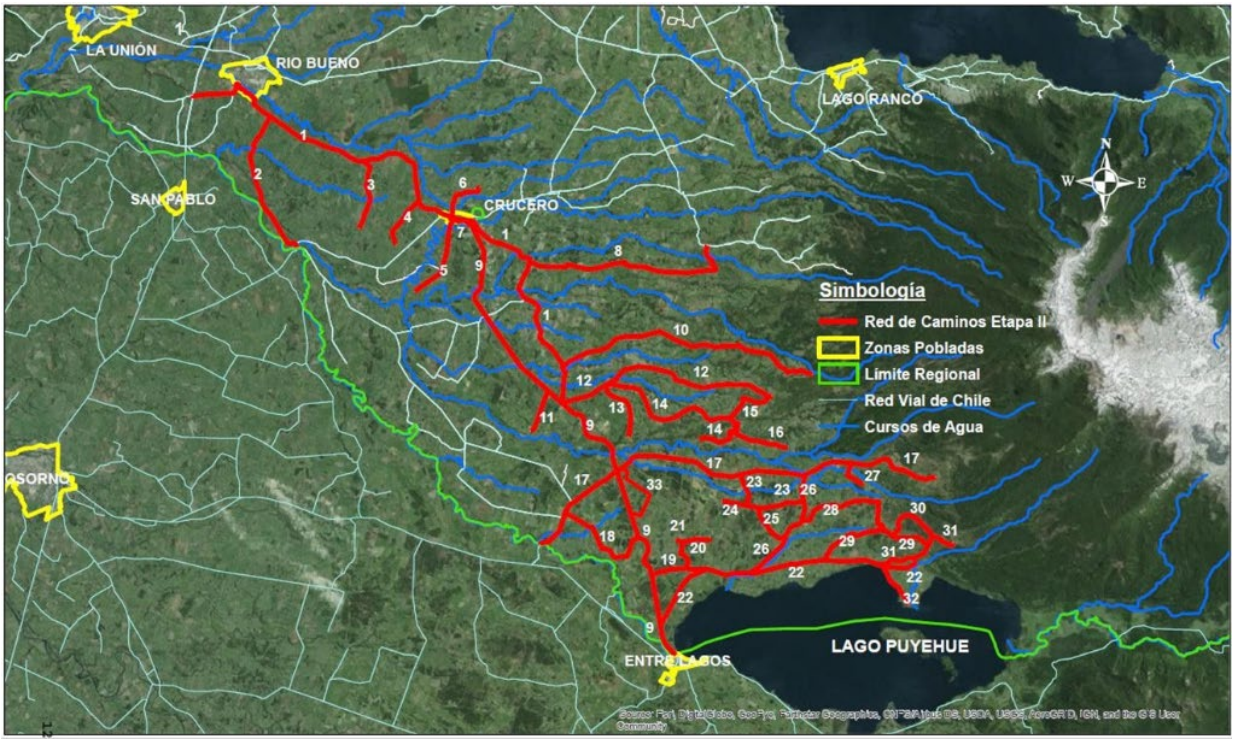


Figura C3. 21. *Representación visual de caminos abarcados por una conservación Global Mixta. Fuente: Informe de término de obra "Conservación global mixto por nivel de servicio y por precios unitarios, de caminos de la provincia de Ranco, sector sur, etapa II, región de Los Ríos".*

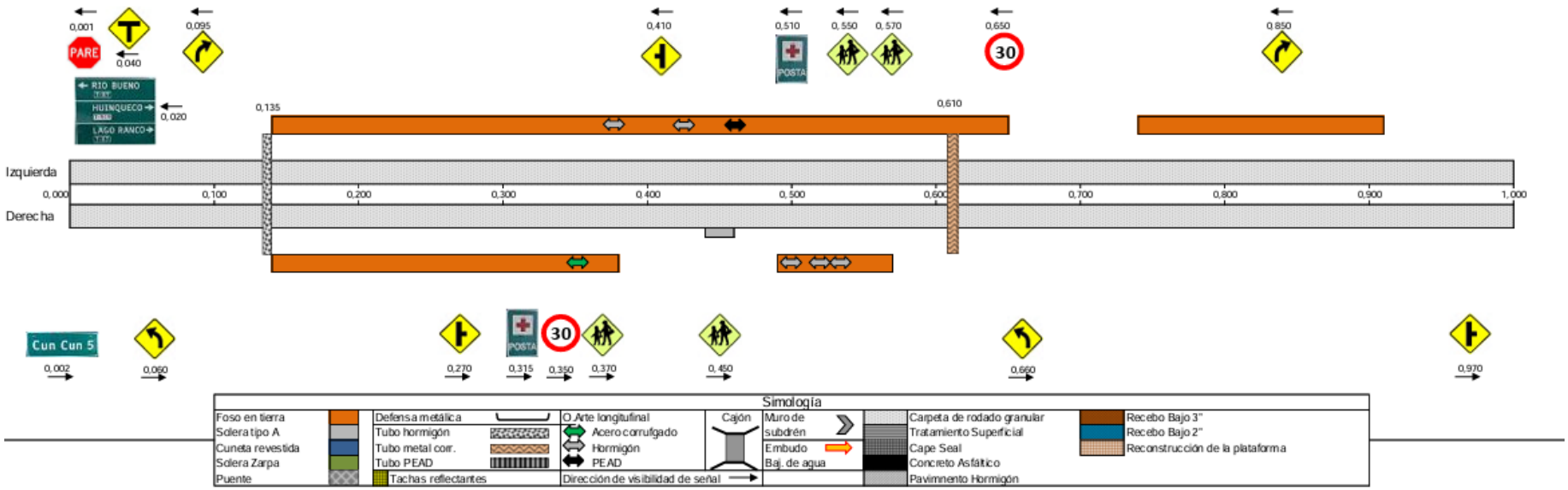


Figura C3. 22. *Inventario gráfico de camino, dónde se puede observar las diversas tipologías de obras que puede incluir un camino en el contexto de una Conservación Global. Fuente: Informe de término de obra "Conservación global mixto por nivel de servicio y por precios unitarios, de caminos de la provincia de Ranco, sector sur, etapa II, región de Los Ríos".*

Obras de conservación fluviales

A diferencia de las obras de conservación viales, las obras de conservación fluviales corresponden a obras puntuales en una zona o sector afectado. Sin embargo, esto no significa que en un contrato no pueda incorporar más de una obra. Este es el caso de las conservaciones de ribera que pueden incluir revestimiento con enrocado, gaviones y espigones y en otras ocasiones sólo enrocado. La gran diferencia con los contratos de conservaciones globales radica en que estos últimos abarcan una mayor extensión de cobertura, considerando con ello una red de caminos. Por otro lado, los contratos de obras fluviales consideran la mantención de un cauce en específico, sea este un canal, una red primaria, un cauce, entre otros.

Es importante mencionar que las obras descritas son mayoritariamente llevadas a cabo por la Dirección de Obras Hidráulicas. Además, y muchas de éstas presentan en común el desvío de cauce para llevar a cabo la obra y la intervención del componente vegetación en los sectores de trabajo.

3.2.4. Etapa de ejecución: obras de construcción

Obras tipo puente

Los puentes pueden clasificarse de acuerdo con su objetivo, pudiendo encontrar puentes rurales, puentes urbanos, viaductos, pasos desnivelados, puentes peatonales y pasarelas, puentes ferroviarios, puentes provisorios entre otros. Sin embargo, independiente de categorización por objetivo, su función principal siempre será la conectividad entre dos zonas transitables que se encuentren aisladas generalmente por un curso de agua. De acuerdo con el documento “Puentes para Chile 2020”, se cuenta aproximadamente con un total de 7250 puentes, de los cuales 6800 se encuentran bajo la tuición de la dirección de vialidad y 450 corresponden a puentes concesionados. En este mismo documento se menciona además que, los puentes carreteros construidos antes del inicio del programa de concesiones han presentado diversos problemas, motivo por el cual algunos han sido intervenidos o reemplazados por estructuras de un mayor estándar.

A pesar de poder clasificar los puentes en diversas categorías, a modo general se considera la existencia de puentes y viaductos, siendo estos últimos estructuras viales destinadas a permitir la continuidad de un camino o carreteras de uso público sobre hondonadas/quebradas, farellones, etc. Por otro lado, los puentes se consideran una estructura vial destinada a permitir la continuidad de un camino o carretera de uso público sobre obstáculos naturales, tales como ríos, mar, esteros, lagos, etc. En ambos casos, puede diferenciarse una infraestructura, una superestructura o bien ser monolíticos, elementos que se detallan a continuación.

Superestructura

Es aquella parte del puente que permite continuidad del camino con su calzada y bermas, ya sea sobre un río u otra vía. Está conformada por uno o más tramos dependiendo de la cantidad de apoyos que la sustenten. Para el caso específico de las pasarelas, la superestructura será aquella que permitirá el paso de un pasillo peatonal y/o una ciclovía sobre un cauce o un camino. Las componentes principales de esta superestructura corresponden al tablero, su sistema estructural, el sistema de vigas y/o losas. A continuación, se detalla cada elemento mencionado:

- **Tablero:** Constituido por la superficie de rodadura, pasillos o aceras y barandas. Estas últimas son colocadas a lo largo de los bordes externos del tablero y cumplen la función de proporcionar protección para el tránsito vehicular y los peatones. Además, se puede considerar dependiendo del proyecto barreras vehiculares o de contención.

- **Sistema estructural del tablero:** Corresponde al sistema encargado de entregar la capacidad de soporte de cargas del tablero, pudiendo ser este de madera, hormigón armado, pretensado, o acero, apoyándose generalmente sobre las vigas longitudinales dependiendo de la longitud de los tramos.

- **Sistema de vigas del tablero:** Constituido por vigas longitudinales y transversales, permitiendo la transmisión de las cargas que actúan sobre la superestructura a la infraestructura, y a través de ella al suelo donde se funda el puente o pasarela. Existen casos en los que el sistema estructural del tablero corresponde a una losa de hormigón, y en los cuales el sistema de vigas habitualmente es omitido traspasando las cargas de la superestructura a la infraestructura directamente desde la losa.

- **Sistemas de apoyo, anclajes antisísmicos, juntas de expansión, barandas:** Los sistemas de apoyo del puente se encuentran entre la infraestructura y la superestructura. Los anclajes antisísmicos entre la infra y super estructura tiene la finalidad de evitar los desplazamientos verticales de la superestructura respecto de sus apoyos. Dado que, ante cambios de longitud por cambios de temperatura y desplazamientos sísmicos, la superestructura requiere de juntas de expansión que permitan movilidad. Dichas juntas generalmente consideran protecciones en los bordes (cantoneras) y en los puentes que son más modernos consisten en sellos elastoméricos que impiden la filtración del agua y suciedad hacia las zonas de apoyo. A lo largo del borde de la superestructura se encuentran las barandas o barreras que impiden la caída de vehículos y personas desde el puente. Existen puentes en los que las transmisiones de las cargas al suelo se hacen a través de torres que sustentan cables de los cuales se suspende el tablero (puentes colgantes y atirantados) o a través de arcos metálicos o de hormigón que reciben las cargas del tablero a través de columnas de altura variable.

Infraestructura

Corresponde a aquella parte del puente dónde es apoyada la superestructura y a través de la cual se transmiten las cargas al terreno de fundación. Esta parte de la estructura corresponde a estribos que son los soportes en los extremos del puente, y las cepas o pilas, que consisten en los apoyos intermedios de puentes con superestructuras constituidas por más de un tramo. En la sección siguiente se detallan diversos aspectos de los elementos que constituyen la infraestructura:

- **Estribos:** Se constituyen por dos partes, la elevación del estribo conformada por un muro frontal, la mesa de apoyo, el muro espaldar y las alas. Por otro lado, se encuentra la fundación del estribo, la cual permite traspasar las cargas al terreno, ya sea este peso propio, cargas móviles, sísmicas, empujes de tierra, entre otros. Además de dar apoyo a la superestructura, los estribos contienen los terraplenes de acceso al puente. Principalmente se utilizan tres tipos de fundaciones para los estribos: fundación directa, pilotes y cajones o pilas de fundación. En el esquema de la **Figura C3. 23** se presentan las diversas tipologías de estribos que se pueden encontrar en los puentes.

A continuación de ello se presentan los cortes de los diferentes estribos de acuerdo con lo descrito en el Manual de Carreteras Volumen N°3.

- **Cepas:** Corresponden a los apoyos intermedios de los puentes y, de la misma forma que los estribos, se encuentran constituidos por la elevación y la fundación. El esquema de la **Figura C3. 30** presenta las diferentes tipologías de cepas existentes.

- **Accesos:** Corresponden al conjunto de elementos que permiten a los usuarios ingresar al puente y están constituidos por las obras de terraplenes de acceso y sus obras de contención y/o protección (si las hubiere), estructura de pavimento, bases, bermas y losas de acceso, plataforma y sus elementos (calzada y sobreancho de plataforma o SAP), barreras, señalización vertical, demarcaciones). Con el objetivo de evitar descensos a la entrada de los puentes, se dispone de losas de aproximación apoyadas en los terraplenes de acceso y en consolas dispuestas para estos fines en los muros espaldares de los estribos. Otra forma utilizada para controlar los descensos mencionados es a través de losas enterradas apoyadas en el terraplén y en los muros del estribo.

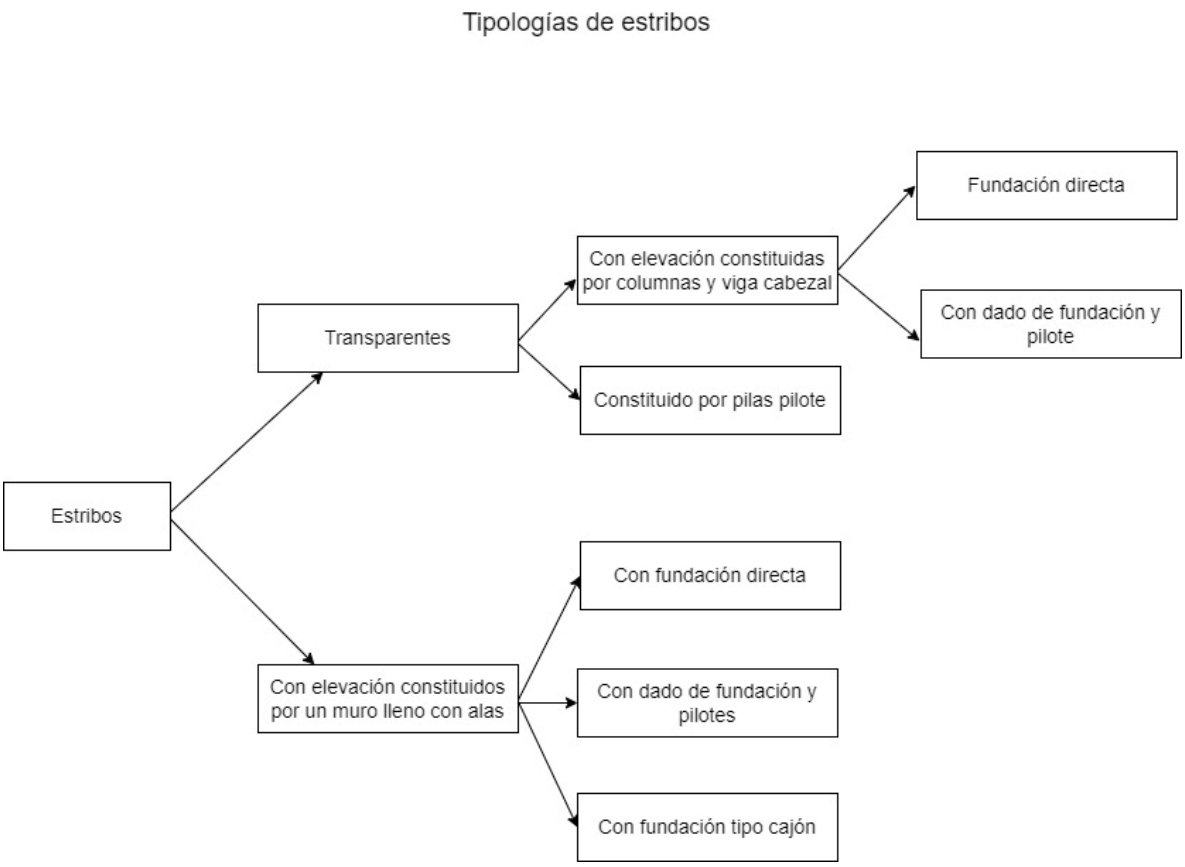


Figura C3. 23. *Tipologías de estribos. Fuente: Elaboración propia.*

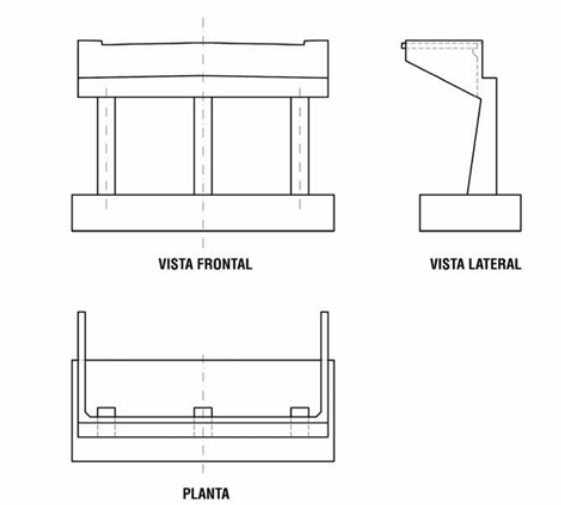


Figura C3. 24. *Estibo tipo columna con fundación directa. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3*

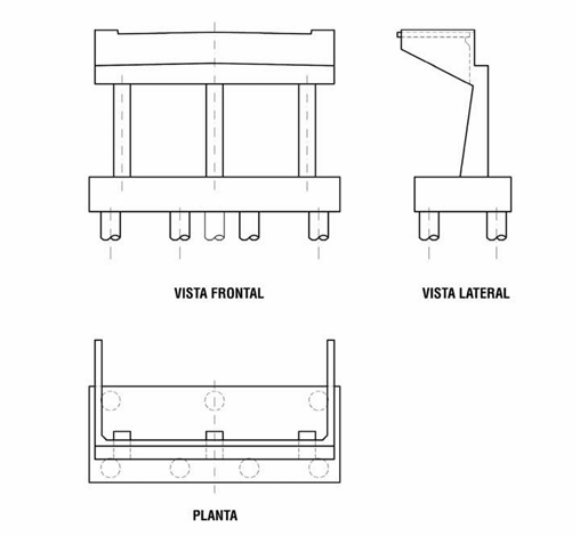


Figura C3. 25. *Estribo tipo columna con dado de fundación y pilotes. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3*

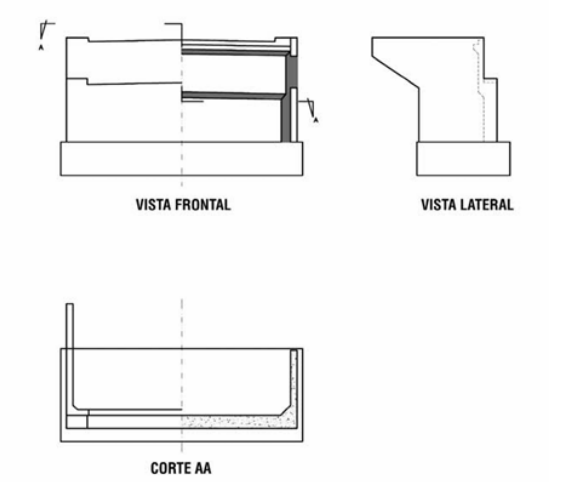


Figura C3. 26. *Estribo tipo muro lleno con alas con fundación directa. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3.*

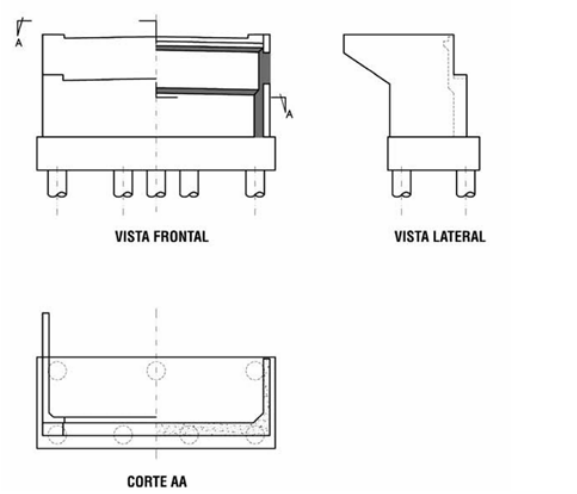


Figura C3. 27. *Estribo tipo muro lleno con alas con dado de fundación y pilotes. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3.*

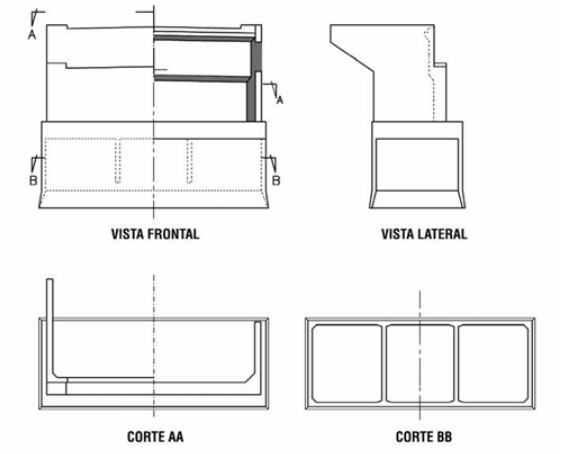


Figura C3. 28. *Estribo tipo 1/2 muro lleno con alas con fundación tipo cajón. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3*

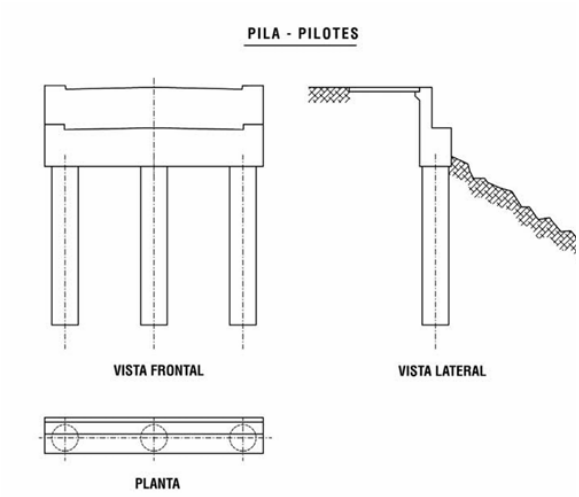


Figura C3. 29. *Estribo tipo pila con pilotes. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3.*

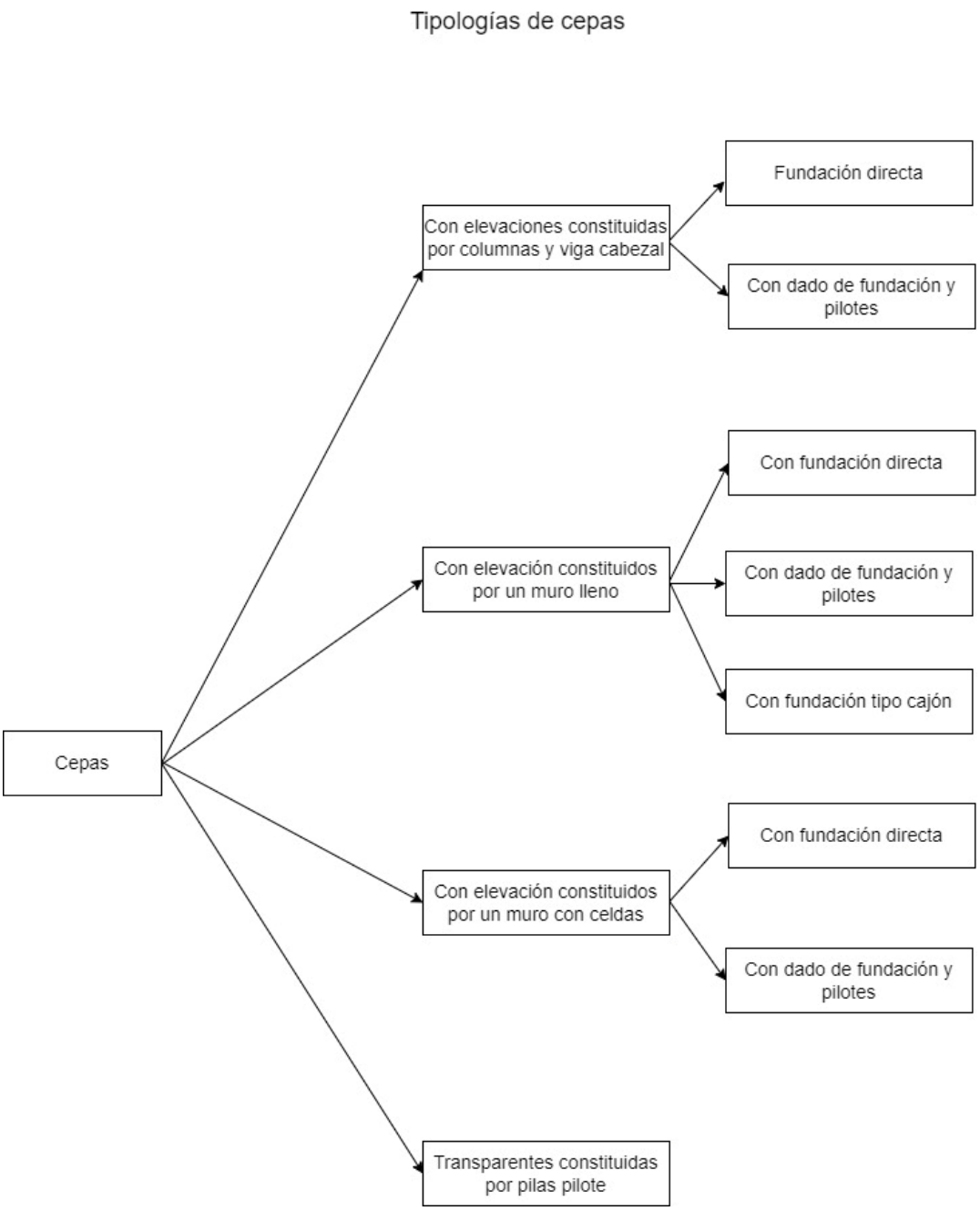


Figura C3. 30. Tipologías de cepas en puentes. Fuente: Elaboración propia.

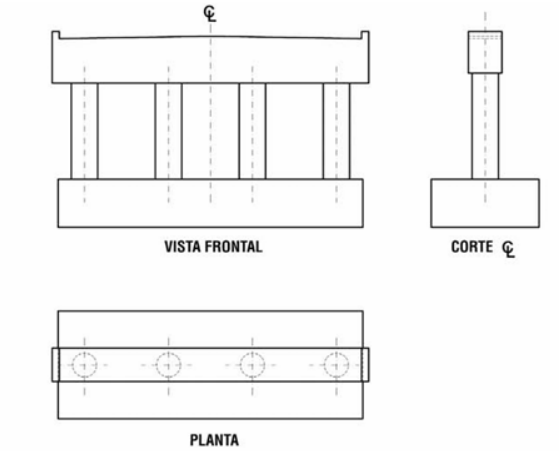


Figura C3. 31. *Cepa tipo columna con fundación directa. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3.*

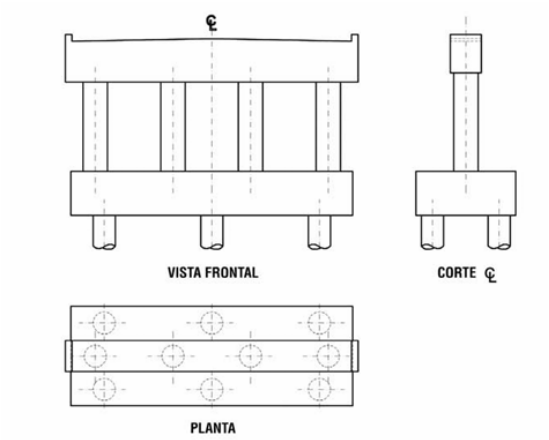


Figura C3. 32. *Cepa tipo columna con dado de fundación y pilotes. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3.*

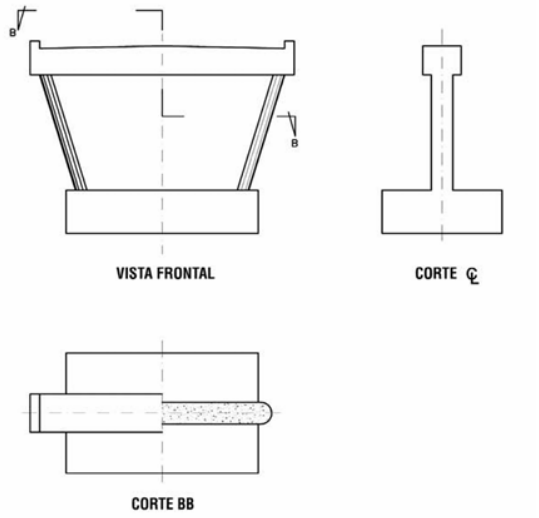


Figura C3. 33. *Cepa tipo muro lleno con fundación directa. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3.*

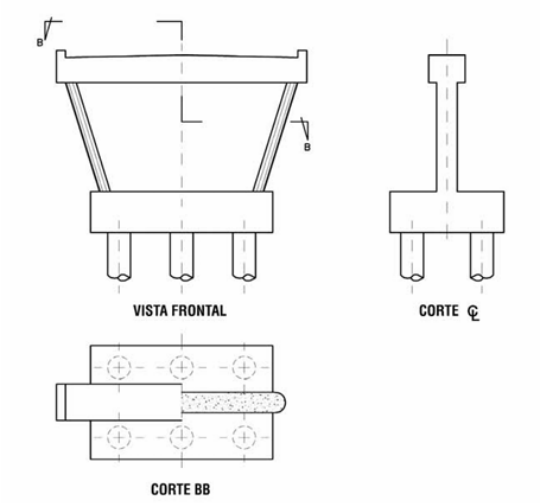


Figura C3. 34. *Cepa tipo muro lleno con fundación y pilotes. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3.*

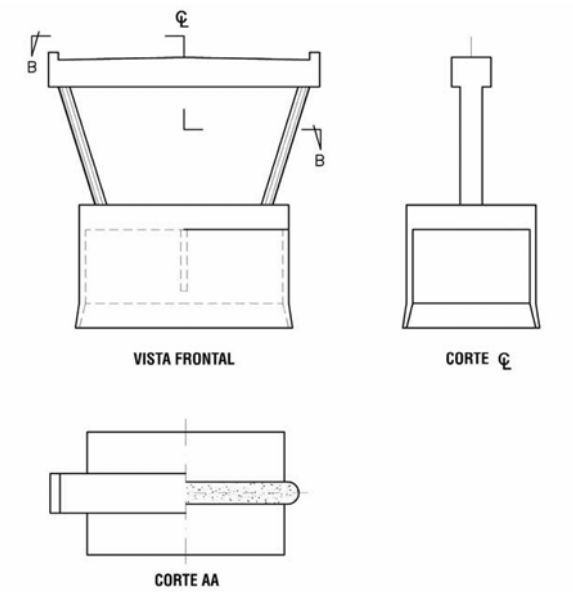


Figura C3. 35. *Cepa tipo muro lleno con fundación tipo cajón. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3.*

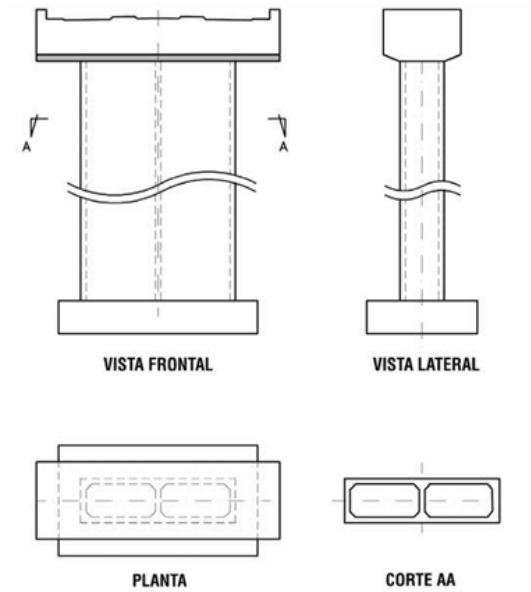


Figura C3. 36. *Cepa tipo muro con celda con fundación directa. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3.*

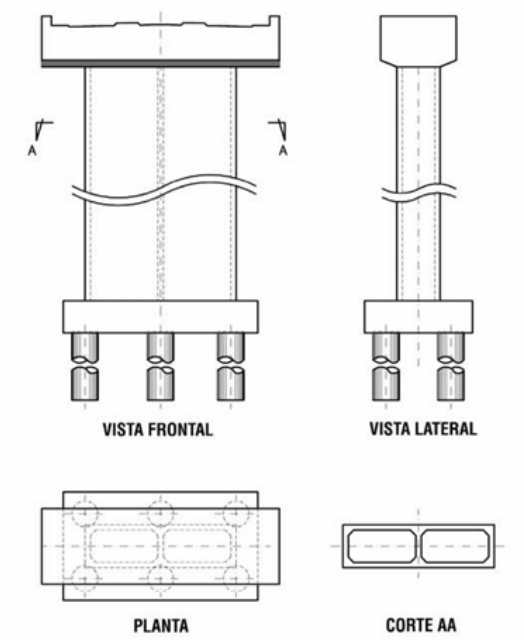


Figura C3. 37. *Cepa tipo muro con celda con fundación y pilotes. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3.*

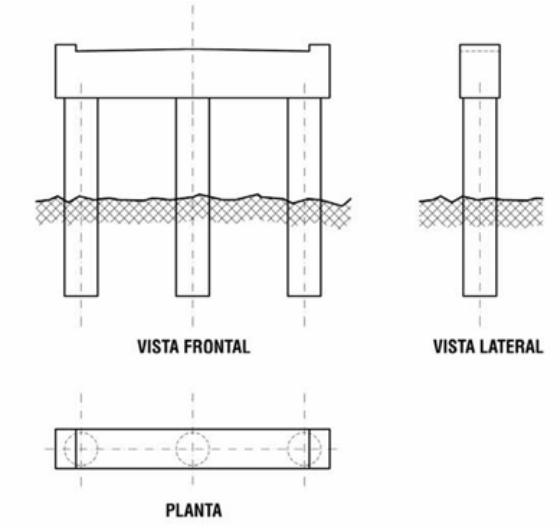


Figura C3. 38. *Cepa tipo pila con pilotes. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3.*

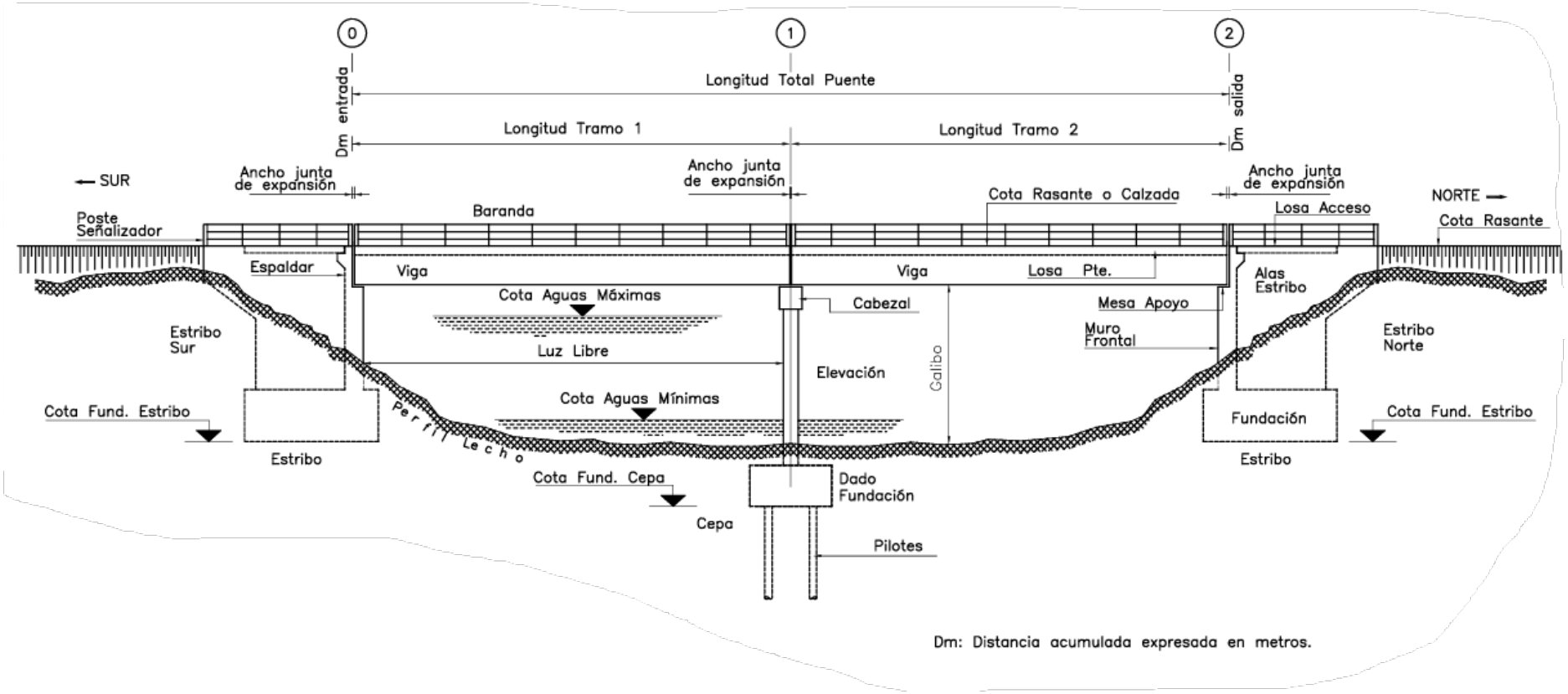


Figura C3. 39. *Elementos principales de un puente. Fuente: Manual de carreteras, Vol. N°3 Instrucciones y criterios de diseño.*

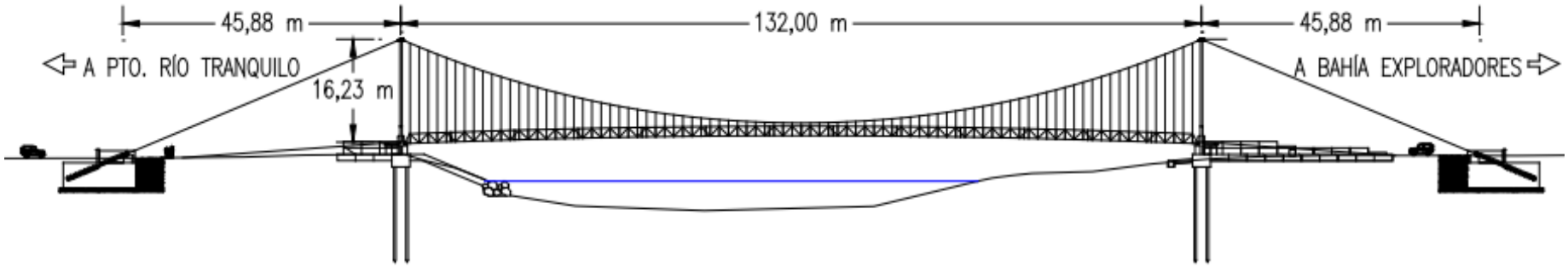


Figura C3. 40. *Perfil puente colgante Exploradores, región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. Fuente: Schanack et al. 2023.*

Obras tipo camino

En la sección transversal de un camino se distinguen dos elementos constitutivos: la plataforma y la plataforma de subrasante.

La plataforma de un camino corresponde al espacio destinado a las pistas de circulación o calzada, los elementos adyacentes de seguridad tales como bermas, sobreancho (SAP) y la mediana. y los sistemas de drenaje superficial. A lo anterior se suman elementos auxiliares de seguridad como soleras, barreras de contención, señalética e iluminación. La plataforma es, entonces, la parte visible de la vía y su ancho es la sumatoria de los siguientes elementos como mínimo:

- **Calzada:** banda material con geometría definida que puede soportar tránsito vehicular.

- **Berma:** Franjas que bordean el pavimento de la calzada. Son de diverso material: pavimento de hormigón, asfalto, tratamiento superficial o capa de grava.

- **Sobreancho de la plataforma (SAP):** en la sección, es una franja que actúa como confinamiento de las capas de la subbase y base, a fin de que en el extremo exterior de la berma se pueda alcanzar el nivel de compactación especificado. Su tamaño mínimo es de 0,5 m y aumentan de acuerdo con la sección de plataforma y las velocidades de diseño.

- **Mediana:** espacio libre entre los bordes interiores de pavimentos de dos calzadas unidireccionales.

Bajo la plataforma se identifican de manera superpuesta la superestructura del camino, conformada por el pavimento y sus capas, y la infraestructura u obra básica del camino que soporta el pavimiento y está conformada por el terreno natural modificado. El límite entre la superestructura y la infraestructura es la plataforma de subrasante, una superficie horizontal que delimita el movimiento de tierra sobre el que se posan las capas que conforman el pavimento o superestructura. El cuerpo de las obras de tierra puede estar construido por el terraplén, taludes de terraplén y de cortes, cunetas y obras de contención de tierras. Las definiciones de estos elementos se exponen a continuación:

- **Terraplén:** relleno artificial estable de diferentes suelos y estratos y de espesor variable donde se emplaza el camino.

- **Taludes de terraplén:** corresponde a la proyección horizontal del terraplén y su inclinación. Su diseño estructural depende del material constituyente y el suelo donde se funda. En general, tienen una inclinación de 1:1,5 (H:V) cuando son menores a 15 metros de altura.

- **Taludes de corte:** corresponde al perfil de inclinación del corte del terreno natural y que puede variar lo largo del camino de acuerdo con la estratificación de los suelos.

- **Cunetas:** se sitúan entre la plataforma y el talud del corte y permiten recolectar aguas superficiales, inclusive aquellas que drenan de la base y subbase si la profundidad de la cuneta es suficiente. También pueden considerarse drenes para recoger aguas freáticas o infiltradas y

colectores de aguas lluvia cuando la capacidad de la cuneta no es suficiente. Estos elementos pueden ser ocupados en conjunto para mejorar la eficacia de la conducción de las aguas.

- **Obras de contención de tierras:** corresponden a distintas estructuras de contención que se implementan cuando no hay espacio para darle una inclinación adecuada a los taludes de terraplén.

Dada la importancia del terraplén en la sección estructural, se consideran obras de protección de sus taludes, ya que estos se encuentran expuestos agentes erosivos, principalmente el agua. Destacan las soleras, fosos y contrafosos:

- **Soleras:** elementos verticales colocados en algún punto de la sección transversal de la plataforma, generalmente adherida y sellada en la parte exterior de la berma. Destinadas principalmente a evitar el escurrimiento de agua desde terraplenes elevados hacia cotas inferiores.

- **Fosos:** canales laterales y paralelos al terraplén, localizados en una cota inferior de la plataforma de subrasante (al menos -0,5 m). Evitan que el agua genere erosión en la base de los terraplenes. Van generalmente separados del talud del terraplén y son de sección semicircular o trapezoidal.

- **Contrafosos:** canales que van sobre la cota de coronamiento de la sección del camino. Tienen por función evitar que escurra agua de superficies adyacentes al camino y que, por diferencia de altura, escurren hacia este. Se localizan, generalmente, alejados de la obra para evitar el derrumbe de los taludes de corte por infiltración.

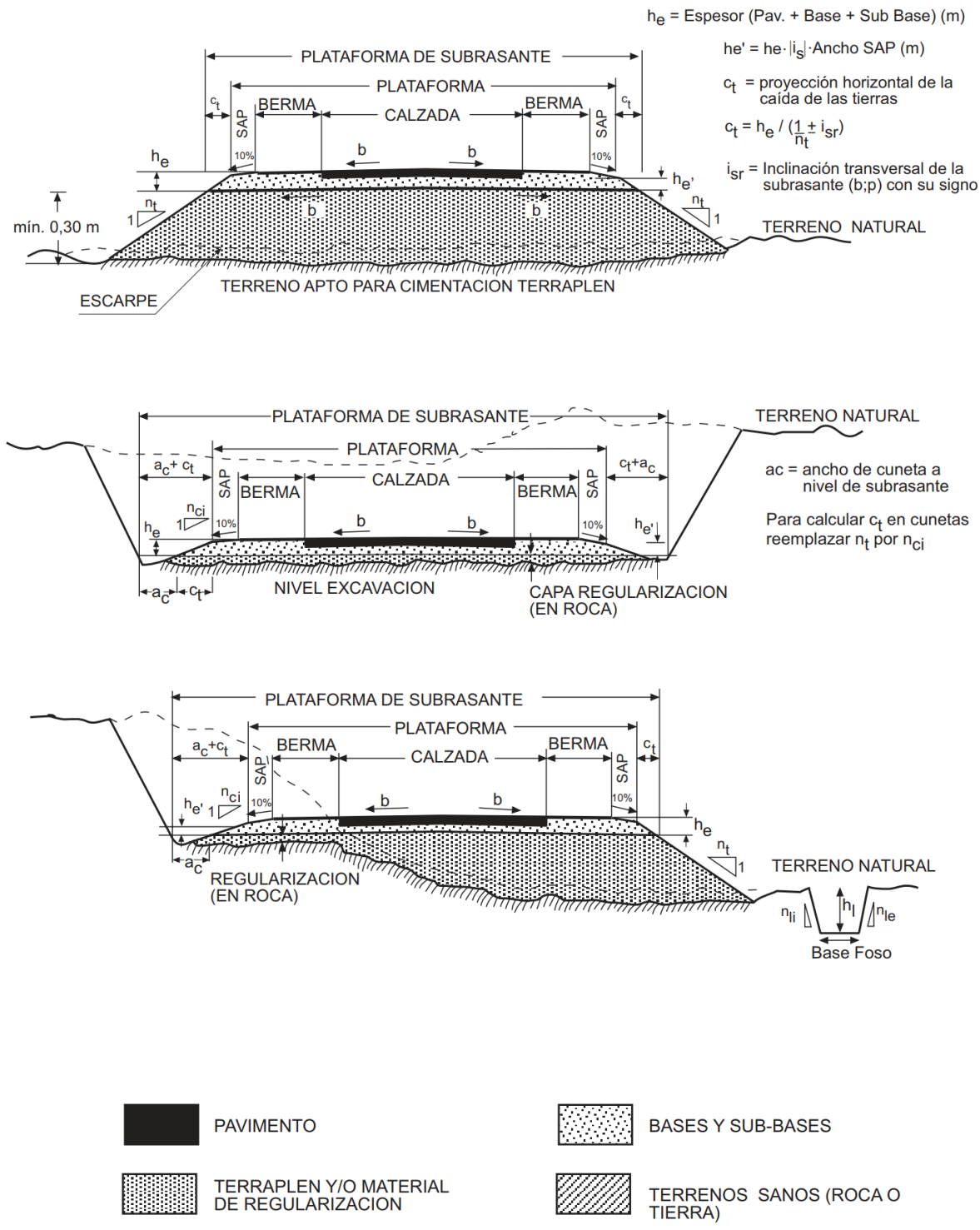


***Figura C3. 41**. Diversas secciones transversales de caminos distinguiendo la superestructura e infraestructura. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3, MOP.*

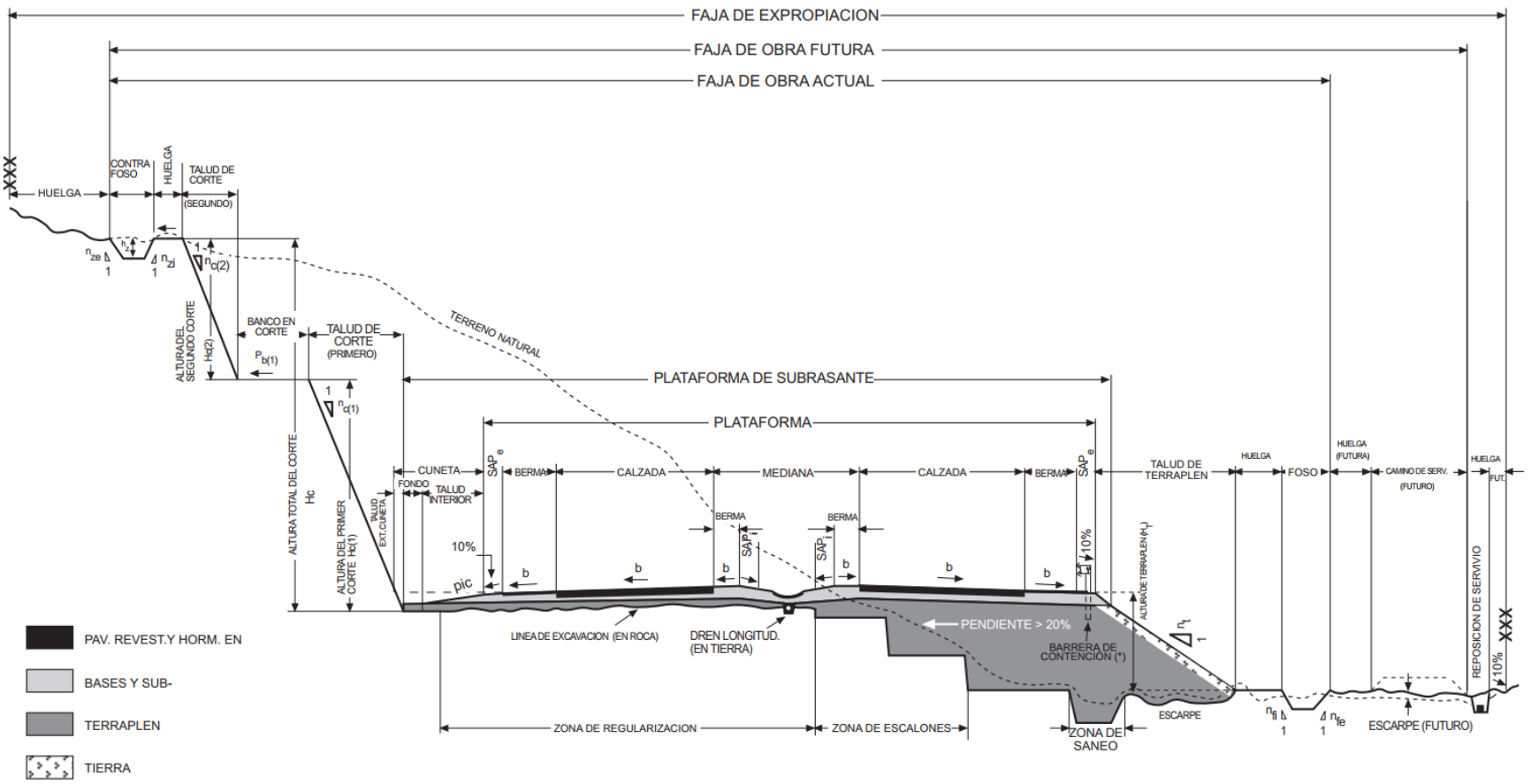


Figura C3. 42. *Perfil transversal tipo de un camino con terraplén y corte. Se distinguen los elementos de la plataforma, plataforma de subrasante, infraestructura u obra básica y obras de protección adyacentes. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3, MOP.*

3.4. Relación de proximidad entre humedal y obra

Para evaluar el análisis de afectación según literal s), específicamente para responder la pregunta del rombo 1, sobre la ubicación relativa de la obra con respecto al humedal y luego poder identificar las alteraciones aplicables de los rombos 2 y 3 (ver Capítulo 4), es necesario estudiar lo que se denominará relación de proximidad. Identificar la o las relaciones de proximidad es un paso posterior a la identificación y caracterización del **humedal de interés** asociado a límite urbano.

Para su definición se utilizan las siguientes consideraciones técnicas:

- La relación de proximidad se refiere a la ubicación relativa de la obra **con respecto** al humedal asociado a un límite urbano.
- Las relaciones están conceptualizadas **para cada intersección o cercanía** entre obra y humedal.
- Las relaciones no son excluyentes. Es decir, una misma intersección o cercanía, puede tener más de una relación de proximidad con un humedal o más de un humedal.
- Estas relaciones aplican tanto obras de conservación como a obras de construcción.

Las relaciones de proximidad son cuatros y se definen en la **Tabla C3. 16** y en la **Figura C3. 43**:

Tabla C3. 16. *Relaciones de proximidad para obras de conservación y construcción. Fuente: Elaboración propia.*

Tipo de relación	Descripción de la intersección	Ejemplos hipotéticos
Dentro	La obra se ubica dentro, sobre o atravesando el humedal. Aplica para humedales con espejo de agua permanente y/o estacional.	Construcción de un puente con cepas y/o estribos dentro del humedal. Revestimiento de riberas dentro de la planicie de inundación. Construcción de camino con terraplén sobre humedal.
Aguas arriba	La obra se ubica aguas arriba del humedal de interés. Incluye aguas arriba por el cauce y aguas arriba en la cuenca.	Reforestación en cuenca hidrográfica aguas arriba del humedal de interés. Conservación global de caminos en la cuenca hidrográfica aguas arriba del humedal de interés.
Aguas abajo	La obra se ubica aguas abajo del humedal de interés, a lo largo del cauce	Conservación de lecho y canalización aguas abajo de un segmento de río. Instalación de alcantarilla de drenaje aguas abajo de un humedal. Establecimiento de una barrera transversal.
Alrededor	La obra se ubica en los alrededores del humedal de interés. Aplica en obras localizadas cerca del humedal o su cuenca aportante, sin necesariamente estar dentro de la cuenca o en contacto directo con el humedal.	Reposición de lozas de hormigón alrededor del humedal de interés. Montaje de puente modular de emergencia en camino alrededor o bordeando el humedal.

La identificación de la relación de proximidad será útil en los pasos siguientes para verificar el potencial de alteración de una obra determinada sobre un humedal. Como se verá, cada alteración potencial

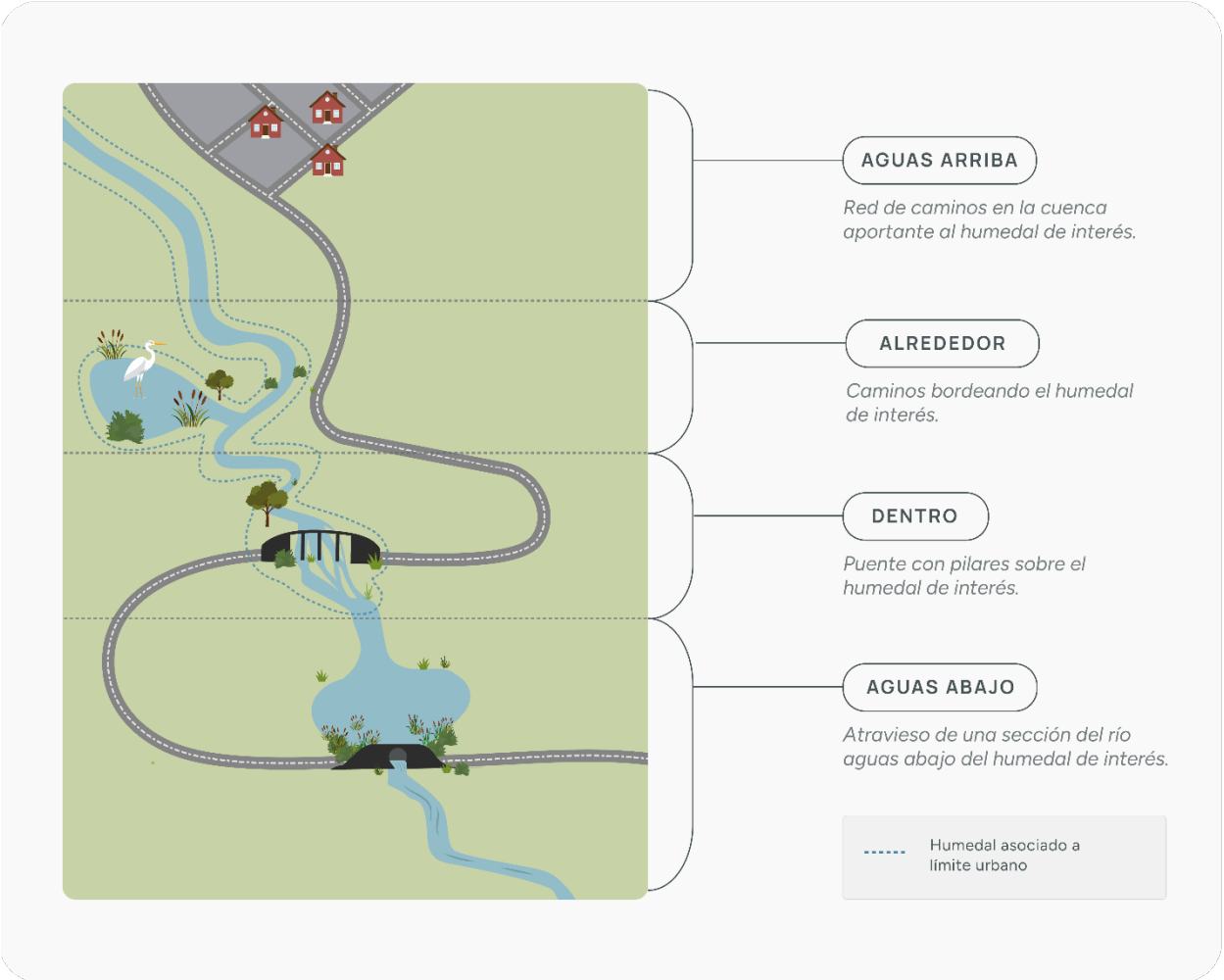


Figura C3. 43. *Relaciones de proximidad entre humedal y obra. Fuente elaboración propia.*

CAPÍTULO 4 | Fase 2: Análisis de susceptibilidad de afectación del literal s)

4.1. Pasos y herramientas para abordar el análisis de susceptibilidad del literal s)

En el Capítulo 4 se describen los pasos y se proveen las **herramientas operativas** para realizar los dos chequeos asociados al análisis de susceptibilidad del literal s), correspondientes a la fase dos de la estrategia general propuesta en el Capítulo 2.

Antes que nada, cabe recordar que, de acuerdo al SEA, el análisis para determinar la pertinencia de ingreso al SEIA bajo el literal s) sigue un proceso estructurado en etapas. Según lo indicado en la **Figura C4. 2** (rombo 1), en primer lugar, requiere la determinación de si el humedal(es) de interés se encuentra total o parcialmente dentro del límite urbano. Para resolver esta interrogante es necesaria la correcta delimitación del humedal de interés (Capítulo 3). Con esto, es posible determinar el emplazamiento de la obra en relación al humedal (Capítulo 3 – Relación de proximidad entre el humedal y la obra). Luego, se deben considerar la magnitud y los potenciales impactos de la obra en relación con el Objeto de Protección (OP) del humedal. Esto implica conocer las características del OP del humedal (Capítulo 3 - Caracterización del humedal) y de la obra junto con su proceso constructivo (Capítulo 3 - Caracterización de obras). Sólo con esta información se puede abordar el análisis de susceptibilidad de afectación según el literal s). Así, en este capítulo se detallan diversas herramientas para determinar si la obra provocará alteraciones dentro del humedal (**Figura C4. 2**- rombo 2) o dentro y/o fuera del humedal [45] (**Figura C4. 2**- rombo 3) y, luego, para evaluar si estas alteraciones podrán afectar física o químicamente a los componentes bióticos, sus interacciones o los flujos ecosistémicos (**Figura C4. 2**- rombo 4), considerando la incorporación de buenas prácticas.

La **Figura C4. 1** propone una estructura secuencial en base a un diagrama de flujo que permite abordar el análisis de susceptibilidad de afectación según el literal s). Este flujo lógico debe ser aplicado a cada intersección o cercanía de la obra con respecto al humedal de interés. La estrategia propuesta utiliza herramientas transversales a las diferentes obras pero que deberán ser aplicadas según las características propias de la obra y del humedal. El diagrama de flujo tiene una línea central y pasa por dos chequeos, el primero de estos se vincula a los rombos 2 y 3 de la **Figura C4. 2** y el segundo chequeo con el rombo 4 de la misma, como se mencionó.

Para realizar el primer chequeo existen dos herramientas clave (**Tabla C4. 1**) que fueron construidas base a la caracterización de las obras, la caracterización de los humedales, sus Atributos Ecológicos Clave (AEC) e indicadores y las posibles relaciones de proximidad. Estas corresponden a: **(a) Matriz de Aspectos Ambientales (AA) y Cambios en el Humedal (CH)** y **(b) Matriz de Alteraciones**. Ambas herramientas se describen en detalle en la sección 4.2 y 4.3. En el caso de que no exista ninguna alteración directa o indirecta es posible ejecutar la obra o bien hacer una consulta de pertinencia en caso de dudas. De existir alteraciones listadas en el literal s) se podrá decidir ingresar inmediatamente al SEIA o bien avanzar en línea hacia el segundo chequeo. Se recomienda en este

[45] En el oficio ORD SEA N°20229910238 se clasifican las afectaciones que ocurren dentro del humedal como directas, estas son: relleno, secado, extracción de caudales o áridos, la alteración de la barra terminal, de la vegetación azonal hídrica y ripariana y la extracción de la cubierta vegetal de turberas. Por otro lado, las afectaciones que pueden ocurrir tanto dentro como fuera del perímetro del humedal pueden ser tanto directas como indirectas y corresponden a: deterioro, menoscabo, transformación o invasión de la flora y la fauna contenida dentro del humedal.

primer chequeo utilizar las herramientas propuestas y complementar el análisis con profesionales de obra y ambientales.

La segunda parte del diagrama busca descartar la existencia de una alteración física o química a los componentes bióticos, sus interacciones o los flujos ecosistémicos en base a la selección y diseño de Buenas Prácticas (BBPP) y a la realización de ciertos estudios. Ambas acciones se realizan de forma conjunta y se retroalimentan. Este proceso además se nutre de los AA, CH e I definidos en la etapa del primer chequeo. Las herramientas (**Tabla C4. 1**) que permiten la realización del segundo chequeo son dos: **(a) Matriz de Buenas Prácticas (BBPP)** y **(b) Matriz de estudios**, estas se explican en las secciones 4.4 y 4.5, respectivamente. Esta segunda etapa de la estrategia permite resolver el rombo 4 de la **Figura C4. 2** y resolver si la obra deberá o no ingresar al SEIA.

Las herramientas y chequeos están concebidos para que, de forma estratégica, el titular cuente con los insumos necesarios para tomar una decisión informada respecto del literal s), ya sea para ejecutar la obra directamente, realizar una consulta de pertinencia o ingresar al SEIA. En cualquier caso, la incorporación de BBPP se considera apropiada desde el punto de vista de mejorar los estándares ambientales de las obras.

Tabla C4. 1. *Herramientas utilizadas en la estrategia para el análisis de susceptibilidad de afectación del literal s). Fuente: Elaboración propia.*

	Herramienta	Tipo	Anexo	Formato
	Matriz de Indicadores	Base de datos	Anexo digital 1	Excel (.xlsx)
	Matriz de aspectos ambientales y cambios en el humedal	Tabla	Anexo digital 2	Excel (.xlsx)
	Matriz de alteraciones	Base de datos	Anexo digital 3	Excel (.xlsx)
	Matriz de buenas prácticas	Base de datos	Anexo digital 4	Excel (.xlsx)
	Fichas de buenas prácticas	Fichas	Anexo 9	N/A
	Matriz de estudios	Tabla	Anexo digital 5	Excel (.xlsx)
	Fichas de estudios para descartar alteraciones	Fichas	Anexo 10	N/A

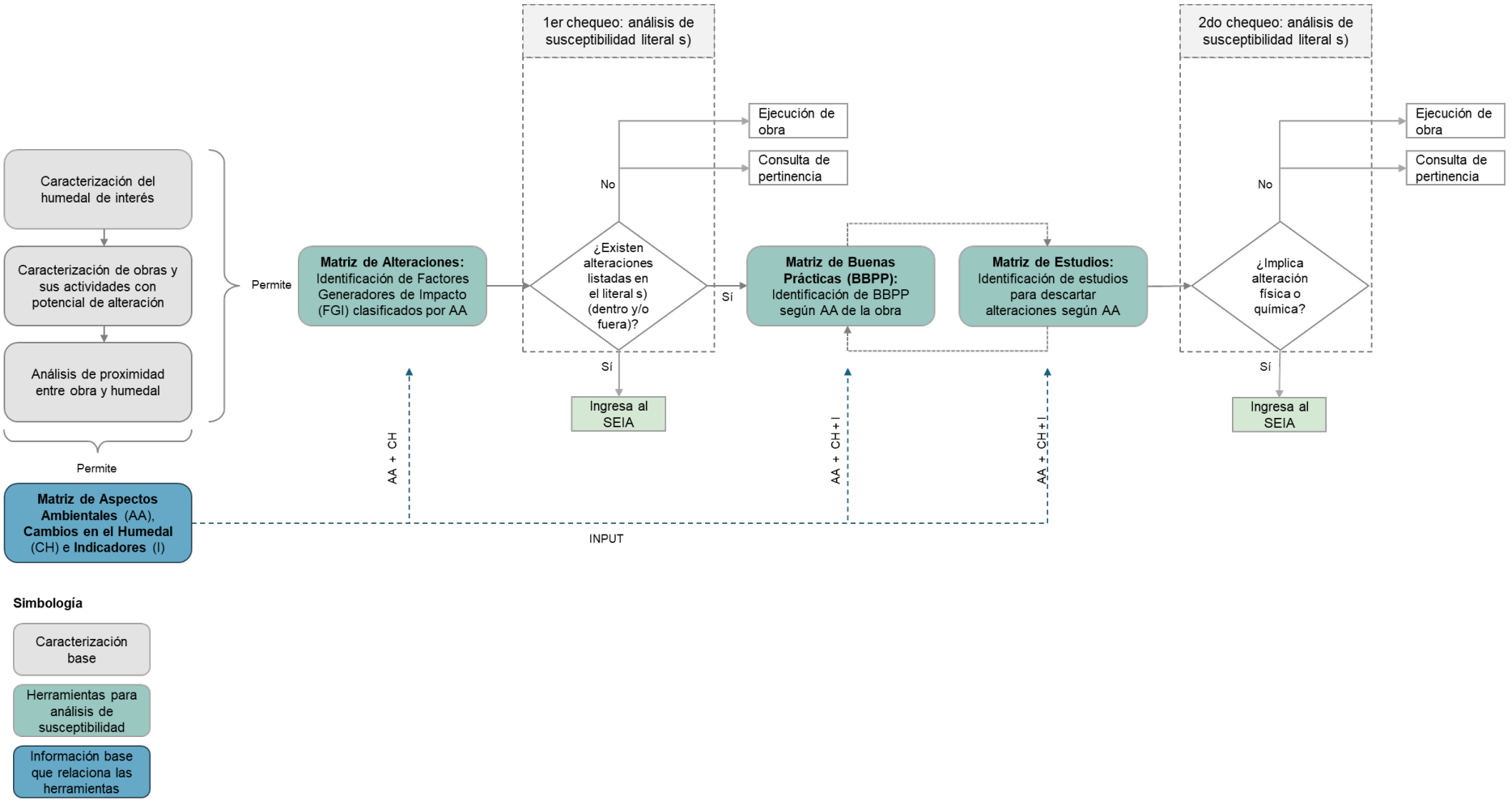


Figura C4. 1. *Diagrama de flujo que presenta la estrategia para abordar el análisis de susceptibilidad de afectación según el literal s). Fuente: Elaboración propia.*

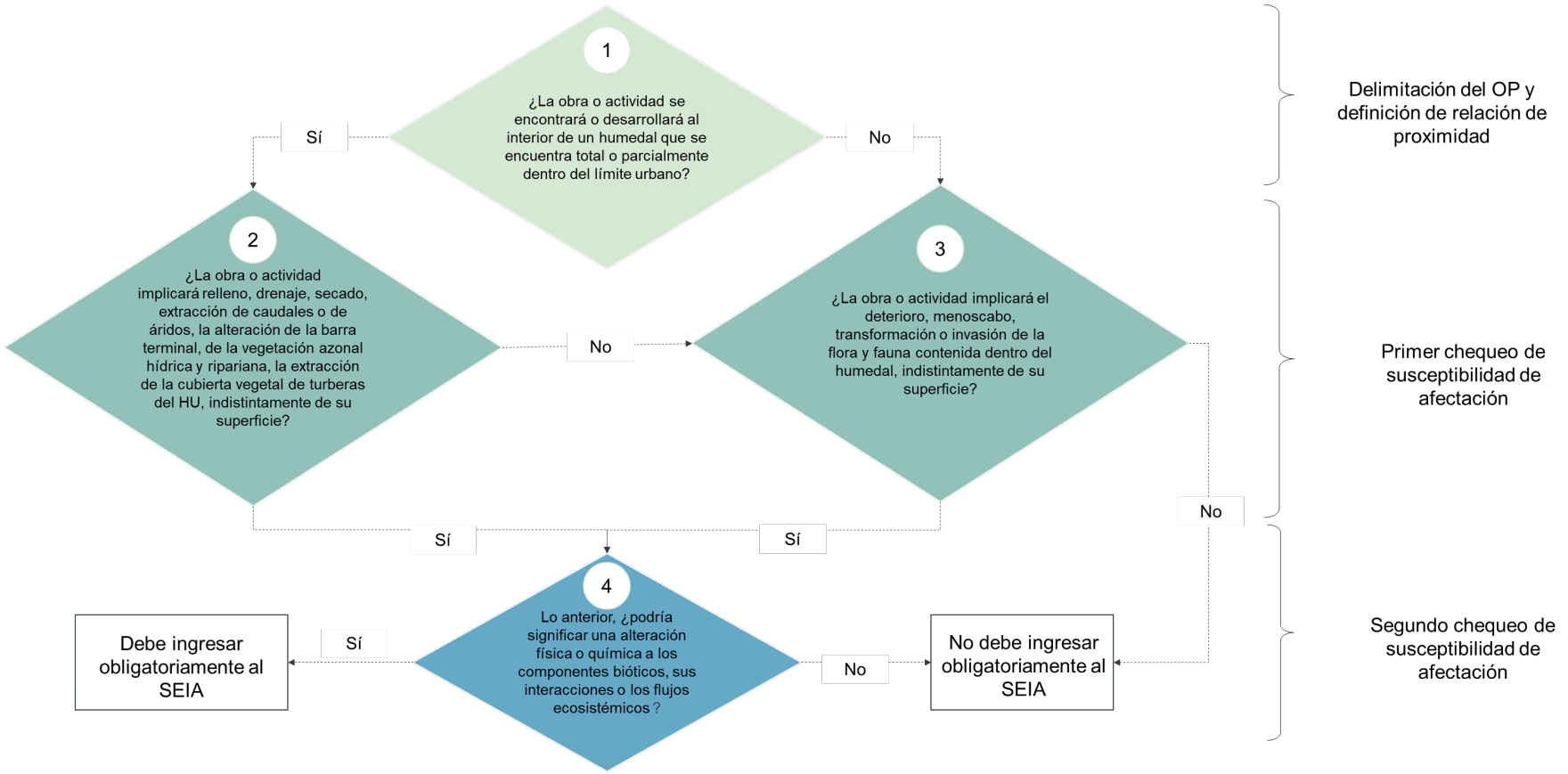


Figura C4. 2. *Flujograma para determinar pertinencia de ingreso al SEIA de acuerdo al literal s). Fuente: Modificado de Oficio ORD SEA N°20229910238.*

4.2. Matriz de aspectos ambientales y cambios esperados en un humedal

Como se indicó en el Capítulo 3, un **aspecto ambiental (AA)** corresponde a un aspecto propio de una obra, susceptible a interactuar con el medio ambiente. Los AA permiten sistematizar una gran cantidad de FGI diferentes que, sin embargo, pueden interactuar de la misma forma con el medio ambiente receptor. Un aspecto ambiental podrá generar un **cambio en el humedal (CH)** dependiendo de las características de la obra, de las características del humedal y de su relación de proximidad. Se entenderá por cambio en el humedal, el efecto que produce el aspecto ambiental en el medio ambiente. Este efecto en la práctica es una alteración o modificación que puede ser positiva o negativa y podría resultar, eventualmente, en un **Impacto Ambiental (IA)** en la medida que el proyecto se evalúe ambientalmente a través del SEIA. Los cambios en el humedal son alteraciones que se dan específicamente sobre **componentes ambientales (CA)**, los que corresponden a elementos en el medioambiente con los que interactúa la obra; por ejemplo, componentes bióticos (flora, fauna), componentes físicos (agua, suelos), entre otros.

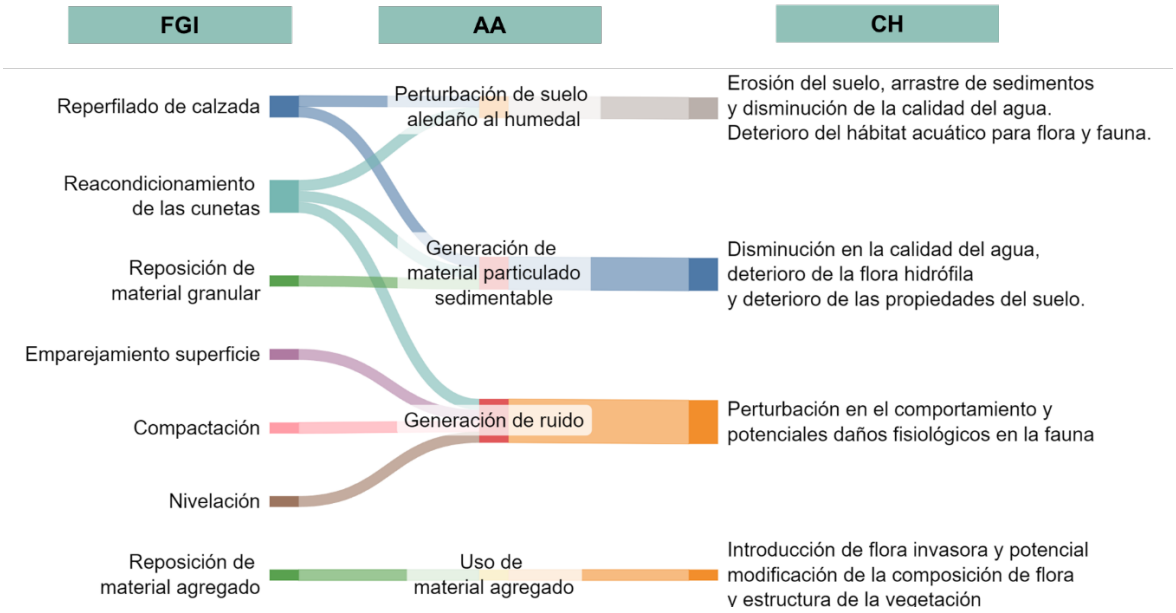


***Figura C4. 3**. Relación entre FGI-AA-CH. Se observa que distintos FGI pueden compartir un mismo AA. Fuente: Elaboración propia.*

A lo largo de este estudio, los componentes ambientales se han clasificado según los **Atributos Ecológicos Claves (AEC)**, los que, dependiendo del caso[46], pueden ser caracterizados de forma cualitativa y cuantitativa a través los indicadores descritos en el Capítulo 3. Estos son elementos de

[46] Los indicadores, como se indica en el Capítulo 3, tienen diversas aplicaciones, tales como: identificar o descartar alteraciones en el marco del análisis de susceptibilidad del literal s) en el contexto de una consulta de pertinencia, evaluar impactos ambientales una vez el proyecto ingrese al SEIA o monitorear el desempeño de BBPP implementadas en el marco de una EIA.

un ecosistema que funcionan de forma integral, por lo que la alteración de uno de estos generará a corto o largo plazo una serie de cambios en otros AECs. A pesar de esto, es posible identificar aquellos AECs que se podrían ver afectados directamente por el aspecto ambiental.

La **Tabla C4. 2**, lista los 29 aspectos ambientales detectados en las diferentes obras de conservación y construcción analizadas y se observa que cada aspecto ambiental tiene asociado un cambio en el humedal particular. Notar que **no siempre que exista el aspecto ambiental, existirá también el cambio en el humedal, esto depende de las características de la obra, del humedal y de su relación de proximidad**. Los AA se clasifican según si son permanente o temporales. Para clasificar un AA como temporal o permanente, se considerará permanente si, una vez que aparece, persiste en el tiempo; es decir, si la acción cesa sin medidas de restauración, el AA sigue existiendo y afectando el medio ambiente. Un AA será temporal si, al desaparecer el FGI, el AA también desaparece y se dejan de introducir cambios en el medio ambiente. Notar también que la permanencia del del AA no debe confundirse con la duración del cambio. La reversibilidad podrá depender de la resiliencia del humedal.

Adicionalmente, para cada aspecto ambiental se indica el o los AECs que pueden verse alterado producto de un cambio directo o un cambio en cadena.

- **Cambio directo (D)**: ocurre como resultado directo de una actividad o acción específica. Son cambios fáciles de identificar ya que la relación causa-efecto es clara.
- **Cambio en cadena (C)**: ocurre como resultado de un cambio directo que desencadena una serie de cambios secundarios. En general son más difíciles de identificar ya que están interrelacionadas de forma compleja.

La **Tabla C4. 2** corresponde al **Anexo digital 2**, el cual es un archivo Excel (.xlsx.) y configura una herramienta clave para abordar la estrategia para el análisis de susceptibilidad de alteración en humedales según el literal s). Esta entrega información útil para entender y utilizar la Matriz de Alteraciones, la Matriz de Buenas Prácticas y la Matriz de Estudios.

Tabla C4. 2. (Parte 1). *Aspectos ambientales identificados en obras MOP, sus potenciales cambios en el humedal, tipo de cambio y aspectos ecológicos claves comprometidos. Simbología: (D) Cambio directo / (C) Cambio en cadena. Fuente: Elaboración propia.*

N	Aspecto Ambiental	Cambio en el humedal	AA temporal	AA permanente	Calidad del Agua	Cantidad de Agua	Calidad del Suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidrogeomorfológic	Conectividad de paisaje
1	Aumento de tránsito vehicular	Aumento en la mortandad de fauna nativa por atropellos y cambio en sus comportamientos.	●								D	D	D		
2	Compactación del suelo del humedal	Deterioro del suelo, disminución de la capacidad de infiltración y alteración de los procesos erosivos.		●		D	D	C	C	C		C		D	C
3	Derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño	Contaminación y deterioro del agua y del suelo.	●		D		D		C	C	C	C	C		
4	Disposición permanente de material en el humedal o relleno	Disminución de la superficie humedal, modificación de la morfología y régimen de saturación. Deterioro y fragmentación del hábitat para flora y fauna.		●	D	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D
5	Extracción de caudales	Cambio en el régimen hidrológico natural y alteración del área y frecuencia de inundación de formaciones vegetales y estratos del suelo.	●		C	D	D		C	D		D		D	
6	Extracción de suelo	Pérdida de estructura y capacidad para sustentar biodiversidad.		●			D	C	C	C	C	C	C	D	C
7	Extracción de vegetación aledaña al humedal	Disminución de la funcionalidad de la franja de amortiguación (retención de sedimentos, depuración de contaminantes, conectividad del paisaje, amortiguación de ruido, entre otros).	●	●	C		D	D	C		C	C	C		D
8	Extracción de vegetación en el humedal	Alteración de especies hidrófilas, pérdida de hábitat para la fauna y deterioro de la calidad del agua.	●	●	D		D	D	D	D	C	D	C		D
9	Generación de fuentes de ignición	Pérdida de vegetación, pérdida de hábitat para la fauna, disminución de la franja de amortiguación debido a incendio y/o deterioro de la cobertura del suelo.	●		C	C	C	D	D		D	D	D		C
10	Generación de material particulado sedimentable	Disminución en la calidad del agua (aumento de turbidez y SST), deterioro de la flora hidrófila (acumulación de sedimentos y disminución de la actividad fotosintética) y deterioro de las propiedades del suelo (acumulación de sedimentos).	●		D		D		D	C		C			
11	Generación de ruido	Perturbación en el comportamiento y potenciales daños fisiológicos en la fauna.	●							D	D	D	D		
12	Generación y mala gestión de residuos sólidos	Deterioro de hábitat para fauna.	●							D	D	D	D		

Tabla C4. 2. (Parte 2). *Aspectos ambientales identificados en obras MOP, sus potenciales cambios en el humedal, tipo de cambio y aspectos ecológicos claves comprometidos. Simbología: (D) Cambio directo / (C) Cambio en cadena. Fuente: Elaboración propia.*

N	Aspecto Ambiental	Cambio en el humedal	AA temporal	AA permanente	Calidad del Agua	Cantidad de Agua	Calidad del Suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidrogeomorfológica	Conectividad de paisaje
13	Impermeabilización del suelo aledaño	Alteración del régimen de flujo natural (aumento de escorrentía total, aumento de caudales máximos, disminución de infiltración). Deterioro de la calidad del agua y suelo (arrastre y acumulación de sedimentos y contaminantes).		●	C	D	C		C					C	
14	Ingreso de especies domésticas de libre circulación	Aumento en la mortandad de fauna nativa por ataques o enfermedades y cambio en sus comportamientos.	●							D	D	D	D		
15	Instalación de barreras terrestres	Fragmentación del ecosistema terrestre.		●							C	C	C		D
16	Instalación de luminarias cercanas al humedal	Perturbación del comportamiento de la fauna.	●	●							D	D	D		
17	Instalación de pilotes en la sección transversal	Modificación de la velocidad del flujo cercano a la pila y cambios en el régimen de erosión, transporte y acumulación de sedimentos.		●	C	D	D		C					D	
18	Instalación permanente de barrera transversal	Interrupción de la conectividad hidrológica longitudinal, alteración de procesos de erosión, transporte y acumulación y modificación de las condiciones hidráulicas.		●	C	D	D							D	
19	Instalación temporal de barrera transversal	Alteración del régimen hidrológico natural (caudal líquido y sólido) y conectividad hidrogeomorfológica.	●		C	D	D							D	
20	Movimiento de tierra en el humedal	Deterioro de la calidad del agua (aumento de turbidez y disminución de actividad fotosintética) y del suelo (levantamiento y acumulación de sedimentos).	●		D		D		C	C		C		D	
21	Perturbación de suelo aledaño al humedal	Erosión del suelo, arrastre de sedimentos y disminución de la calidad de agua. Potencial deterioro del hábitat acuático para flora y fauna.	●		D		D		C	C		C			C
22	Transformación permanente de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad	Alteración de los procesos erosivos, de transporte y acumulación, pérdida de la conectividad hidrológica lateral y modificación de las condiciones hidráulicas.		●	C	D	D							D	
23	Transformación permanente de la zona y frecuencia de inundación	Cambio en la superficie del humedal debido a una alteración en la frecuencia y duración de la saturación de estratos vegetales y perfiles del suelo.		●	C	D	D	D	D	C	C	C	C	D	C
24	Transformación temporal de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad	Alteración temporal de los procesos erosivos, de transporte y acumulación, pérdida de la conectividad hidrológica lateral y modificación de las condiciones hidráulicas.	●		C	D	D							D	

Tabla C4. 2. (Parte 3). *Aspectos ambientales identificados en obras MOP, sus potenciales cambios en el humedal, tipo de cambio y aspectos ecológicos claves comprometidos. Simbología: (D) Cambio directo / (C) Cambio en cadena. Fuente: Elaboración propia.*

N	Aspecto Ambiental	Cambio en el humedal	AA temporal	AA permanente	Calidad del Agua	Cantidad de Agua	Calidad del Suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidrogeomorfológica	Conectividad de paisaje
25	Transformación temporal de la zona y frecuencia de inundación	Cambio temporal en la superficie del humedal debido a una alteración en la frecuencia y duración de la saturación de estratos vegetales y perfiles del suelo.	●		**C**	**D**	**D**	**D**	**D**	**C**	**C**	**C**	**C**	**D**	**C**
26	Uso de fertilizantes, pesticidas y/o herbicidas	Deterioro del suelo y agua y alteración del ciclo de nutrientes.	●		**D**		**D**	**C**	**C**	**C**	**C**	**C**	**C**		
27	Uso de flora exótica invasora	Modificación de la composición de flora y estructura de la vegetación.		●				**D**	**D**						**C**
28	Uso de material agregado	Introducción de flora invasora y potencial modificación de la composición de flora y estructura de la vegetación.		●				**D**	**D**						**C**
29	Vertimiento de sedimentos y contaminantes	Deterioro de la calidad del agua (aumento de turbidez y contaminantes), del suelo (acumulación de sedimentos y contaminantes) y flora hidrófila (acumulación de sedimentos, contaminantes y/o disminución de la actividad fotosintética).	●		**D**		**D**		**C**	**C**		**C**			

4.3. Matriz de alteraciones: ¿Qué aspectos ambientales tiene la obra de interés y a qué alteraciones se vinculan?

El análisis de los procesos, actividades y acciones definidas para cada obra en el Capítulo 3, permite listar los potenciales Factores Generadores de Impactos (FGI) de las obras de conservación y construcción tipo camino y puente. Cada FGI está vinculado a uno o más aspectos ambientales (AA), los que siguiendo la **Tabla C4. 2** de relacionan con un cambio en el humedal (CH) específico. Adicionalmente, cada CH puede asociarse con una o más alteraciones dentro o fuera del humedal descritas en el literal s). Toda esta información ha sido recopilada y organizada en el **Anexo digital 3**, denominado "Matriz de Alteraciones".

La matriz de alteraciones corresponde a una base de datos que describe todos los FGI identificados para las etapas de Instalación, Ejecución y Finalización de las obras MOP de conservación y construcción y los vincula con alteraciones del literal s). Esta es un archivo Excel (.xlsx) y consta de tres pestañas: “Instalación_Finalización” (aplicable para obras de conservación y construcción), “Ejecución_Conservación” (aplicable para la etapa de ejecución de obras de conservación), “Ejecución_Construcción” (aplicable para la etapa de ejecución de obras de construcción) y “Operación_Construcción” (aplicable para la etapa de operación de obras de construcción). La matriz considera los siguientes campos que permiten su lectura e interpretación:

- **Etapa:** etapa del ciclo de vida en que se da el FGI. Esta puede ser: Instalación, Ejecución. Finalización y Operación.
- **Tipo de obra:** Solo aplicable para obras de construcción, se diferencia entre puente o camino.
- **Obra:** nombre de la obra según lo descrito en el Capítulo 3.
- **Factor Generador de Impacto (FGI):** son aquellos elementos del proyecto o actividad, tales como partes, obras o acciones, que por sí mismas generan una alteración al medio ambiente.
- **Aspecto Ambiental (AA):** elemento de las actividades, acciones o procesos propios de una obra, susceptible a interactuar con el medio ambiente. Un único FGI podrá tener múltiples AA asociados. En total se identificaron 29 AA los cuales se repiten en diferentes obras de conservación y construcción.
- **Cambio en el Humedal (CH):** efecto que produce el aspecto ambiental en el medio ambiente. Se relación directamente con los AA según lo establecido en la **Tabla C4. 2**.
- **Alteración dentro del humedal según literal s):** aquellas alteraciones que son generadas por obras y/o acciones que presuponen su ejecución “en” el humedal y por ende se entiende que son afectaciones directas. Según SEA (2022)[47] estas corresponden a: relleno, drenaje, secado, extracción de caudales o de áridos, alteración de la barra terminal, de la vegetación azonal o extracción de la cubierta vegetal de turberas.
- **Alteración dentro o fuera del humedal según literal s):** aquellas alteraciones que son generadas por obras y/o acciones que se ejecuten tanto dentro como fuera del perímetro del humedal, podrán ser afectaciones directas o indirectas. Según SEA (2022)[44] estas

[47] Oficio ORD SEA N°20229910238.

corresponden a: deterioro y menoscabo, transformación o invasión de flora y fauna contenida dentro del humedal.

- **Relación de proximidad:** indica la ubicación relativa de la obra con respecto al humedad. Según lo indicado en el Capítulo 3 las posibles relaciones de proximidad son: dentro, aguas arriba, aguas abajo y alrededor. Estas relaciones no son excluyentes, una misma intersección, puede tener más de una relación de proximidad con un humedal o más de un humedal. Las columnas se marcan solo en el caso de que se cumpla que sea factible esa relación de proximidad entre la obra y el humedal y por otro lado, que efectivamente pueda ocurrir el cambio en el humedal si la obra se ubica en esa relación de proximidad.

La **Tabla C4. 3** muestra dos filas de ejemplo de la matriz de alteraciones. Específicamente se muestran dos AA vinculados con el FGI "Reperfilado de la calzada" de la Obra "Caminos de grava y suelos naturales" en su etapa de ejecución. El primer AA, "Perturbación de suelo aledaño al humedal" se asocia con el CH "Erosión del suelo, arrastre de sedimentos y disminución de la calidad de agua. Potencial deterioro del hábitat acuático para flora y fauna" el cual se vincula con la alteración del literal s) "Deterioro y menoscabo de flora y fauna contenida al interior del humedal". En las últimas columnas se indica que el cambio en el humedal se dará únicamente si el FGI se ejecuta aguas arriba del humedal. Por otro lado, el segundo AA, "Generación de material particulado sedimentable" producirá el CH "Disminución en la calidad del agua (aumento de turbidez y SST), deterioro de la flora hidrófila (acumulación de sedimentos y disminución de la actividad fotosintética) y deterioro de las propiedades del suelo (acumulación de sedimentos)" si se ubica tanto sobre como alrededor del humedal de interés. Este también se vincula con la alteración "Deterioro y menoscabo de flora y fauna contenida al interior del humedal" del literal s).

Tabla C4. 3. *Ejemplo de dos filas de la matriz de alteraciones (pestaña Ejecución_Conservación). Fuente: Elaboración propia.*

Etapa	Obra	Potencial FGI (partes, obras y acciones)	Aspecto ambiental (asociada a la obra)	Cambio en el humedal	Afectación dentro del humedal (literal s)	Afectación dentro y/o fuera del humedal (literal s)	Sobre	Aguas Arriba	Aguas Abajo	Alrededor
Ejecución	Caminos de grava y suelos naturales	Reperfilado de la calzada	Perturbación de suelo aledaño al humedal	Erosión del suelo, arrastre de sedimentos y disminución de la calidad de agua. Potencial deterioro del hábitat acuático para flora y fauna.		Deterioro y menoscabo de flora y fauna contenida al interior del humedal		•		
Ejecución	Caminos de grava y suelos naturales	Reperfilado de la calzada	Generación de material particulado sedimentable	Disminución en la calidad del agua (aumento de turbidez y SST), deterioro de la flora hidrófila (acumulación de sedimentos y disminución de la actividad fotosintética) y deterioro de las propiedades del suelo (acumulación de sedimentos).		Deterioro y menoscabo de flora y fauna contenida al interior del humedal	•			•

Para utilizar apropiadamente la matriz de alteraciones se recomienda hacer un filtro según la obra que se busca caracterizar, de esta manera se listarán únicamente los FGI propios de esta. Cabe destacar que el litado de FGI y AA de cada obra se realizó en base a una descripción tipo en el Capítulo 3. Es por esto que, según las características específicas de la obra que se está analizando los AA presentes podrán ser más o menos. En este sentido, se recomienda siempre trabajar con la **Tabla C4. 2** o el **Anexo digital 2** con el fin de poder identificar si existen otros AA que no se muestran en la matriz de alteraciones.

En cuanto a la frecuencia con que se repiten los AA en las diferentes etapas de la obra, la **Tabla C4. 4** muestra el porcentaje que representa cada AA con respecto al total de AAs identificados según el grupo de obras analizadas. Cabe destacar que este porcentaje no tiene relación con la magnitud ni duración del AA y sólo muestra un conteo simple que tiene relación con lo común que es cada uno. Los AA más repetidos en las obras estudiadas corresponden a: generación de ruido, derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño, generación de material particulado, movimiento de tierra en el cauce y perturbación del suelo aledaño al humedal.

Tabla C4. 4. *Frecuencia con que se repiten los Aspectos Ambientales en la Matriz de Alteraciones. Los resultados se muestran como porcentaje del total de Aspectos Ambientales identificados en el grupo de obras. Fuente: Elaboración propia.*

N	Aspecto Ambiental	% del total de AA			
		En etapa de instalación y finalización	En etapa de ejecución para obras de conservación	En etapa de ejecución para obras de construcción	En etapa de operación para obras de construcción
1	Aumento de tránsito vehicular	0%	0%	0%	25%
2	Compactación del suelo del humedal	0%	3%	2%	0%
3	Derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño	12%	14%	21%	0%
4	Disposición permanente de material en el humedal o relleno	0%	3%	4%	0%
5	Extracción de caudales	0%	0%	1%	0%
6	Extracción de suelo	1%	2%	3%	0%
7	Extracción de vegetación aledaña al humedal	4%	3%	1%	0%
8	Extracción de vegetación en el humedal	1%	7%	1%	0%
9	Generación de fuentes de ignición	0%	0%	1%	0%
10	Generación de material particulado sedimentable	12%	8%	14%	25%
11	Generación de ruido	14%	18%	27%	25%

N	Aspecto Ambiental	% del total de AA			
		En etapa de instalación y finalización	En etapa de ejecución para obras de conservación	En etapa de ejecución para obras de construcción	En etapa de operación para obras de construcción
12	Generación y mala gestión de residuos sólidos	5%	0%	0%	0%
13	Impermeabilización del suelo aledaño	1%	0%	2%	0%
14	Ingreso de especies domésticas de libre circulación	1%	0%	0%	0%
15	Instalación de barreras terrestres	0%	0%	1%	0%
16	Instalación de luminarias cercanas al humedal	3%	0%	0%	25%
17	Instalación de pilotes en la sección transversal	0%	0%	2%	0%
18	Instalación permanente de barrera transversal	0%	0%	1%	0%
19	Instalación temporal de barrera transversal	3%	4%	1%	0%
20	Movimiento de tierra en el humedal	9%	14%	7%	0%
21	Perturbación de suelo aledaño al humedal	12%	4%	5%	0%
22	Transformación permanente de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad	3%	5%	1%	0%
23	Transformación permanente de la zona y frecuencia de inundación	3%	4%	1%	0%
24	Transformación temporal de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad	3%	4%	1%	0%
25	Transformación temporal de la zona y frecuencia de inundación	3%	4%	1%	0%
26	Uso de fertilizantes, pesticidas y/o herbicidas	1%	1%	0%	0%
27	Uso de flora exótica invasora	1%	0%	0%	0%
28	Uso de material agregado	7%	2%	2%	0%

N	Aspecto Ambiental	% del total de AA			
		En etapa de instalación y finalización	En etapa de ejecución para obras de conservación	En etapa de ejecución para obras de construcción	En etapa de operación para obras de construcción
29	Vertimiento de sedimentos y contaminantes	0%	1%	0%	0%

El uso de la Matriz de Alteraciones permite resolver de manera sistemática el primer chequeo de la estrategia de análisis de susceptibilidad de afectación según literal s). Además, entrega información relevante en el caso de llevar a cabo la selección de BBPP y estudios para el segundo chequeo.

4.4. Matriz de Buenas Prácticas: ¿Es posible evitar o minimizar los cambios en el humedal?

Previo a la realización del segundo chequeo del análisis de susceptibilidad de afectación se propone incorporar de forma estratégica BBPP que permitan prevenir, minimizar o evitar los cambios en el humedal producto de los aspectos ambientales identificados para la obra. Para esto, se construyó una base de datos que recopila #72 BBPP aplicables a diversos procedimientos de trabajo. Cabe destacar que a base de datos se construyó específicamente para los AA identificados en las obras de conservación; es decir, son aplicables para el mejoramiento de estándares ambientales de las obras de conservación que son parte del estudio. Sin perjuicio de lo anterior, las BBPP pueden ser aplicadas también a las obras de construcción[48] cuando los procedimientos de trabajo revistan los mismos AA.

La matriz de BBPP es una base de datos en formato Excel (.xlsx) y corresponde al **Anexo digital 4** denominado "Matriz de Buenas Prácticas". La base de datos se acompaña de una serie de fichas descriptivas (**Anexo 9**) que definen información relevante para aquellas BBPP que lo requieran debido a su complejidad. La matriz considera los siguientes campos que permiten su lectura e interpretación:

- **Buena Práctica (BP):** Nombre de la buena práctica.
- **ID:** Código identificador de la buena práctica, las fichas están ordenadas según este código.
- **Tipo:** Corresponde a la tipología de BBPP. Se identifican cuatro:
  - **Proceso:** decisiones prácticas o calibración de procedimientos.
  - **Planificación:** consideración de los ciclos clave de la biota del humedal en la ejecución de actividades y procedimientos de trabajo.
  - **Solución técnica:** elemento técnico-material que requiere instalación.
  - **Zonificación**: localización o definición de zonas con características técnicas particulares.
- **Ficha:** Indica si cuenta o no con una ficha descriptiva.
- **Descripción general:** Descripción abreviada de la buena práctica.
- **Aspecto ambiental 1, 2 y 3:** Indica los diferentes AA de la obra para los que es pertinente aplicar la buena práctica. El AA 1 es el primario y directo, en general el AA 2 y AA 3 son secundarios. Se recomienda realizar la búsqueda de las BBPP en función de estos campos, haciendo filtros según los AA identificados para la obra usando la Matriz de Alteraciones y la Matriz de Aspectos Ambientales y Cambios en el Humedal.
- **Consideraciones para mantención y buen funcionamiento:** Indica algunas recomendaciones para la correcta implementación y mantención de la BP en el caso de ser necesario.

Como se mencionó, algunas BBPP cuentan con fichas que entregan más información sobre algunas estrategias que lo requieren. Estas son parte del **Anexo 9**, "Fichas de Buenas Prácticas" y se ordenan

[48] Las medidas de compensación, reparación y/o mitigación para obras de construcción tipo puente y camino, en el contexto del SEIA, se abordan en el Capítulo 5.

según el ID de la matriz de BBPP. Las fichas entregan información útil y práctica que permiten la correcta implementación de la estrategia. Los campos de información para cada ficha son:

- Nombre de la Buena Práctica.
- ID.
- Aspecto ambiental primario (1), secundario (2) y terciario (3).
- Alcance temporal: cuándo se aplica y por cuánto tiempo.
- Alcance espacial: dónde se aplica o en qué situación.
- Descripción.
- Imagen de referencia.
- Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento.

Para monitorear y llevar a cabo un seguimiento de la buena práctica adoptada se recomienda monitorear los AEC que se ven afectados de forma directa por el AA primario, secundario o terciario de la Buena Práctica. Previo a la ejecución de la obra se deberán seleccionar los indicadores a monitorear y un rango aceptable para cada uno de estos. En el caso de que algún indicador se encuentre fuera del rango definido, se deberá iterar sobre las BBPP seleccionadas, mejorando su diseño o bien, complementando con otra estrategia.

En la **Tabla C4. 5** se indican los aspectos ambientales primarios abordados por las buenas prácticas presentes en la matriz. A manera de resumen, la **Figura C4. 3** presenta el número total de BBPP según su tipología. Como se observa, se procuró tener un balance entre BBPP técnicas, de mayor complejidad, y BBPP estratégicas que requieren un menor esfuerzo en términos de recursos técnicos, humanos y/o financieros.

***Tabla C4. 5**. Listado de aspectos ambientales (AA) primarios abordados por las BBPP y número de BBPP para cada AA. Fuente: Elaboración propia.*

Aspecto Ambiental Primario	Número de BBPP asociadas
Derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño	27
Perturbación de suelo aledaño al humedal	19
Generación de ruido	14
Generación de material particulado sedimentable	4
Impermeabilización del suelo aledaño	2
Ingreso de especies domésticas de libre circulación	1
Uso de flora exótica invasora	1
Compactación del suelo del humedal	1
Uso de material agregado	1
Movimiento de tierra en el humedal	1
Estrategia preventiva, aplicable a múltiples aspectos ambientales	1
Total	**72**

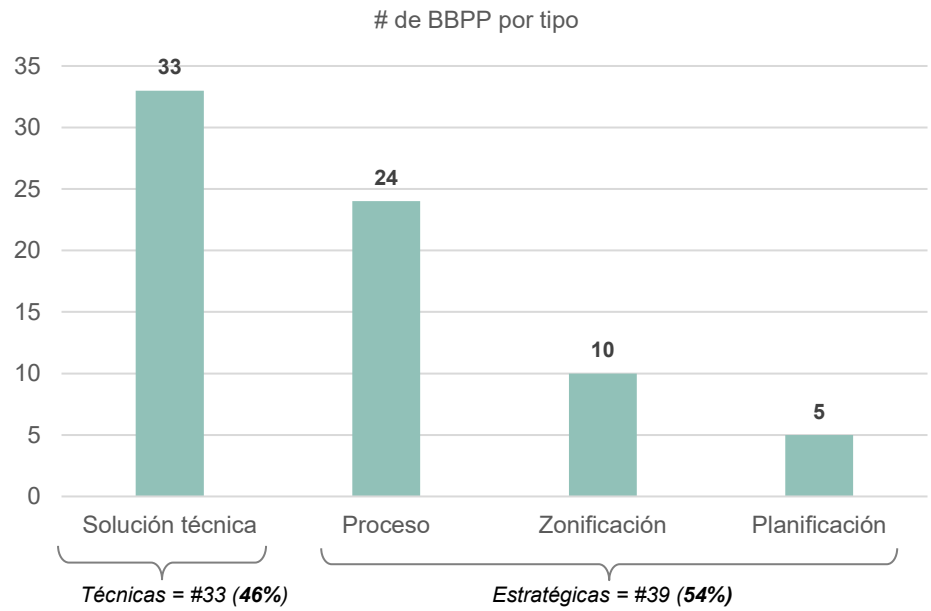


Figura C4. 4. *Cantidad de BBPP según tipo. Fuente: Elaboración propia.*

La **Tabla C4. 6** muestra un ejemplo de dos BBPP presentes en la matriz: “Paneles acústicos” para absorber y reducir el sonido emitido en la obra y “Rollos de fibra”, que son sistemas que permiten controlar la erosión en suelos descubiertos y así evitar el arrastre de sedimentos hacia el humedal.

En el diagrama general para abordar el análisis de susceptibilidad de afectación según literal s) la selección de BBPP se muestra de forma conjunta con la realización de estudio ya que ambas acciones se retroalimentan. Esto se debe principalmente a dos razones: algunos estudios entregan resultados que definen parámetros de diseño de las BBPP y por otro lado, algunas de las BBPP deben incorporarse como escenarios modelados en los estudios como condición proyectada. En algunos casos esto permitirá descartar la potencial alteración física o química en el humedal.

Tabla C4. 6. Ejemplo de dos filas de la matriz de BBPP. Fuente: Elaboración propia.

Buena Práctica (BP)	ID	Ficha	Descripción General	Aspecto Ambiental 1	Aspecto Ambiental 2	Aspecto Ambiental 3	Consideraciones para mantención y buen funcionamiento
Paneles acústicos	3	Sí	Los paneles acústicos se diseñan para absorber el sonido y reducir el ruido emitido en el sitio de la obra. En general estos se instalan en vallas perimetrales alrededor del sitio o bien en el tramo colindante con receptores sensibles, en este caso el humedal de interés. La materialidad, dimensiones y densidad de los paneles es variable, por lo general funcionan con una estructura tipo sándwich usando un material aislante acústico como lana mineral. Se recomienda la realización de un estudio de ruido para seleccionar estratégicamente la ubicación y configuración de los paneles. Se recomienda su uso para trabajo de largo plazo y que se ejecutan de forma fija en un mismo lugar, aun así es posible hacer algunas adaptaciones para que sean móviles.	Generación de ruido			Requiere de capacitación del personal para asegurar su uso. Considerar el movimiento de maquinaria a lo largo del flujo del proyecto, de manera de ir reposicionando los paneles o bien incorporando nuevas líneas.
Rollos de fibra	60	Sí	Sistemas para el control de erosión en forma de tubo y rellenas de material en base a fibras, arroz, compost u otro. Están hechas de materiales fotodegradables o 100% biodegradables. Los rollos de fibras se utilizan en zonas de alta pendiente y permiten disminuir la velocidad de la escorrentía, captar sedimentos y filtrar contaminantes. Se utilizan frecuentemente como complementos de otras estrategias como el "mulch" o siembra. Los rollos de fibras se disponen de forma transversal a la pendiente y se debe asegurar su contacto con el suelo. Se recomienda que mientras mayor sea la pendiente, menor sea la distancia entre rollos. Al finalizar las obras, los rollos pueden ser dejados en su lugar dependiendo de su localización, por ejemplo, en taludes que se serán plantados puesto que ayudan a retener humedad y acumulan materia orgánica lo que es beneficioso para la vegetación. En caso de retirarlos, se debe procurar limpiar el sedimento acumulado.	Perturbación de suelo aledaño al humedal	Derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño		Se disponen en trincheras de 5 cm de profundidad con estacas para mantenerlas en su lugar. A mayor pendiente, menor la separación entre rollos. Se recomienda la siguiente separación según la pendiente. 1:1 / 3 m - 2:1 / 6 m - 3:1 / 9 m - 4:1 / 12 m. La zona para captura de sedimentos del rollo de fibra es baja por lo que requieren limpieza frecuente. Cuando los sedimentos alcanzan la altura de 1/3 del rollo estos deben ser retirados.

4.5. Matriz de Estudios: ¿Cómo descartar alteraciones y diseñar BBPP adecuadas?

Dado que cada humedal tiene características únicas (Capítulo 3), no existen reglas generales que permitan definir rangos de viabilidad ecológica para todos los humedales a nivel nacional. Los estudios buscan resolver de manera caso específica la pregunta ¿Los cambios introducidos por la obra, podrían significar una alteración física o química a los componentes bióticos, a sus interacciones o flujos ecosistémicos? Esta pregunta está vinculada al rombo 4 de la **Figura C4. 2**.

Para descartar si existen alteraciones físicas o químicas, y por ende descartar el ingreso al SEIA por literal s) o p), es necesario demonstrar que los AA identificados para la obra no producen los CH listados en la **Tabla C4. 2**, o bien que los CH producidos por los AA de las obras se mantienen dentro de los rangos de viabilidad ecológica del humedal.

El objetivo de esta sección es entregar un listado acotado de estudios útiles para descartar alteraciones que requieran que una obra MOP ingrese al SEIA. Similar a la base de BBPP, estos estudios se definieron para las obras de conservación viales y fluviales, pero son aplicables también para las obras de construcción. El punto de partida es la caracterización del humedal, la caracterización de la obra y la relación de proximidad (**Figura C4. 4**). Los insumos que serán útiles para seleccionar los estudios pertinentes son:

- Matriz de Indicadores (**Anexo digital 1**).
- Matriz de Aspectos Ambientales y Cambios en el Humedal (**Anexo digital 2**).
- Matriz de Alteraciones (**Anexo digital 3**).

Además, será necesario tener a la vista la Matriz de BBPP ya que como se mencionó anteriormente, en algunos casos la selección y diseño de BBPP es un proceso que se retroalimenta en base a la elaboración de estudios.

Por último, se destaca que el desarrollo de estos estudios no requiere el desarrollo de una línea base –un procedimiento propio del SEIA que aplica a proyectos que ingresan por vía de EIA– sino más bien buscan establecer puntos de control iniciales para poder identificar los cambios resultantes de la ejecución de obras y descartar potenciales alteraciones. Así, considerando que en la mayoría de los casos de trabajo no existe una línea base previa, es necesario contar con un punto de referencia de los indicadores. El propósito de desarrollar los estudios es enfocarse en los indicadores necesarios para poder identificar el efecto de las obras sobre el humedal y de esta manera verificar si es que estos efectos se consideran como alteraciones.

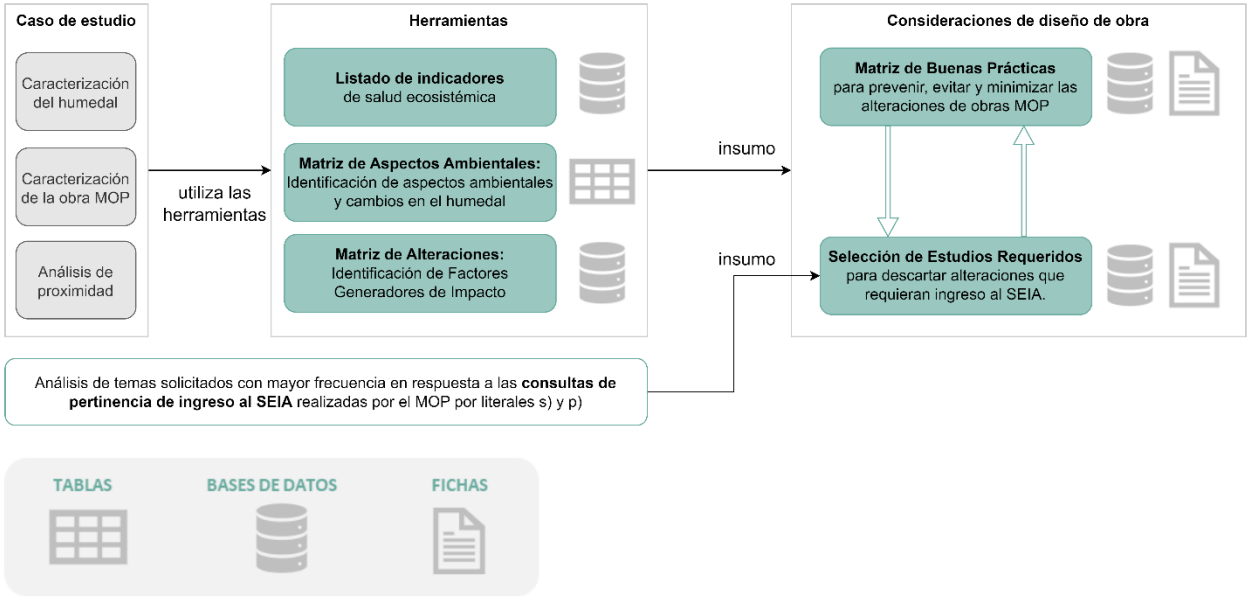


Figura C4. 5. *Insumos para la definición de estudios necesarios para evaluar la susceptibilidad de generar alteración. Fuente: Elaboración propia.*

Como insumo adicional para la definición de los estudios, se revisaron las Consultas de Pertinencia realizadas por el MOP para evaluar el ingreso de obras MOP al SEIA (ver **Anexo 11**). Este análisis identificó los temas que se solicitan con más frecuencia en las solicitudes de antecedentes adicionales en Consultas de Pertinencia realizadas por el MOP.

Se definieron en total de ocho estudios que se listan en la **Tabla C4. 7**. Estos abordan los temas más solicitados por el SEA en consultas de pertinencia y buscan descartar alteraciones físicas y químicas producto de diferentes AA. Además, estos estudios resultan de gran utilidad para diseñar BBPP apropiadas. Para definir qué estudios son relevantes de llevar a cabo, en la última columna se listan los AA cuyos CH podrán ser descartados en base a los resultados del estudio o bien, el estudio entrega información útil para el diseño de una BP vinculada al AA. Esto no quiere decir que cada vez que se identifique uno de estos AA deberá realizarse el estudio, esto ya que en muchos casos el AA podrá abordarse mediante la implementación de una BP y un buen seguimiento de esta.

Notar que adicional a estos ocho estudios, en la fase de caracterización del humedal se cuenta con una delimitación del humedal que debiera seguir los lineamientos de la “Guía de Delimitación y Caracterización de Humedales Urbanos de Chile” (MMA- ONU Medio Ambiente, 2022), esta entrega información relevante en cuanto a criterios hidrológicos, de suelo hídrico y vegetación hidrófita. Se recomienda utilizar esta información, previo a comenzar un nuevo estudio.

Tabla C4. 7. *Estudios requeridos identificados y el número de aspectos ambientales de obras MOP que requieren este estudio para descartar alteración según literal s). Fuente: Elaboración propia.*

N	Estudios	AEC que estudia	Útil para descartar alteraciones o diseñar BBPP de los aspectos ambientales
1	Análisis de calidad de agua.	Calidad del agua	Derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño. Generación de material particulado sedimentable. Movimiento de tierra en el humedal. Perturbación de suelo aledaño al humedal. Uso de fertilizantes, pesticidas y/o herbicidas. Vertimiento de sedimentos y contaminantes.
2	Análisis de calidad de suelo.	Calidad del suelo	Compactación del suelo del humedal. Derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño Disposición permanente de material en el humedal o relleno. Extracción de vegetación aledaña al humedal. Extracción de suelo. Generación de material particulado sedimentable. Perturbación de suelo aledaño al humedal. Transformación permanente de la zona y frecuencia de inundación. Transformación temporal de la zona y frecuencia de inundación.
3	Estudio de emisiones atmosféricas y material particulado sedimentable	Calidad del Agua Calidad del Suelo Flora Hidrófila	Generación de material particulado sedimentable
4	Estudio de ruido sobre fauna	Aves Peces Anfibios y reptiles Mamíferos	Generación de ruido.
5	Estudio de ingeniería (diseño y construcción).	Cantidad de agua Calidad del agua Calidad del suelo Estructura de la vegetación ribereña Flora hidrófila Conectividad hidrogeomorfológica Conectividad del paisaje	Compactación del suelo del humedal. Disposición permanente de material en el humedal o relleno. Extracción de vegetación aledaña al humedal. Extracción de vegetación en el humedal. Generación de material particulado sedimentable. Generación y mala gestión de residuos sólidos. Instalación de pilotes en la sección transversal. Instalación permanente de barrera transversal. Instalación temporal de barrera transversal. Perturbación de suelo aledaño al humedal. Transformación permanente de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad. Transformación temporal de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad Transformación permanente de la zona y frecuencia de inundación. Transformación temporal de la zona y frecuencia de inundación. Vertimiento de sedimentos y contaminantes.
6	Caracterización de flora y fauna.	Estructura de la vegetación ribereña	Aumento de tránsito vehicular. Extracción de la vegetación aledaña al humedal.

N	Estudios	AEC que estudia	Útil para descartar alteraciones o diseñar BBPP de los aspectos ambientales
		Flora hidrófila Aves Peces Anfibios y reptiles Mamíferos	Extracción de la vegetación en el humedal. Ingreso de especies domésticas de libre circulación Instalación permanente de barrera transversal. Generación de ruido. Generación de material particulado sedimentable. Transformación permanente de la zona y frecuencia de inundación. Transformación temporal de la zona y frecuencia de inundación. Perturbación de suelo aledaño al humedal. Movimiento de tierra en el humedal. Vertimiento de sedimentos y contaminantes Uso de fertilizantes, pesticidas y/o herbicidas. Disposición permanente de material en el humedal o relleno. Uso de flora exótica invasora. Uso de material agregado.
7	Modelación hidrológica, hidráulica y de arrastre de sedimentos.	Cantidad de Agua	Instalación de pilotes en la sección transversal. Instalación permanente de barrera transversal. Instalación temporal de barrera transversal. Transformación permanente de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad. Transformación temporal de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad. Transformación permanente de la zona y frecuencia de inundación. Transformación temporal de la zona y frecuencia de inundación. Impermeabilización del suelo aledaño.
8	Modelación hidro-geomorfológica	Conectividad hidrogeomorfológica	Instalación de pilotes en la sección transversal. Instalación permanente de barrera transversal. Instalación temporal de barrera transversal. Movimiento de tierra en el humedal. Transformación permanente de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad. Transformación temporal de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad. Transformación permanente de la zona y frecuencia de inundación. Transformación temporal de la zona y frecuencia de inundación. Impermeabilización del suelo aledaño.

Las especificaciones técnicas generales de los estudios se detallan en el **Anexo 10** donde cada estudio tiene una ficha son los siguientes campos de información:

- Descripción del estudio.
- AECs que aborda el estudio [49].
- Relación de proximidad de obras que requieren este estudio.
- Importancia del estudio.
- Diseño del estudio (frecuencia, estacionalidad, distribución espacial, etc.)
- Métodos de medición, instrumentos y factibilidad.
- AA cuyo CH podrá ser descartado con el estudio o bien, permite el diseño de BBPP vinculadas a este AA.

[49] El o los AECs indicados son los principales, ya que existen AECs secundarios sobre los cuales se puede derivar información mediante la realización de estos estudios. Por ejemplo, el Estudio de Calidad de Agua se enfoca en el AEC "calidad de agua" y sus indicadores, pero indirectamente también puede proporcionar información sobre el efecto sobre el AEC "flora" o "peces", entre otros.

CAPÍTULO 5 | Predicción y evaluación de impactos sobre humedales en el SEIA para las obras MOP

5.1. Objetivos y alcances

El Capítulo 5 tiene como objetivo proporcionar lineamientos y consideraciones para la evaluación ambiental de proyectos que ingresan al SEIA con titularidad del MOP y que afectan a humedales, así como también para el desarrollo de medidas de mitigación, reparación y compensación en estos ecosistemas. En particular, se enfoca en las obras analizadas en el Capítulo 4, y en los 29 aspectos ambientales (AA) los cuales se vincularán con impactos directos y en cadena.

Este estudio no pretende reemplazar las guías elaboradas por el SEA y su objetivo dar herramientas más específicas y aplicables para las obras del MOP (DV y DOH) en torno a humedales. Los lineamientos y criterios presentados se enmarcan en los requerimientos del SEIA y recopilan información de diversas guías y criterios existentes relacionados con la evaluación de impactos en humedales. Como complemento, se realizó una revisión de proyectos ingresados al SEIA por tipología de literal s), de manera de extraer lecciones que pudiesen ser aplicables a este estudio, tales como los impactos identificados y su relación con los AA y la importancia del humedal como OP. El análisis de dicha revisión está disponible en el **Anexo 12**.

Debido al alcance definido para este capítulo, los lineamientos tienen incidencia en los siguientes procesos o etapas de la evaluación ambiental del SEIA (ver **Figura C5. 1**):

- Determinación, justificación y descripción del Área de Influencia (AI).
- Identificación de impactos.
- Estimación o cuantificación de los impactos.
- Evaluación del impacto.
- Compromisos voluntarios.
- Medidas de mitigación, reparación y compensación.

En los procesos mencionados se estudiarán únicamente los impactos relativos a los Objetos de Protección (OP) de los humedales definidos en la “Guía Área de Influencia en Humedales en el SEIA” (SEA, 2023), estos son: **agua, suelo, flora y vegetación, fauna y ecosistema de humedal**. Quedan fuera otros OP que están vinculados a los humedales pero que no son un aspecto estructurante de este como: aire, sistemas de vida y costumbres de grupos humanos, valor paisajístico y turístico y patrimonio cultural.

Por otro lado, existen algunos procesos que solo se abordan parcialmente y en otros capítulos del presente estudio, estos son:

- **Descripción del proyecto o actividad:** Al ser un proceso caso específico se aborda únicamente en el Capítulo 3 y de forma más detallada en el Anexo 8. Una herramienta útil para este proceso será también la Matriz de Alteraciones (Anexo Digital 3).
- **Plan de seguimiento:** Se proponen una serie de indicadores por OP (Anexo Digital 1), que podrán apoyar la conceptualización de un plan de seguimiento. Además, de forma general se proponen lineamientos para hacer seguimientos de las medidas en sus fichas (Anexo 14)

Por último, hay ciertos procesos requeridos en el proceso de evaluación ambiental en el SEIA que quedan fuera del alcance de este estudio, estos se listan a continuación:

- Permisos ambientales Sectoriales y Normativa Ambiental.
- Plan de cumplimiento de legislación ambiental aplicable (Permisos ambientales sectoriales y normativa ambiental).
- Situaciones de riesgo o contingencia.
- Plan de prevención de contingencias y emergencias (Situaciones de riesgo o contingencias).

La **Figura C5. 1** muestra el proceso de evaluación de impacto ambiental donde se destacan aquellos procesos que se abordan metodológicamente en el estudio o bien, que se abordan de forma parcial. Además, para cada proceso de indican las herramientas generadas en este estudio que serán útiles en cada caso. El listado y ubicación de estas herramientas se muestra en la **Tabla C5. 1**.

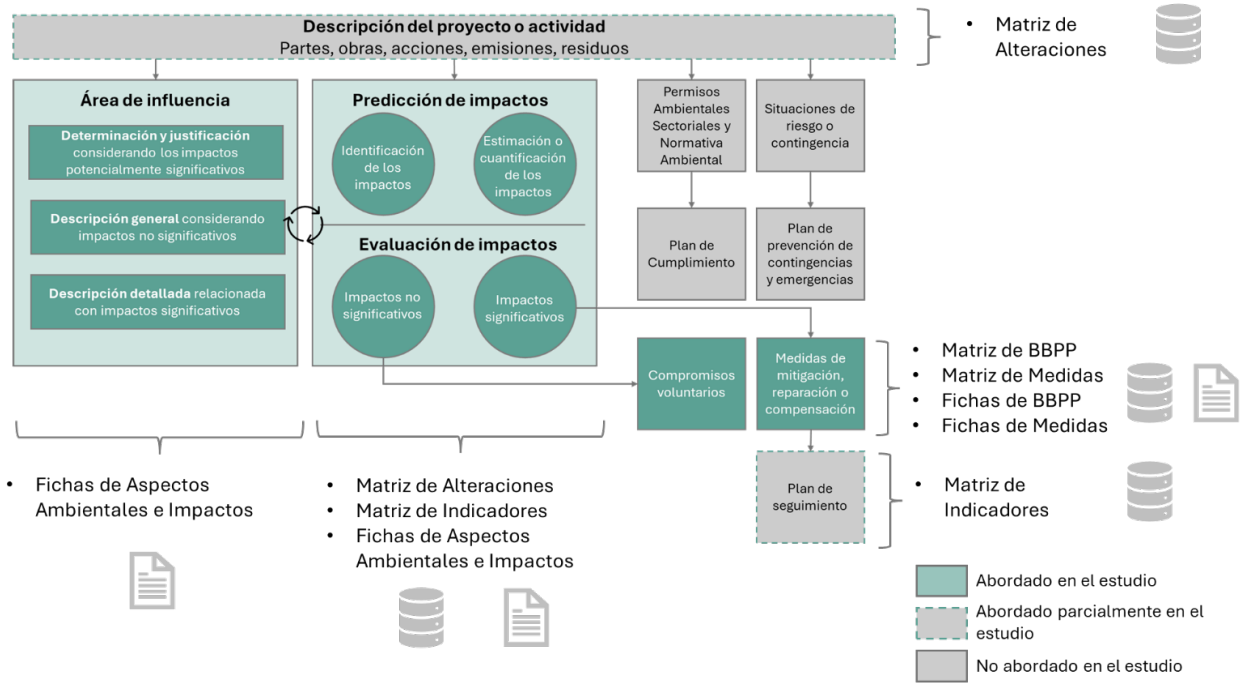


Figura C5. 1. *Proceso de evaluación de impacto ambiental y componentes que aborda el alcance de este estudio. Fuente: Adaptada de SEA, 2023.*

Tabla C5. 1. *Herramientas útiles para el proceso de evaluación ambiental. Fuente: Elaboración propia.*

	Herramienta	Tipo	Anexo	Formato
	Matriz de indicadores	Base de datos	Anexo digital 1	Excel (.xlsx)
	Matriz de alteraciones	Base de datos	Anexo digital 3	Excel (.xlsx)
	Matriz de buenas prácticas	Base de datos	Anexo digital 4	Excel (.xlsx)
	Fichas de buenas prácticas	Fichas	Anexo 9	N/A

	Herramienta	Tipo	Anexo	Formato
	Fichas de aspectos ambientales e impactos	Fichas	Anexo 13	N/A
	Matriz de medidas	Base de datos	Anexo digital 6	Excel (.xlsx)
	Fichas de medidas	Fichas	Anexo 14	N/A

A pesar de que no se abordará la descripción de proyectos en este capítulo, cabe mencionar que, los nombres de las etapas utilizadas usualmente en contextos de infraestructura vial o fluvial difieren de los utilizados en una DIA o un EIA. La relación entre los nombres de las etapas se muestra en la **Tabla C5. 2**. Esta conversión es crucial para la construcción del cronograma de la obra a evaluar ambientalmente en base al uso de la Matriz de Alteraciones (Anexo Digital 3).

Tabla C5. 2. *Relación entre los nombres de las etapas de una obra en contextos de infraestructura vial o fluvial (Etapa MOP) y las usadas en dentro del SEIA. Fuente: Elaboración propia.*

Etapa SEIA	Etapa MOP	Descripción
Construcción	Instalación	Incluye actividades como apertura de empréstitos y botaderos e instalación de faenas.
	Ejecución	Ejecución de diferentes actividades y procesos técnicos asociados a la construcción de la obra.
	Finalización	Incluye el cierre de las instalaciones con el retiro de maquinarias y personal, además del abandono de empréstitos y botaderos. Considera también restituciones de suelo, vegetación y condiciones de drenaje del terreno, además de nivelaciones de terreo de acuerdo a la topografía original de los sitios.
Operación	-	No se considera dentro del cronograma del contrato MOP. En el SEIA, esta etapa debe considerar todas las actividades vinculadas al uso de la infraestructura, (por ejemplo, tránsito de vehículos) así como también todas las obras de conservación requeridas a lo largo de la vida útil del proyecto.
Cierre	-	En general, las obras de infraestructura vial y fluvial declaran vida útil indefinida por lo que la etapa de cierre no se evalúa dentro del SEIA ni aparece en el cronograma del contrato MOP.

Para cumplir con los objetivos planteados, el Capítulo 5 se estructura en cinco secciones. En esta primera sección se definen los alcances y objetivos del capítulo. La segunda sección proporciona directrices generales para la predicción y evaluación de impactos en humedales, basándose en la normativa ambiental vigente y las guías publicadas por el SEA, con aplicaciones específicas para obras del MOP. La tercera sección aborda los aspectos ambientales (AA) de las obras descritas en el Capítulo 3 y los posibles impactos asociados a cada uno de ellos. En la cuarta sección se presentan fichas técnicas que guían la evaluación ambiental de los distintos AA, las cuales están recopiladas en el Anexo 13. Finalmente, la quinta sección expone una estrategia para implementar medidas de mitigación, reparación y/o compensación, así como compromisos voluntarios, complementada por el Anexo 14 de **Fichas de Medidas** y el Anexo Digital 6, que incluye la **Matriz de Medidas**.

5.2. Lineamientos generales para predecir y evaluar impactos en humedales en el SEIA

5.2.1. Objeto de protección y atributos ecológicos clave

El primer paso para analizar los impactos ambientales es comprender sobre cuál o cuáles objetos de protección (OP) ocurren dichos impactos. Los OP son los elementos del medio ambiente que se pretende proteger de los impactos ambientales y se desprenden del artículo 11 de la Ley 19.300. En el caso particular de los humedales, tal como lo precisa la Contraloría General de la República (CGR) en el Dictamen N°E157665/2021, son OP de estos sus flujos ecosistémicos, sus componentes y las interacciones entre estos. Esto se definen de forma más clara en la "Guía Área de Influencia en Humedales en el SEIA" (SEA, 2023) como: agua, suelo, flora y vegetación, fauna y ecosistema de humedal. Los potenciales impactos sobre estos OP son variados, pero existen algunos cambios generales y que ocurren de manera frecuente en la interacción con obras MOP:

- **Agua**: La presencia de agua en el humedal y la temporalidad con la que ocurre, es el factor forzante que configura el resto de los factores que determinan que exista o no un humedal. Intervenciones como revestimiento de canales, desvío de cauces, instalación de barreras transversales, entre otras, alteran los patrones hidrológicos y de saturación en un humedal. Por otro lado, acciones de obras MOP como acondicionamiento de terreno o movimiento de tierra, pueden significar un aumento en el arrastre de sedimentos deteriorando la calidad del agua del humedal. Este deterioro también puede ocurrir frente a derrames de contaminantes como combustible, pinturas, entre otros.

- **Suelo**: Múltiples obras requieren la extracción y/o reemplazo de suelo, esto sucede en acciones como escarpe, retiro de suelo vegetal, extracción de áridos, rebajes, entre otros. Eso significa una pérdida de suelo y de su estructura y por ende un deterioro del hábitat para flora y fauna. Por otro lado, la construcción de obras MOP requieren del tránsito de maquinaria de diferente tamaño lo que en algunos casos significa una alta compactación del suelo. Otras alteraciones en el suelo se producen por cambios en los patrones de saturación, derrame de contaminantes y deposición de sedimentos.

- **Flora y vegetación**: La remoción de vegetación para despejar zona de trabajo, instalación de faenas y acciones propias de una obra (ej, limpieza de riberas) tiene un efecto inmediato sobre la riqueza y diversidad de especies de plantas. Las plantas son un eslabón básico en la cadena trófica por lo que su alteración produce cambios en otros organismos que se alimentan de la vegetación. Por otro lado, un efecto frecuente que se observa en obras MOP es la introducción de especies invasoras de manera accidental. Concretamente, la aplicación de todo tipo de material granular externo, puede conllevar la introducción de semillas de especies como el aromo australiano (*Acacia dealbata* y *Acacia melanoxylon*) y el espinillo amarillo (*Ulex europaeus*). Estas especies son muy competitivas y colonizan rápidamente desplazando especies de flora nativa de crecimiento más lento. Por último, existen múltiples formas de alterar la flora y vegetación de manera indirecta al alterar la cantidad o calidad del agua, como también el suelo.

- **Fauna**: El impacto más frecuente sobre la fauna vinculado a las obras MOP es la generación de ruido. A lo largo del ciclo de vida de una obra, se producen ruidos por el uso de maquinaria pesada, transporte de materiales y transporte vehicular general. Esto produce estrés en la fauna circundante, lo que puede llevarlas a abandonar los sitios de forma permanente. En el caso de zonas de reproducción, esto es especialmente grave ya que perjudica la posibilidad de supervivencia y reproducción de la fauna. Un segundo impacto relevante que presentan las obras MOP es la introducción de especies invasora como los perros y gatos. A pesar de no estar directamente vinculados a la obra, es común que en instalaciones de faenas llegue este tipo de fauna doméstica. La presencia de perros produce resulta frecuentemente letal para mucha fauna silvestre y también para la crianza de ganado, por lo cual ha sido catalogada como una especie dañina. Por otro lado, acciones como extracción de suelo o extracción de vegetación significan un deterioro y/o pérdida de hábitat para la fauna.

- **Ecosistema**: Este OP refleja atributos integrales del ecosistema del humedal. La estructura y funcionamiento del humedal en su conjunto se ve reflejada en la conectividad del humedal con el paisaje y en el correcto flujo de energía y materia dentro del sistema. La integridad del ecosistema se ve alterada por las obras MOP ya que de una u otra forma se produce deterioro de alguno de los OP que sustentan al humedal. Sin embargo, este OP también permite observar de forma más holística las ganancias netas que distinguen un buen diseño de proyecto de infraestructura en el largo plazo. La etapa de diseño de un proyecto es crucial para incorporar medidas y buenas prácticas que pueden compatibilizar el desarrollo de obras MOP con la protección de los humedales.

Cada uno de los OP mencionados ha sido estudiado para definir sus **Atributos Ecológicos Clave** (AEC) en el contexto de los humedales. Este concepto fue estudiado en detalle en el Capítulo 2, y es similar a lo definido por el SEA como atributo, el cual se entiende como elementos del medio ambiente que permiten describir el funcionamiento y estado de los OP, para lo cual se pueden emplear las cualidades o propiedades de un determinado componente o elemento del medio ambiente. A su vez, se definieron una serie de indicadores de viabilidad ecológica que permiten cuantificar el estado de salud del humedal. Los detalles de estos indicadores se muestran en el Anexo Digita 1 Matriz de Indicadores.

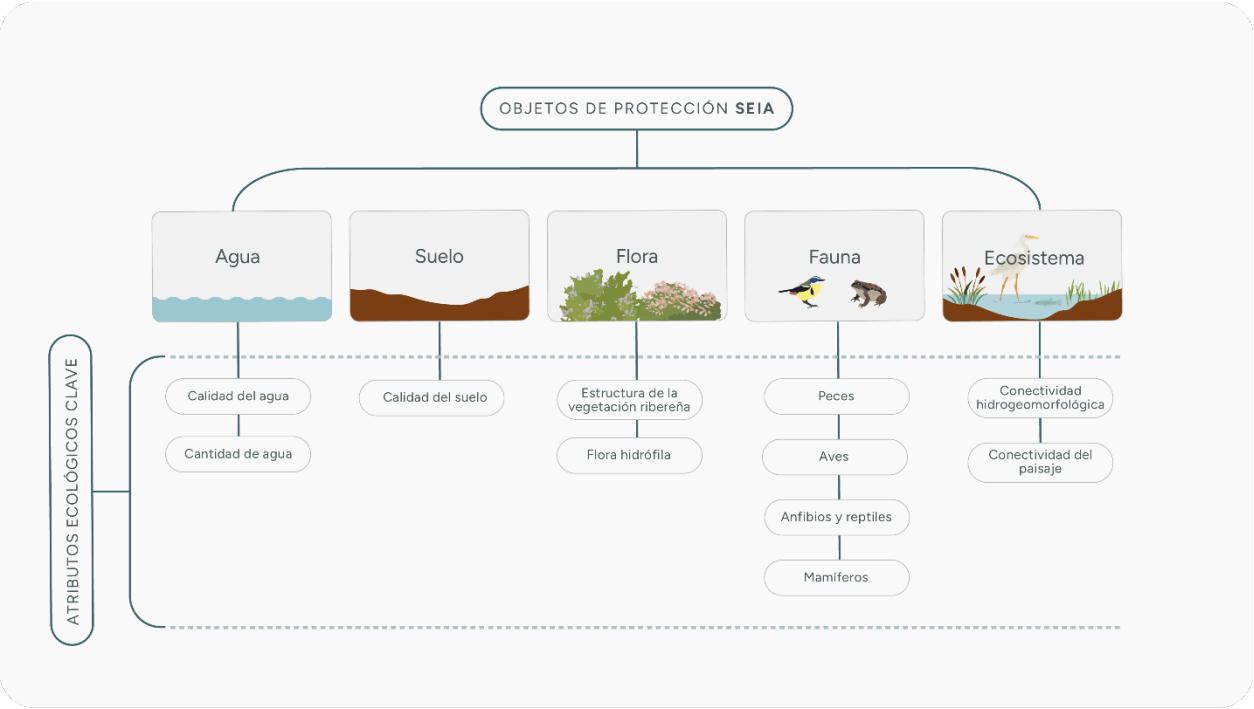


Figura C5. 2. *Atributos Ecológicos Clave (AEC) por Objeto de Protección (OP). Fuente: Elaboración propia.*

Las guías o criterios publicados por el SEA útiles para entender la caracterización de los OP desde la perspectiva da la institucionalidad ambiental:

- Criterio de Evaluación en el SEIA: Objetos de protección (SEA, 2022)
- Guía para la descripción del Área de Influencia: Descripción de los componentes suelo, flora y fauna de ecosistemas terrestres en el SEIA (SEA, 2015)

5.2.2. Determinación, justificación y descripción del área de influencia

Según la definición del Reglamento del SEIA, artículo 2°, letra a), el AI es el "área o espacio geográfico, cuyos atributos, elementos naturales o socioculturales deben ser considerados con la finalidad de definir si el proyecto o actividad genera o presenta alguno de los efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la Ley, o bien para justificar la inexistencia de dichos efectos, características o circunstancias". Algunos puntos relevantes para tener en cuenta al minuto de delimitar, justificar y describir el área de influencia se listan a continuación:

- El AI corresponde al área o espacio geográfico de donde se obtiene información necesaria para predecir y evaluar los impactos.
- La delimitación y descripción del AI se debe realizar tanto en EIA como en DIA.
- El titular debe precisar los límites espaciales del área donde se expresan dichos impactos, para luego describir los OP y atributos al interior de dicha área.
- Las AI se deben definir y justificar para cada elemento afectado del medio ambiente. Se habla en plural de las AI, ya que un solo proyecto o actividad tendrá varias AI, a razón de cada OP ambiental receptor de impactos.
- Las áreas de influencia de un proyecto o actividad que ingresa al SEIA son delimitadas únicamente para los objetos de protección, y no así para los atributos, ya que los primeros son los que el legislador buscó proteger a través de los distinto instrumentos legislativos.
- La delimitación de las AI se orienta a los impactos del proyecto o actividad sobre el humedal y, por lo tanto, puede contener al ecosistema completo o una sección de este.
- En el límite del polígono que circunscribe el AI, la condición ambiental se iguala a la situación sin proyecto y, por lo tanto, no es posible percibir el o los impactos.

La **Figura C5. 3** muestra la metodología general para delimitar las AI. Esta se presenta como un **proceso iterativo** con la predicción y evaluación de los impactos y conjunto con la descripción de los OP. Para el desarrollo del **paso 1** y **paso 2**, asociados a la Descripción del proyecto y sus Factores Generadores de Impacto (FGI) y definición geográfica (espacialización) de los FGI, respectivamente, será de gran utilidad trabajar con la Matriz de Alteraciones (Anexo Digital 3) así como con las características propias de la obra o actividad. Notar que para el **paso 2** en algunos casos será necesario modelar la extensión de los efectos del FGI, para esto será útil revisar los estudios propuestos en la Matriz de estudios (Anexo 10) como también las fichas de AA. Para los pasos del 3 en adelante se recomienda trabajar con las fichas de AA (Anexo 13), con las recomendaciones generales que se presentan en las próximas secciones y con las diferentes guías y criterios SEA citados. Además, la caracterización del OP podrá seguir los lineamientos propuestos en el Capítulo 3.

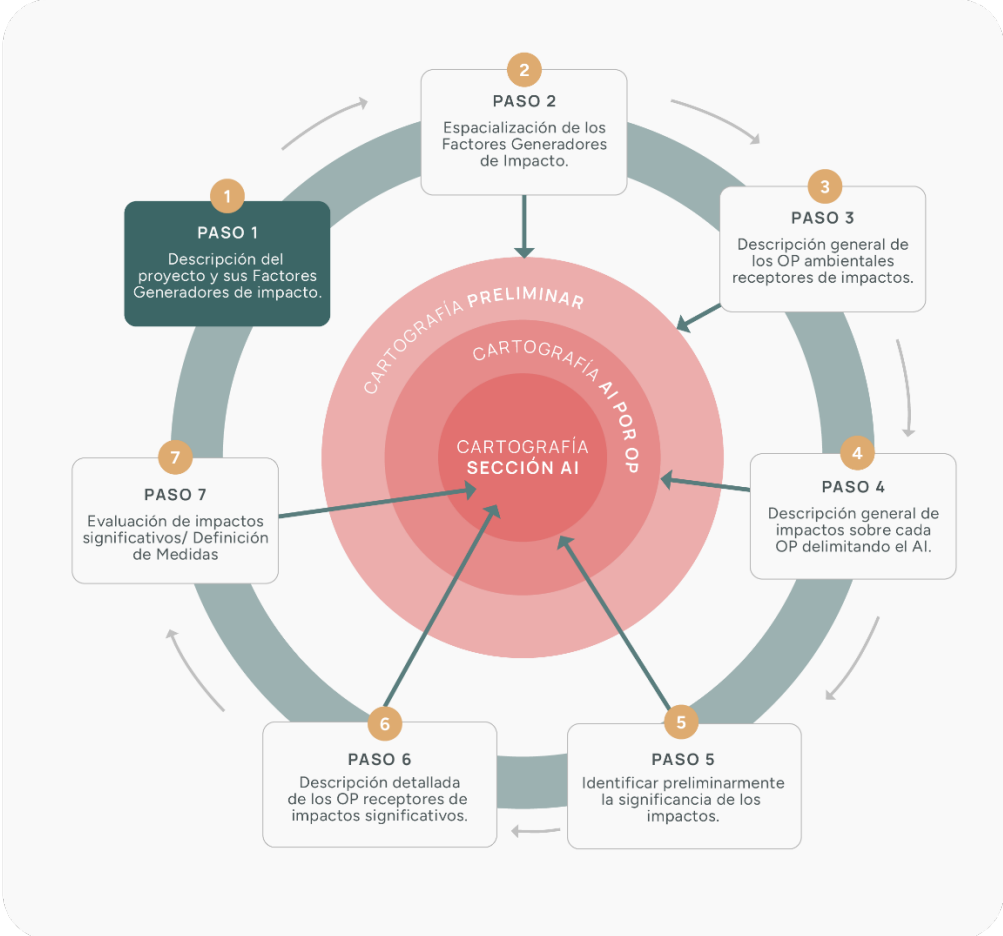


Figura C5. 3. *Esquema metodológico para delimitar áreas de influencia. Fuente: Elaboración propia en base a Guía Área de Influencia en humedal en el SEIA (SEA, 2023).*

Las guías o criterios publicados por el SEA que son útiles para adoptar criterios técnicos en la determinación, justificación y descripción general del AI son:

- Descripción del Área de Influencia: Guía Área de Influencia en humedal en el SEIA (SEA, 2023)
- Guía sobre el Área de Influencia en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEA, 2017)
- Guía para la descripción del Área de Influencia: Descripción de los componentes suelo, flora y fauna de ecosistemas terrestres en el SEIA (SEA, 2015)

5.2.3. Identificación de impactos

Se entiende por identificación de impactos ambientales al reconocimiento de estos derivados de la ejecución o modificación del proyecto o actividad que se somete a evaluación ambiental. De forma general, para identificar impactos se debe tener en cuenta:

- Los impactos ambientales son causados por los FGI, los que se definen como los elementos del proyecto o actividad, en consideración a su localización y temporalidad, así como por sus

emisiones, efluentes, residuos, explotación, extracción, uso o intervención de recursos naturales, mano de obra, suministros o insumos básicos y productos o servicios generados, según correspondan, que por sí mismos, generan alteración en el medio ambiente y que son identificables en cada una de las fases del proyecto (Capítulo “Descripción de Proyecto” en una DIA o EIA).

- La identificación de los impactos debe considerar las alteraciones a los elementos del medio ambiente. Notar que los elementos del medio ambiente pueden ser OP o atributos eclógicos clave.
- Una herramienta comúnmente utilizada para la identificación de impactos son las matrices causa-efecto. En estas se identifican los FGI y los elementos del medio ambiente alterados. En su elaboración y desarrollo se identifican e individualizan las alteraciones a cada uno de los elementos del medio ambiente,
- La predicción de los impactos ambientales se debe efectuar considerando el estado de los elementos del medio ambiente y la ejecución del proyecto o actividad en su condición más desfavorable.
- Se deben predecir tanto los impactos directos como indirectos.
- Se deberá seleccionar la escala espacial y temporal adecuada para la identificación del impacto. Esto depende de las características propias del humedal. Algunos lineamientos para los humedales estadísticamente significativos para las obras MOP consideradas en este estudio se muestran al final de las fichas por AA.

La Matriz de Alteraciones (Anexo Digital 3) corresponde a una matriz causa-efecto estándar para la selección de obras viales y fluviales propias de este estudio. Cabe destacar que la elaboración de una matriz causa-efecto es un ejercicio dinámico y variable y la Matriz de Alteraciones es un punto de partida el cual debe ser complementado con características específicas de la obra y del humedal receptor.

Para el proceso de identificación de impactos es importante notar que los FGI pueden ocasionar diferentes tipos de impactos. Los impactos no ocurren en un medioambiente intacto, sino que, por lo general, ya existen intervenciones previas y presiones externas que perjudican su integridad y resiliencia ante cambios adicionales. Es por esto que se debe considerar de qué manera los impactos simples o “directos” producen impactos “indirectos” que pueden ser acumulativos, sinérgicos o en cadena.

Alteración directa: Tiene incidencia inmediata sobre algún elemento del medio ambiente. Por ejemplo:

- La pérdida de bosque nativo debido a su corta.
- La reducción de caudal de un río por extracción de agua.

Alteración indirecta: Aquella en que la incidencia inmediata sobre algún elemento del medio ambiente afecta a otro elemento del medio ambiente, estos pueden ser resultado de un proceso en **cadena**, **acumulativos o sinérgico**. Por ejemplo:

- La pérdida de bosque nativo puede ocasionar la pérdida de hábitat para la fauna terrestre y aves.
- La reducción del caudal del río puede ocasionar la alteración de los ecosistemas acuáticos del mismo.

En el presente estudio, se considerarán las definiciones presentes en la **Tabla C5. 3** para describir y evaluar el tipo de impactos. Cabe destacar que en las Fichas de AA (Anexo 13) se abordarán únicamente los impactos directos y en cadena, esto ya que los acumulativos y sinérgicos dependerán del territorio en el cual se ejecuta la obra.

Tabla C5. 3. *Tipos de impactos generados por obras MOP que interactúan con humedales urbanos. Fuente: Elaboración propia.*

	Tipo de impacto	Descripción	Ejemplo
Directo	Directo o simple	Ocurre como resultado directo de una actividad o acción específica. Estos impactos son fáciles de identificar y medir, ya que la **relación causa-efecto** es clara.	La construcción de una carretera puede generar ruido que altera de forma directa la fauna generando impactos como perturbación de patrones de comportamiento de fauna o daños fisiológicos directos.
Indirecto	En cadena	Un impacto inicial **desencadena una serie de efectos secundarios**. Estos impactos pueden propagarse a través de diferentes componentes del medio ambiente, generando complejas consecuencias interrelacionadas.	La perturbación del suelo aledaño al humedal altera los procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimentos, esto a su vez produce el deterioro de las propiedades químicas y biológicas del agua y del suelo, lo que repercute en la flora y fauna por impactos sobre la red trófica.
	Acumulativo	Resultado de los **efectos sucesivos, incrementales y/o combinados** de una acción, proyecto o actividad en una zona, territorio o componente determinado, que se pueden sumar a los efectos de otros emprendimientos existentes, planificados y/o razonablemente previsibles, se encuentren con autorización ambiental o sin ella.[50]	El relleno de pequeñas áreas del borde de un humedal puede tener un impacto menor de forma aislada, pero los rellenos acumulados en el largo plazo pueden llevar a la pérdida significativa de biodiversidad y alteración de ecosistemas completos.
	Sinérgico	Surgen de la interacción entre dos o más impactos simples, generando un **efecto combinado que es mayor que la suma de los efectos individuales**[51]. Este tipo de impacto puede amplificar los efectos negativos sobre el medio ambiente.	En el caso de lluvias en zonas industriales, se ocasiona un impacto por lluvia ácida. La combinación de contaminación del aire y del agua puede tener un efecto sinérgico más severo sobre la salud de los ecosistemas y las especies que habitan en ellos, comparado con los efectos de cada contaminante por separado.

[50] Ref. Informe Final Recomendaciones metodológicas para la evaluación de impactos acumulativos en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental de Chile, disponible en el Centro de Documentación del sitio web del SEA, www.sea.gob.cl.
[51] Ref. Artículo 2, letra h bis), de la Ley N°19.300.

5.2.4. Estimación o cuantificación de los impactos

Se entiende por **estimación** de los impactos ambientales, la valoración de la alteración sobre el componente ambiental, a partir de alguna cualidad comparable (análisis cualitativo), mientras que por **cuantificación** de los impactos ambientales se entiende la determinación de la magnitud numérica de alguna propiedad cuantificable o medible del elemento ambiental alterado[52].

Para la cuantificación de los impactos se utilizan modelos, simulaciones, mediciones o cálculos matemáticos con el fin de determinar la magnitud numérica de alguna propiedad cuantificable o medible del OP alterado. Cuando no es posible cuantificarlo, se adoptan estrategias cualitativas para la estimación del impacto. Al igual que la predicción de impactos, debe hacerse considerando la condición más desfavorable.

Para la estimación o cuantificación de impactos, proceso aplicable en DIA y en EIA, serán útiles los Fichas de Estudios y especialmente las Fichas de AA, anexos 10 y 13, respectivamente.

5.2.5. Evaluación de la significancia del impacto

La evaluación de un impacto ambiental consiste en determinar si los impactos predichos constituyen impactos significativos en base a los criterios del artículo 11 de la Ley 19.300 y detallados en el Título II del Reglamento del SEIA.

En el artículo 11 de la Ley 119.300 se listan seis efectos, características o circunstancias (ECC) que, de cumplirse, el proyecto **deberá elaborar un EIA**. En el presente estudio se abordará únicamente la letra b) la cual corresponde a:

- *"Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire".*

De acuerdo al artículo 6° del Reglamento del SEIA, el titular deberá presentar en el EIA la evaluación de los siguientes aspectos de recursos naturales renovables:

1. Afectación de la **permanencia** del recurso.
2. Alteración de la capacidad de **regeneración** o renovación del recurso.
3. Alteración de las **condiciones que hacen posible la presencia y desarrollo** de las especies y ecosistemas, con especial énfasis en aquellos recursos propios del país que sean escasos, únicos y representativos.

Con el fin de dar mayor especificidad a estos aspectos, el mismo artículo señala qué se deberá evaluar si se presentan las situaciones de la **Tabla C5. 4**.

[52] Criterio de evaluación en el SEIA: Alcances y principios metodológicos para la evaluación de los impactos ambientales (SEA, 2023).

Cabe destacar además que la significancia de un impacto es lo que determina el tipo y diseño de medidas de mitigación, reparación o compensación o bien si el titular busca tener compromisos voluntarios.

Tabla C5. 4. *Consideraciones para evaluar si existen efectos adversos significativos sobre los recursos naturales renovables según el Reglamento del SEIA. Fuente: Elaboración propia.*

Consideración	OP alterado
La pérdida de suelo o de su capacidad para sustentar biodiversidad por degradación, erosión, impermeabilización, compactación o presencia de contaminantes.	Suelo
La superficie con plantas, algas, hongos, animales silvestres y biota intervenida, explotada, alterada o manejada y el impacto generado en dicha superficie. Para la evaluación del impacto se deberá considerar la diversidad biológica, así como la presencia y abundancia de especies silvestres en estado de conservación o la existencia de un plan de recuperación, conservación y gestión de dichas especies, de conformidad a lo señalado en el artículo 37 de la Ley.	Flora y vegetación y Fauna
La magnitud y duración del impacto del proyecto actividad sobre el suelo, agua o aire en relación con la condición de línea base.	Todos
La superación de los valores de las concentraciones establecidos en las normas secundarias de calidad ambiental vigentes o el aumento o disminución significativos, según corresponda, de la concentración por sobre los límites establecidos en éstas. A falta de tales normas, se utilizarán como referencia las normas vigentes en los Estados que se señalan en el artículo 11 del presente Reglamento. En caso de que no sea posible evaluar el efecto adverso de acuerdo a lo anterior, se considerará la magnitud y duración del efecto generado sobre la biota por el proyecto o actividad y su relación con la condición de línea de base.	Suelo y agua
La diferencia entre los niveles estimados de ruido con proyecto o actividad y el nivel de ruido de fondo representativo y característico del entorno donde se concentre fauna nativa asociada a hábitats de relevancia para su nidificación, reproducción o alimentación.	Fauna
El impacto generado por la utilización y/o manejo de productos químicos, residuos, así como cualesquiera otras sustancias que puedan afectar los recursos naturales renovables.	Agua y suelo
El impacto generado por el volumen o caudal de recursos hídricos a intervenir o explotar, así como el generado por el transvase de una cuenca o subcuenca hidrográfica a otra, incluyendo el generado por ascenso o descenso de los niveles de aguas subterráneas o superficiales.	Agua
Los impactos que pueda generar la introducción de especies exóticas al territorio nacional o en áreas, zonas o ecosistemas determinados.	Flora y vegetación y Fauna

5.2.6. Sobre la consideración del cambio climático

Al evaluar impactos en humedales el titular deberá considerar la variable del cambio climático, de lo contrario, se podrá estar subvalorando la magnitud, extensión o duración, y de la misma manera, la significancia de los impactos y por lo tanto, se podrán generar planes de medidas y de seguimiento insuficientes.

Según lo indicado en la Guía para la predicción y evaluación de impacto ambiental en humedales en el SEIA (SEA, 2022), los efectos adversos del cambio climático pueden generar una sinergia negativa con las obras y acciones de un proyecto, por lo que será necesario identificar de manera temprana estas interrelaciones y efectos. En este sentido, se deberá poner especial atención en aquellos AA que impactan la cantidad de agua y la conectividad hidrológica ya que son componentes estructurantes que podrán verse fuertemente afectados por variaciones en las precipitaciones y temperaturas. Un listado de los AA que afectan directamente la cantidad de agua y la conectividad hidrológica se muestra a continuación:

- Compactación del suelo humedal
- Disposición permanente de material en el humedal o relleno
- Extracción de caudales
- Extracción de suelo
- Impermeabilización del suelo aledaño
- Instalación de pilotes en la sección transversal
- Instalación temporal/permanente de barrera transversal
- Movimiento de tierra en el humedal
- Transformación temporal/permanente de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad
- Transformación temporal/permanente de la zona y frecuencia de inundación

Cabe destacar que estos AA no son excluyentes, el cambio climático podrá tener efecto acumulativo o sinérgico con otros AA también.

Para profundizar en cómo incorporar el cambio climático se recomienda revisar la “Guía metodológica para la consideración del cambio climático en el SEIA” (SEA, 2023), así como también el uso de la plataforma Atlas de Riesgos Climáticos (ARClim) del MMA.

5.2.7. Sobre el efecto acumulativo y sinérgico con otras presiones

Existen múltiples amenazas dentro de la subcuenca en la cual está inserto el humedal que disminuyen la resiliencia de este. En la sección 3.2.4 del Capítulo 3 se listaron una serie de amenazas que podrán tener un efecto acumulativo o sinérgico con los aspectos ambientales, y por ende sus impactos asociados, de la obra. Posibles relaciones entre los Aspectos Ambientales y las amenazas presentes en la subcuenca se listan en la **Tabla C5. 5**.

Tabla C5. 5. *Relaciones entre Aspectos Ambientales y Amenazas de la cuenca que podrían generar un efecto acumulativo y/o sinérgico. Fuente: Elaboración propia.*

Aspecto Ambiental	Amenaza con la que podría generarse un efecto acumulativo o sinérgico
Aumento de tránsito vehicular	• Corredores de transporte y servicios
Compactación del suelo del humedal	• Desarrollo Residencial y Comercial • Agricultura y Acuicultura
Derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño	• Agricultura y Acuicultura • Contaminación
Disposición permanente de material en el humedal o relleno	• Desarrollo Residencial y Comercial
Extracción de caudales	• Modificaciones del sistema natural • Agricultura y Acuicultura • Cambio climático
Extracción de vegetación aledaña al humedal	• Agricultura y Acuicultura • Uso de recursos biológicos • Especies invasoras y problemáticas, patógenos
Extracción de suelo	• Minería y producción de energía
Extracción de vegetación en el humedal	• Agricultura y Acuicultura • Uso de recursos biológicos • Especies invasoras y problemáticas, patógenos
Generación de fuentes de ignición	• Modificaciones del sistema natural • Agricultura y Acuicultura • Cambio climático
Generación de material particulado sedimentable	• Contaminación • Corredores de transporte y servicios
Generación de ruido	• Desarrollo Residencial y Comercial • Corredores de transporte y servicios • Minería y producción de energía • Intrusión y perturbaciones humanas
Generación y mala gestión de residuos sólidos	• Contaminación
Impermeabilización del suelo aledaño	• Desarrollo Residencial y Comercial
Ingreso de especies domésticas de libre circulación	• Desarrollo Residencial y Comercial • Especies invasoras y problemáticas, patógenos • Agricultura y Acuicultura
Instalación de barreras terrestres	• Corredores de transporte y servicios • Minería y producción de energía
Instalación de luminarias cercanas al humedal	• Desarrollo Residencial y Comercial • Corredores de transporte y servicios • Minería y producción de energía

Aspecto Ambiental	Amenaza con la que podría generarse un efecto acumulativo o sinérgico
Instalación de pilotes en la sección transversal	• Modificaciones del sistema natural
Instalación permanente de barrera transversal	• Modificaciones del sistema natural • Corredores de transporte y servicios
Instalación temporal de barrera transversal	• Modificaciones del sistema natural • Corredores de transporte y servicios
Movimiento de tierra en el humedal	• Contaminación • Modificaciones del sistema natural
Perturbación de suelo aledaño al humedal	• Desarrollo Residencial y Comercial • Contaminación
Transformación permanente de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad	• Modificaciones del sistema natural
Transformación permanente de la zona y frecuencia de inundación	• Modificaciones del sistema natural
Uso de fertilizantes, pesticidas y/o herbicidas	• Contaminación • Agricultura y Acuicultura
Uso de flora exótica invasora	• Especies invasoras y problemáticas, patógenos
Uso de material agregado	• Especies invasoras y problemáticas, patógenos
Vertimiento de sedimentos	• Desarrollo Residencial y Comercial • Contaminación

5.2.8. Guías, criterios y normativa aplicables

Existe un conjunto de guías y criterios definidos por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) para orientar a los titulares de proyectos en el desarrollo de las Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) o Estudios de Impacto Ambiental (EIA). Las guías y criterios que podrán ser útiles para el proceso de evaluación ambiental de obras del MOP se muestran en la línea temporal de la **Figura C5. 4** y la **Figura C5. 5**, respectivamente.



Figura C5. 4. *Guías publicadas por el Servicio de Evaluación Ambiental que aplican en general para todos los impactos ambientales de obras MOP que estén en condiciones de ingresar al SEIA. Fuente: Elaboración propia.*

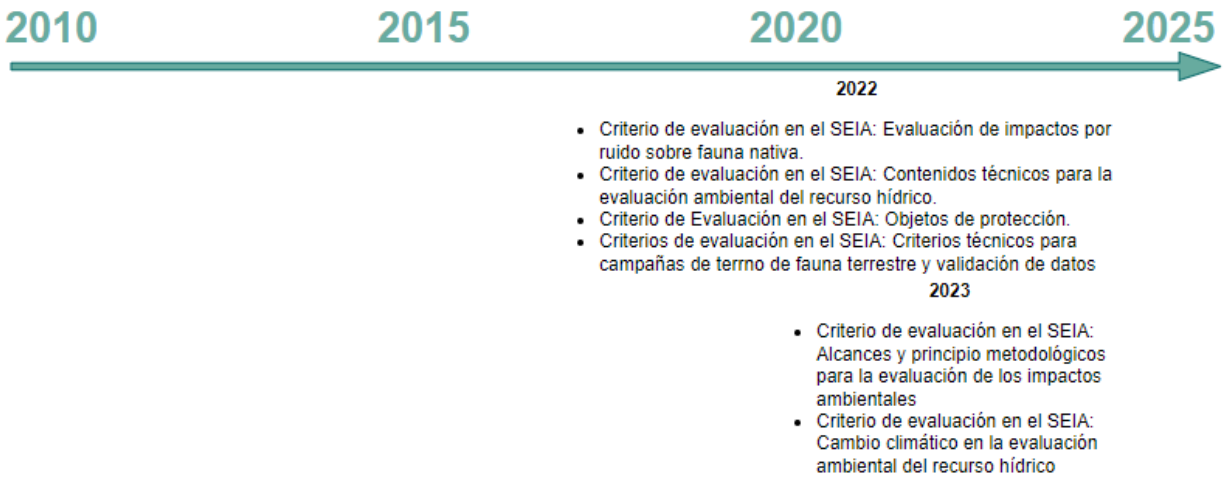


Figura C5. 5*. Criterios para evaluación en el SEIA. Fuente: Elaboración propia.*

5.3. Aspectos ambientales e impactos de obras viales y fluviales del MOP

En el Capítulo 4 se identificaron un total de 29 AA vinculados a la construcción y operación de obras del MOP. Estos se listan en la **Tabla C5. 6** y se clasifican según su permanencia. La permanencia del del AA no debe confundirse con la duración del impacto. La duración del impacto corresponde al tiempo en que permanece alterado el OP o el tiempo que tarda el OP en volver al estado que tenía antes[53], es decir, la duración del impacto podrá ser significativamente mayor que la permanencia del AA.

Un AA se considerará permanente si, una vez que aparece, persiste en el tiempo; es decir, si la acción cesa sin medidas de restauración, el AA sigue existiendo y afectando el medio ambiente. Un AA será temporal si, al desaparecer el FGI, el AA también desaparece y se dejan de introducir cambios en el medio ambiente.

Tabla C5. 6. *Aspectos Ambientales propios de las obras MOP clasificados según su permanencia.*

N	Aspectos Ambientales	AA temporal	AA permanente
1	Aumento de tránsito vehicular	●	
2	Compactación del suelo del humedal		●
3	Derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño	●	
4	Disposición permanente de material en el humedal o relleno		●
5	Extracción de caudales	●	
6	Extracción de suelo		●
7	Extracción de vegetación aledaña al humedal	●	●
8	Extracción de vegetación en el humedal	●	●
9	Generación de fuentes de ignición	●	
10	Generación de material particulado sedimentable	●	
11	Generación de ruido	●	
12	Generación y mala gestión de residuos sólidos	●	
13	Impermeabilización del suelo aledaño		●
14	Ingreso de especies domésticas de libre circulación	●	
15	Instalación de barreras terrestres		●
16	Instalación de luminarias cercanas al humedal	●	●
17	Instalación de pilotes en la sección transversal		●
18	Instalación permanente de barrera transversal		●
19	Instalación temporal de barrera transversal	●	
20	Movimiento de tierra en el humedal	●	
21	Perturbación de suelo aledaño al humedal	●	
22	Transformación permanente de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad		●
23	Transformación permanente de la zona y frecuencia de inundación		●

[53] Criterio de evaluación en el SEIA: Alcances y principios metodológicos para la evaluación de los impactos ambientales (SEA, 2023).

24	Transformación temporal de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad	●	
25	Transformación temporal de la zona y frecuencia de inundación	●	
26	Uso de fertilizantes, pesticidas y/o herbicidas	●	
27	Uso de flora exótica invasora		●
28	Uso de material agregado		●
29	Vertimiento de sedimentos y contaminantes	●	

Cada uno de los AA listados genera cambios en el humedal sobre diferentes AEC de manera directa o en cadena. Para una correcta evaluación ambiental dentro del SEIA, estos 29 AA se vincularon a impactos ambientales sobre los OP agua, suelo, flora y vegetación, fauna y ecosistema. Se identificaron un total de 23 potenciales impactos los cuales se listan en la **Tabla C5. 7**.

Tabla C5. 7. *Listado de potenciales impactos generados en la construcción y/o operación de obras MOP.*

OP	N	Impacto
Agua	1	Alteración del régimen de escurrimiento superficial.
	2	Alteración en el ciclo de nutrientes.
	3	Cambio en el patrón de infiltración o recarga.
	4	Deterioro de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del agua.
	5	Modificación de las condiciones hidráulicas del humedal.
Suelo	6	Deterioro de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del suelo.
Flora y vegetación	7	Introducción de flora exótica e invasora.
	8	Cambio en la composición comunitaria de flora hidrófila.
	9	Cambio en la estructura de las formaciones de vegetación presentes.
	10	Pérdida de cobertura vegetal e individuos de flora hidrófila.
Flora y vegetación y/o fauna	11	Alteración de flora y/o fauna por impactos en cascada sobre la red trófica.
	12	Deterioro de hábitat acuático y/o terrestre para flora y/o fauna.
	13	Transformación de las condiciones de hábitat acuático y/o terrestre.
Fauna	14	Cambio en la composición comunitaria de fauna.
	15	Daños fisiológicos directos
	16	Fragmentación y menoscabo de la meta-población de fauna
	17	Pérdida de individuos de fauna nativa por atropellos, heridas, intoxicación y enfermedades.
	18	Perturbación de patrones de comportamiento de fauna
Ecosistema	19	Alteración de procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimentos.
	20	Cambio en la superficie del humedal.
	21	Interrupción de la conectividad hidrológica.
	22	Fragmentación de ecosistema terrestre y/o acuático.
	23	Modificación de la morfología del humedal o zona ribereña.

La relación entre los 29 AA y los 23 impactos identificados se muestra de forma gráfica en las siguientes figuras. La **Figura C5. 6** relaciona los AA con los potenciales impactos directos mientras que la **Figura C5. 7** agrega también los impactos en cadena. Las figuras buscan graficar la complejidad de los impactos que se pueden generar producto de uno o más AA. El listado de los impactos directos y en cadena se detallan en cada una de las fichas descritas en la Sección 4 y en el Anexo 13 “Fichas de Aspectos Ambientales e Impactos”. Cabe destacar que cada proyecto u obra incluye solo una selección de estos AA.

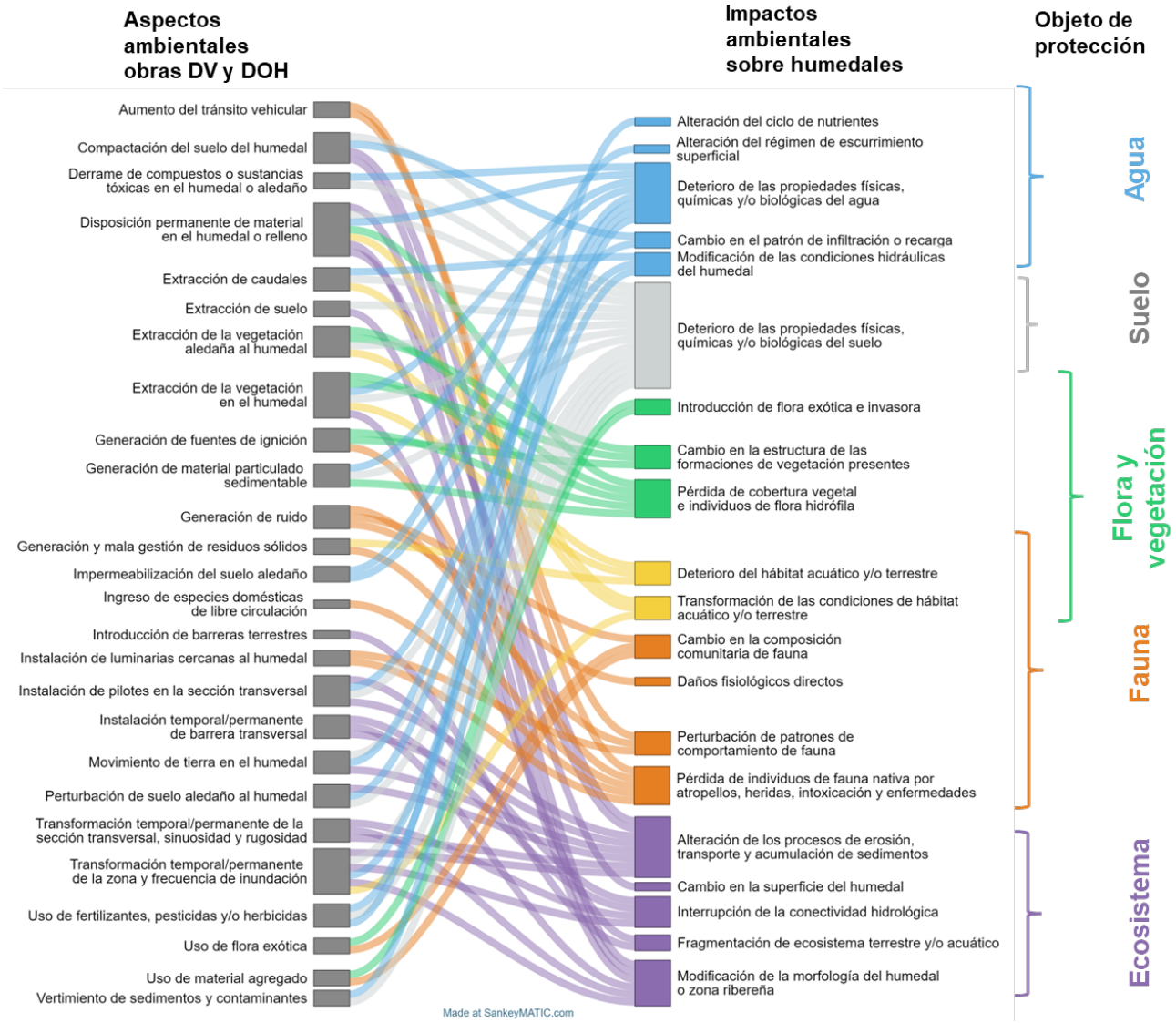


Figura C5. 6. *Relación entre los AA y los potenciales impactos directos sobre los diferentes OP. Fuente: Elaboración propia.*

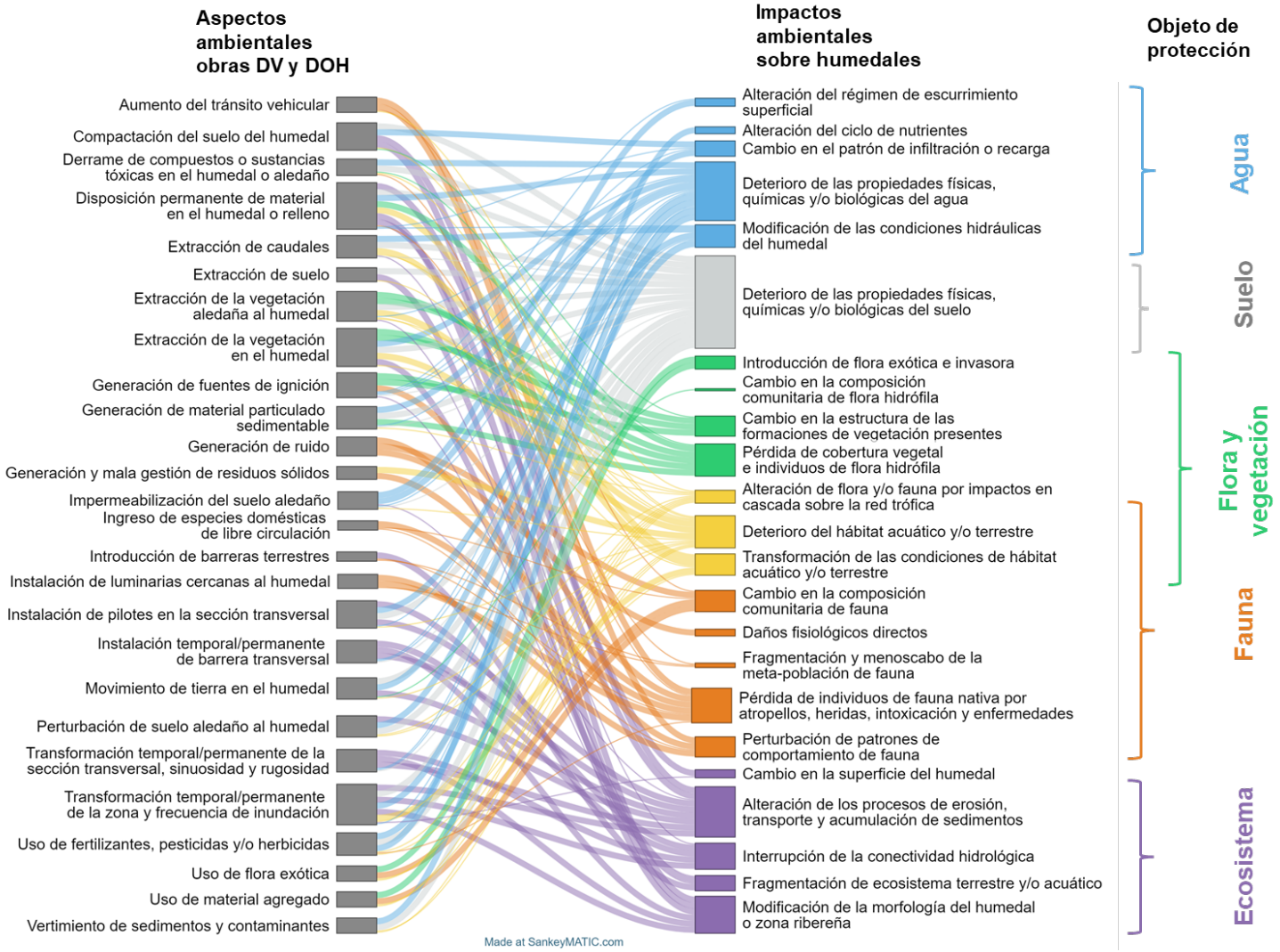


Figura C5. 7. *Relación entre los AA y los potenciales impactos directos y en cadena sobre los diferentes OP. Fuente: Elaboración propia.*

Algunas aclaraciones y recomendaciones sobre la EIA dentro del SEIA:

- Los impactos son potenciales, es decir, no siempre que ocurra el AA ocurrirá el impacto. Esto dependerá de la relación de proximidad, la magnitud y permanencia del FGI, de la resiliencia del humedal receptor, entre otras cosas.
- Los impactos listados podrán ser directos o en cadena dependiendo del AA al cual está vinculado.
- Por lo general los AA ocurren en bloques, es decir, un mismo FGI está asociado a una serie de AA. Por esta razón la identificación de impactos para una obra deberá considerar todos los AA de manera integral. Para esto se recomienda el uso de la Matriz de Alteraciones (Anexo Digital 3).
- Lo anterior es clave para propiciar una **eficiencia de medios** en cuanto a identificar procedimientos técnicos y estudios que son transversales a diversos AA, ya sea para delimitar el área de influencia, identificar, cuantificar y evaluar la significancia de impactos y diseñar medidas.
- Los impactos podrán ser significativos o no significativos. Para descartar que el impacto sea significativo se deberán analizar las condiciones listadas en la **Tabla C5. 4.**
- Existen una serie de **AA que son fácilmente evitables** mediante la implementación estrategias o medidas de control simples. **En lugar de predecir y evaluar el impacto se recomienda implementar buenas prácticas (BBPP) como parte del diseño del proyecto** que permitan descartar el impacto. Algunos ejemplos de AA que son fácilmente evitables son: generación y mala gestión de residuos, ingreso de especies domésticas de libre circulación y uso de flora exótica invasora.
- Existen AA que están vinculados a situaciones de riesgo y contingencia tales como derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño y generación de fuentes de ignición. Se recomienda su incorporación en el “Plan de prevención de contingencias y emergencias”.

Finalmente, cabe mencionar que los AA están presentes, en su mayoría, tanto en obras de conservación como de construcción. Así, la derivación de impactos se hace indistintamente del tipo de obra. Como se podrá observar en las fichas de aspectos ambientales e impactos, se proveen ejemplos de ambos tipos de obras en las que se podría dar un aspecto ambiental e impactos. Si bien en la actualidad las obras de conservación no ingresan al SEIA, la autoridad ambiental ha determinado que el sometimiento al SEIA de los proyectos o actividades, incluyendo actividades relativas a la mantención de infraestructura en humedales, es de competencia exclusiva del SEA[54]. Considerando esto, se tomó una aproximación conservadora, de manera de que en el caso de que una obra de conservación ingrese al SEIA, se pueda seguir con la estrategia para abordar el literal s) propuesta por el estudio. Así, la mención de impactos asociados a una obra de conservación obedece a la existencia de un aspecto ambiental que se da en la relación entre obra y humedal, lo cual se deriva de un análisis técnico y en ningún caso se sugiere que dicha obra debe ingresar al SEIA.

[54] Según lo especificado en la respuesta del SEA a DGOP sobre pronunciamiento respecto a consultas de pertinencia de ingreso de proyectos o actividades o sus modificaciones al SEIA (Documento Digital N° 202399102991).

5.4. Fichas de aspectos ambientales e impactos

Para facilitar la evaluación ambiental de proyectos con titularidad MOP se construyó una ficha por cada AA que entrega directrices y criterios técnicos para los diferentes procesos de la evaluación en el SEIA (**Figura C5. 1**). A continuación, se muestra la estructura de cada ficha y se describe el contenido de cada sección.

<table>
<tr><td colspan="2">ASPECTO AMBIENTAL</td><td colspan="4">Nombre del AA</td><td>00</td></tr>
<tr><td colspan="2">Potenciales impactos directos</td><td colspan="5">• Listado de impactos vinculados al AA que describen alteraciones directas sobre algún OP, es decir, cuya relación causa-efecto es clara.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Potenciales impactos en cadena</td><td colspan="5">• Listado de impactos en cadena que describen alteraciones en cadena sobre algún OP, es decir, que se desencadena por uno o más de los impactos directos listados.</td></tr>
<tr><td colspan="7">AECS AFECTADOS
(Simbología | D: afectación directa. C: afectación en cadena)</td></tr>
<tr><td>OP</td><td colspan="2">Agua</td><td>Suelo</td><td colspan="2">Flora y Vegetación</td><td></td></tr>
<tr><td>AEC</td><td>Calidad del agua</td><td>Cantidad de agua</td><td>Calidad del suelo</td><td>Estructura de la vegetación ribereña</td><td>Flora hidrófila</td><td></td></tr>
<tr><td>Afec.</td><td colspan="6">Se marca con D o C aquellos AEC alterados de forma directa o en cadena, respectivamente.</td></tr>
<tr><td>OP</td><td colspan="4">Fauna</td><td colspan="2">Ecosistema</td></tr>
<tr><td>AEC</td><td>Peces</td><td>Aves</td><td>Anfibios y reptiles</td><td>Mamíferos</td><td>Conectividad hidro.</td><td>Conectividad del paisaje</td></tr>
<tr><td>Afec.</td><td colspan="6">Se marca con D o C aquellos AEC alterados de forma directa o en cadena, respectivamente.</td></tr>
<tr><td colspan="7">Consideraciones para determinar el Área de Influencia (AI)</td></tr>
<tr><td colspan="7">Se entregan lineamientos y criterios técnicos para delimitar espacialmente el AI de los OP afectados de forma directa. En algunos casos también se incluyen indicaciones para los OP afectados en cadena. Debido a que la determinación del AI es proceso iterativo en esta sección se introducen algunos conceptos para la predicción y evaluación de impactos. Además, se listan otros AA que usualmente están vinculados con el AA en cuestión y que deberán ser estudiados para la correcta determinación del AI.</td></tr>
<tr><td colspan="7">Consideraciones para describir los OP en el AI</td></tr>
<tr><td colspan="7">Se proporciona la información mínima requerida para describir los OP alterados. La información debe permitir cuantificar o estimar el cambio con respecto a la condición actual en cuanto a sus magnitud y duración.</td></tr>
<tr><td colspan="7">Lineamientos para identificar el impacto</td></tr>
<tr><td colspan="7">Se presentan lineamientos para poder reconocer la existencia de los impactos vinculados al AA en cuestión. La descripción cuenta con una componente espacial y temporal con el fin de responder cuándo y dónde debe ocurrir el AA para que el impacto exista.</td></tr>
</table>

En todos los casos este proceso debe estar guiado por el uso de la Matriz de Alteraciones (Anexo Digital 3).
Lineamientos para estimar y cuantificar el impacto
Se entregan lineamientos para cuantificar los impactos ambientales usando herramientas como modelos o simulaciones. En el caso de que no apliquen métodos cuantificables se entregan criterios cualitativos en cuanto a Magnitud, Extensión y Duración. En ambos casos se presentan criterios para valorar la alteración a partir de alguna cualidad comparable.
Criterios para evaluar la significancia del impacto
Se definen criterios para determinar si los impactos predichos constituyen aspectos significativos. Se destacan aquellas secciones del artículo 6 del Reglamento SEIA que podrán ser útiles para evaluar la significancia del impacto. *De forma general se describe de qué forma se podrá ver alterada la permanencia, capacidad de regeneración y/o condición que hace posible la presencia del recurso.* *Notar que al entregar lineamientos para la evaluación de la significancia del impacto se busca otorgar una **estrategia para decidir la forma de ingreso al SEIA**, es decir, a través de una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA).*

Guías y/o criterios aplicables	**Normativa pertinente**
Se listan guías específicas vinculadas al AA. No se incluyen guías generales anteriormente mencionadas.	*Se listan componentes de la Ley 19.300 y del Reglamento del SEIA vinculados con la evaluación ambiental de los impactos del AA. En algunos casos se incorporan otras normas aplicables.*

Lineamientos para diseñar medidas de mitigación, reparación o compensación
Se describe el enfoque que debe adoptar el diseño de medidas. Se define si el foco debe estar puesta en la mitigación, la reparación o la compensación.
Vinculación con Criterios Mínimos de Sustentabilidad Ley 21.202
Se muestran extractos de los criterios mínimos de sustentabilidad de la Ley 21.202 aplicables para la evaluación de impactos o bien para el diseño de medidas de mitigación, reparación o compensación.
Consideraciones en la evaluación de impactos para los humedales estadísticamente significativos
Se entregan características propias de los humedales estadísticamente significativos (Ribereños/Ríos, Palustres/Permanentes, Palustres/Turberas, Palustres/Andinos y Almacenamiento/Tranque) que deben ser consideradas al momento de evaluar los impactos.

5.5. Medidas de mitigación, reparación o compensación

5.5.1. Lineamientos generales para el diseño e implementación de medidas

Los proyectos que ingresan al SEIA como EIA deben presentar las medidas de mitigación, reparación o compensación correspondientes para hacerse cargo de sus impactos significativos. Dichas medidas se definen de la siguiente manera[55]:

- Las **medidas de mitigación** tienen por finalidad evitar o disminuir los efectos adversos del proyecto en cualquiera de sus fases, estas consideran:
  - Las que impidan completamente el efecto adverso significativo, mediante la no ejecución de una obra o acción o de alguna de sus partes.
  - Las que minimizan o disminuyen el efecto adverso significativo, mediante una adecuada limitación o reducción de la extensión, magnitud o duración de la obra o acción, o alguna de sus partes.
  - Las que minimizan o disminuyen el efecto adverso significativo mediante medidas tecnológicas o de gestión consideradas en el diseño.
- Las **medidas de reparación** tienen por finalidad reponer uno o más componentes o elementos del medio ambiente a una calidad similar a la que tenían con anterioridad al impacto sobre dicho componente o elemento, o en el caso de no ser ello posible, restablecer sus propiedades básicas, allí donde se espera que ocurran los impactos. Por lo tanto, las medidas de reparación implican acciones que mejoran el estado del elemento ambiental impactado por el proyecto, realizándose **dentro del AI** de tal componente. En ecosistemas de humedales la medida de reparación más idónea es la **restauración ecológica** que implica un proceso de recuperación integral de un ecosistema que encuentre parcial o totalmente degradado, en cuanto a su **estructura, composición y función**, hasta llevarlo a condiciones lo más semejantes posible a las de su condición inicial.
- Las **medidas de compensación** tienen por finalidad producir o generar un efecto positivo alternativo y equivalente a su efecto adverso identificado, que no sea posible mitigar o reparar en el AI, es decir, son medidas que se hacen cargo de los **impactos residuales** del proyecto sobre la biodiversidad en su conjunto. De este modo, las acciones y efectos de las compensaciones se materializan **fuera del AI** de biodiversidad impactada.

Jerarquía de medidas

La aplicación secuencias de medidas se rige por la jerarquía de medidas que se muestra en la **Figura C5. 8**. Los impactos primeramente se evitan, reducen y reparan, para luego ser compensados en el caso de que aún subsistan los impactos residuales (**Figura C5. 9**).

Los impactos residuales son el remanente luego de haber aplicado la jerarquía de medidas, la cual establece que la última medida debe ser la de compensar, cuando por las características del proyecto en evaluación no sea posible evitar, mitigar ni reparar.

[55] Guía para la compensación de la biodiversidad en el SEIA (SEA, 2022)

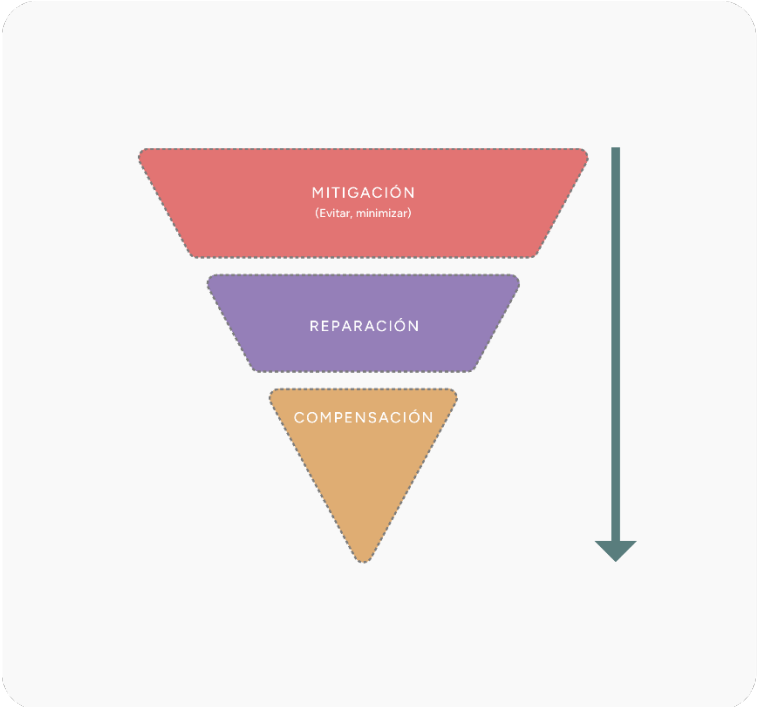


Figura C5. 8. *Jerarquía de medidas y magnitud relativa deseable en la aplicación de medidas. Elaboración propia en base a Fuente: SEA (2022).*

Algunas consideraciones transversales que es necesario tener en cuenta para definir las medidas de mitigación, reparación y compensación apropiadas son:

- La medida debe ser coherente con el impacto identificado y evaluado.
- Ambos, medida e impacto, se deben definir sobre el mismo nivel de organización ecológica. Esto es, el componente y sus atributos, y teniendo en consideración las principales amenazas sobre el componente impactado.
- Las medidas propuestas deben abordar, además de la afectación a elementos bióticos, la afectación a componentes estructurantes de humedales, en términos de cantidad, calidad y disponibilidad.
- Las medidas deben proponerse sobre el mayor y mejor conocimiento posible de los componentes y sus fenómenos ecológicos asociados, considerando el bienestar que proveen a las personas y comunidades humanas.
- Las medidas deben ser evaluadas planteando un seguimiento que dé cuenta de los parámetros y escalas espaciotemporales que permiten evaluar la efectividad de la medida y gestionar el impacto residual.
- La manera más eficiente de aplicar las medidas será realizando un plan de gestión que permita coordinar y complementar las medidas a distintos niveles de organización biológica.

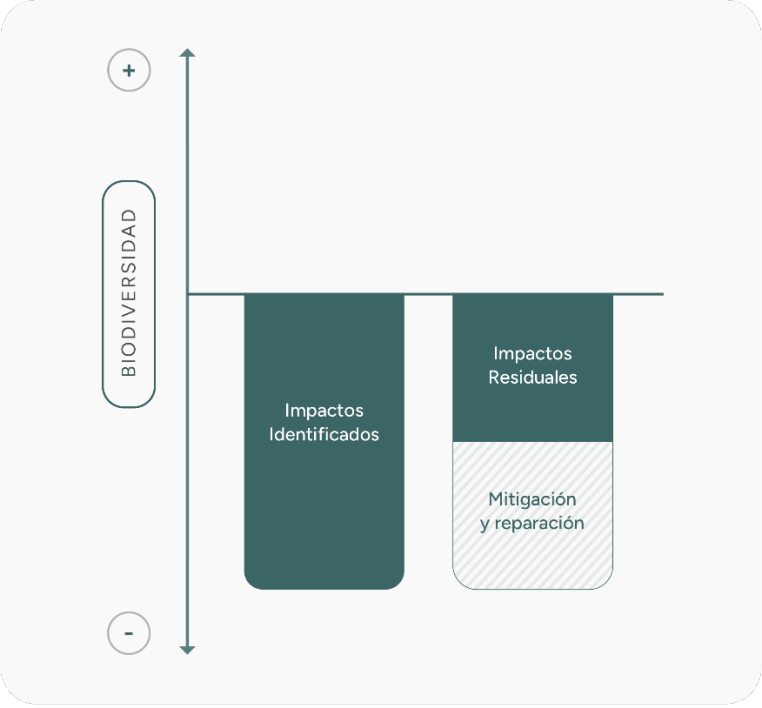


Figura C5. 9. *Impactos residuales. Fuente: Elaboración propia en base a SEA (2022).*

Consideraciones para la implementación de medidas de compensación

Los aspectos metodológicos para el diseño, implementación y monitoreo de medidas de compensación en el marco de SEIA se detallan en las guías:

- "Guía para la compensación de la biodiversidad en el SEIA" (SEA, 2022).
- "Guía metodológica para la compensación de biodiversidad en ecosistemas terrestres y acuáticos continentales" (SEA, 2022).

De forma general, una correcta compensación de la biodiversidad debe cumplir cuatro principios básicos en su ejecución:

- **Adherencia a la jerarquía de medidas:** Se deben aplicar secuencialmente medidas para evitar y minimizar los impactos identificados, luego para reparar los elementos afectados, y como última instancia, compensar los impactos residuales mediante la reposición de los elementos en un sitio distinto al afectado.
- **Requisito de equivalencia:** Busca que los componentes impactados sean compensados en terreno por elementos de similares características, clase (nivel de organización biológica), naturaleza (composición y estructura), calidad y función (procesos evolutivos y ecológicos).
- **Adicionalidad:** La pérdida de la biodiversidad en el AI y la ganancia de biodiversidad en el sitio de compensación deben ser cuantificables por medio de indicadores que permitan medir la adicionalidad que se logra con la medida de compensación propuesta para un impacto que ya no es posible mitigar o reparar. Por lo tanto, que logren producir un efecto

alternativo y equivalente con la finalidad de obtener una **pérdida neta cero** o, preferentemente, una **ganancia neta de biodiversidad**.

- **Existencia de límites para la compensación:** Se refiere a las condiciones de irreemplazabilidad y vulnerabilidad de los componentes o del ecosistema impactado. Puede suceder que no exista un lugar equivalente para realizar la medida de compensación. Esto tendría como consecuencia que no se pueda realizar el proyecto de la manera que está planteado, por lo que se deben cambiar aspectos de su diseño.

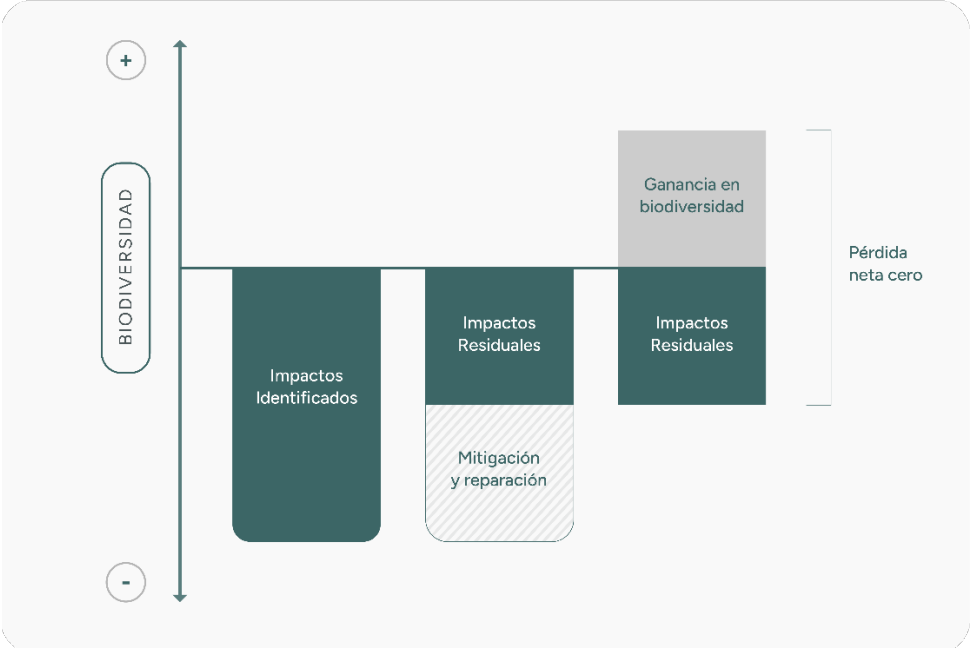


Figura C5. 10: *Aplicación de la jerarquía de medidas y representación gráfica del principio de adicionalidad. Fuente: Elaboración propia en base a SEA (2022).*

5.5.2. Matriz de medidas de mitigación, reparación y compensación

Para guiar el proceso de selección y diseño de medidas de mitigación, reparación y compensación se elaboró un catastro de un total de 114 de medidas aplicables a los diferentes AA e impactos. Estas se clasificaron en 18 categorías y 27 subcategorías según lo indicado en la **Tabla C5. 8**. La cantidad de medidas por subcategoría se indica en la última columna.

Tabla C5. 8*: Categorías y subcategorías de las medidas de mitigación, reparación y compensación.*

N	Categoría	N	Subcategoría	Cantidad de medidas
1	Mantención, limpieza y gestión de residuos en el sitio constructivo	1.1	Mantención, limpieza y gestión de residuos en el sitio constructivo	27
2	Control de emisiones de ruido	2.1	Control de emisiones de ruido	10
3	Control de emisiones de material particulado sedimentable	3.1	Control de emisiones de material particulado sedimentable	4
4	Planificación estratégica del cronograma en etapa constructiva	4.1	Panificación según ciclos de la biota	3
		4.2	Planificación según ciclos hidrológicos	1
5	Reutilización de materiales y minimización de residuos	5.1	Reutilización de materiales y minimización de residuos	2

N	Categoría	N	Subcategoría	Cantidad de medidas
6	Implementación de protocolos de buen relacionamiento con fauna	6.1	Implementación de protocolos de buen relacionamiento con fauna	2
7	Delimitación y zonificación estratégica para la protección de hábitats de relevancia	7.1	Delimitación y zonificación estratégica para la protección de hábitats de relevancia	4
8	Gestión de las aguas lluvias, erosión y arrastre de sedimentos o contaminantes	8.1	Estrategias de Almacenamiento	3
		8.2	Estrategias de Infiltración	4
		8.3	Estrategias de Conducción	3
		8.4	Estrategias de Depuración	2
		8.5	Estrategias para el control de erosión y arrastre de sedimentos	17
9	Creación, mejoramiento o expansión de humedales como hábitat equivalente para flora y fauna	9.1	Creación, mejoramiento o expansión de humedales como hábitat equivalente para flora y fauna	1
10	Restauración ecológica del humedal degradado	10.1	Restauración ecológica del humedal degradado	1
11	Mantención y/o restauración hidrogeomorfológica del cauce	11.1	Mejoramiento de la morfología y sinuosidad del cauce	2
		11.2	Protección de las riberas	2
		11.3	Mantención y/o restauración de la conectividad longitudinal	4
12	Implementación de pasos de fauna o corredores biológicos	12.1	Pasos de fauna	4
		12.2	Dispositivos disuasores de vuelo	1
13	Relocalización de fauna silvestre	13.1	Relocalización de fauna silvestre	3
14	Relocalización de flora silvestre	14.1	Relocalización de flora silvestre	1
15	Control de especies invasoras	15.1	Extracción de especies invasoras	2
		15.2	Diseño de plantación en base a flora nativa	2
16	Minimizar volumen o área vinculada a los aspectos ambientales	16.1	Minimizar volumen o área vinculada a los aspectos ambientales	2
17	Viverización de flora nativa	17.1	Viverización de flora nativa	2
18	Iluminación amigable	18.1	Iluminación amigable	5

Todas las medidas se compilaron en la **Matriz de Medidas** (Anexo Digital 6), esta corresponde a una base de datos en formato Excel (.xlsx). La base de datos se acompaña de una ficha descriptiva por subcategoría, disponible en el Anexo 14.

Los campos o atributos de la Matriz de Medidas son:

- **Categoría:** Nombre de la categoría de la medida (**Tabla C5. 8**)
- **Subcategoría:** Nombre de la subcategoría de la medida (**Tabla C5. 8**)
- **ID Medida:** Numeración de la medida, se vincula a la categoría y subcategoría
- **ID BBPP:** En el caso de que la medida sea también un Buena Práctica se lista el número respectivo de la Matriz de BBPP (Anexo Digital 4).

- **Medida:** Nombre de la medida.
- **Descripción:** Descripción general de la medida. Por lo general se indican guías o manuales para su correcto diseño.
- **Mi, Re, Co:** Se clasifica la medida si corresponde a una medida de mitigación, reparación o compensación. La clasificación se realiza utilizando los símbolos de la **Tabla C5. 9**.
- **Aspecto ambiental 1, 2 y 3:** Indica los diferentes AA de la obra para los que es pertinente aplicar la medida. El AA 1 es el primario y directo, mientras que el AA 2 y AA 3 son secundarios. En algunos casos la medida aplica a más AA, pero se listan solo los principales. Se recomienda realizar la búsqueda de las medidas en función de estos campos, haciendo filtros según los AA identificados para la obra usando la Matriz de Alteraciones y la Matriz de Aspectos Ambientales y Cambios en el Humedal.

Tabla C5. 9: *Símbolos para clasificar medidas de mitigación, reparación y compensación. Fuente: Elaboración propia.*

Símbolo	Descripción
	La medida puede ser utilizada para la clase indicada en la columna.
	La medida puede ser parte de o complementar otras medidas para ser utilizada en la clase indicada en la columna. Por si sola no es suficiente.
	La medida no aplica a la clase indicada en la columna.

Sobre los Compromisos Ambientales Voluntarios

Para aquellos impactos no significativos se podrán implementar compromisos ambientales voluntarios, no exigidos por la legislación vigente. Cualquier medida listada en el Anexo Digital 6 podrá aplicar como tal. Estos se deben seleccionar acorde a los AA identificados.

5.5.3. Fichas de medidas de mitigación, reparación y compensación

Como complemento del catastro de medidas recopilado en la Matriz de Medidas, se elaboró una ficha para cada subcategoría de medidas. A continuación, se describe cada campo disponible en la ficha.

<table>
<tr><td>Categoría</td><td colspan="4">Nombre de la categoría</td></tr>
<tr><td>Sub-Categoría</td><td colspan="4">Nombre de la subcategoría</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Tipologías de medidas</td><td>Mitigación</td><td>Reparación</td><td>Compensación</td><td>Objeto(s) de Protección</td></tr>
<tr><td colspan="3">Clasificación de la medida según Tabla C5. 9.</td><td>Objeto (s) de protección asociado(s) a la medida</td></tr>
<tr><td colspan="3">Aspectos Ambientales a los que podría aplicar</td><td colspan="2">Impactos Ambientales a los que podría aplicar</td></tr>
<tr><td colspan="3">Listado de principales AA para los cuales la medida podría aplicar.</td><td colspan="2">Listado de Impactos Ambientales que la medida podrá mitigar, reparar o compensar.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Descripción general</td></tr>
<tr><td colspan="5">Descripción breve de la subcategoría, se indican sus objetivos y principales lineamientos técnicos.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Escala espacial</td><td colspan="2">Escala temporal</td></tr>
<tr><td colspan="3">Se entregan lineamientos de la ubicación y escala espacial de la medida.</td><td colspan="2">Se indica en qué fase del proyecto se podría utilizar la medida.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Ejemplos de medidas</td></tr>
<tr><td colspan="5">Se describen con mayor detalle algunos ejemplos de las medidas de la subcategoría. Se incorporan esquemas e imágenes reales para cada una.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Otras medidas (Revisar Anexo Digital 6 Matriz de Medidas)</td></tr>
<tr><td colspan="5">Se listan las medidas que están en la Matriz de Medidas pero que no se describen en el campo “Ejemplos de Medidas”.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Buenas prácticas vinculadas</td></tr>
<tr><td colspan="5">En el caso de que la subcategoría cuente con medidas que provienen del catastro original de BBPP (Anexo Digital 4), se listan los nombres y numeración de estas para tener la referencia cruzada; es decir, existen BBPP que funcionan como medidas en el contexto de una EIA.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Lineamientos para el seguimiento de la medida y formulación de indicadores de cumplimiento</td></tr>
<tr><td colspan="5">Se entregan lineamientos generales para realizar un plan de seguimiento y evaluación de la efectividad de la medida. Se listan algunos de los indicadores recomendados para su monitoreo, en la mayoría de los casos estos provienen de la Matriz de Indicadores (Anexo Digital 1).</td></tr>
</table>

ANEXO 1 | Glosario de terminología legal

Los instrumentos legales relevantes para este estudio presentan algunas inconsistencias en el uso de ciertos conceptos que pueden generar confusión. Resulta necesario definir la manera en que estos conceptos serán empleados en este estudio y desde dónde vienen estas definiciones. Para ello, fue considerada la Ley 19.300 sobre Bases Generales de Medio Ambiente y su Reglamento con la definición global de Impacto Ambiental. Los conceptos que se desprenden de esta definición global (e.g. alteración, susceptibilidad de afectación, etc.) son definidos para lograr coherencia en la metodología del estudio y el desarrollo de la misma. Otros instrumentos legales considerados son la Ley de Humedales Urbanos y su Reglamento, también los instructivos de implementación del literal s) y p).

Definiciones técnicas adoptadas en este estudio:

1. **Afectación**: Se refiere a acciones realizadas dentro o fuera del humedal generadas por obras y/o acciones - relleno, drenaje, secado, extracción de caudales o de áridos, alteración de la barra terminal, de la vegetación azonal, o extracción de la cubierta vegetal de turbera - que generan un impacto ambiental sobre el humedal.
    a. En este estudio, no será utilizado el concepto “afectación”. En pro de la consistencia de vocabulario, será utilizado el concepto “**alteración**” como sinónimo de afectación. Ambos conceptos hacen referencia a obras y/o actividades que generan impactos ambientales y deben ingresar al SEIA.

2. **Alteración**: Cambio o modificación en la estructura y funcionamiento de los componentes bióticos, sus interacciones o flujos ecosistémicos en humedales.
    a. En este estudio se utiliza para referirse a obras de infraestructura nuevas que tienen impactos ambientales sobre el humedal.

3. **Alteración potencial**: Posible cambio o modificación en la estructura y funcionamiento de los componentes bióticos, sus interacciones o flujos ecosistémicos en humedales.
    a. En este estudio se utiliza para referirse a las obras de conservación y obras de infraestructura nueva que no necesariamente generan impactos que determinen el ingreso al SEIA. Aun así, poseen ciertos procedimientos o acciones con potencialidad de alteración por lo que deberá ser estudiada la resiliencia del humedal frente a estas.

4. **Alteración significativa**: determina el instrumento (DIA o EIA) para ingresar al SEIA

5. **Aspecto ambiental (AA):** Elemento de las actividades, acciones o procesos propios de una obra, susceptible a interactuar con el medio ambiente.

6. **Buenas Prácticas (BBPP):** Estrategias o soluciones que permiten prevenir, minimizar o evitar los cambios en el humedal.

7. **Cambio en el Humedal (CH):** Consiste en el efecto que ocurre en el humedal como resultado del aspecto ambiental, el que es cuantificable a través de indicadores.

8. **Componente Ambiental:** Elementos en el medioambiente con los que interactúa la obra. Para efectos de este estudio los CA se clasifican según los Atributos Ecológicos Clave.

9. **Daño ambiental**: Pérdida total, disminución, detrimento o menoscabo significativo de la calidad ambiental de uno o más componentes ambientales.
    a. En este estudio se utiliza para referirse a obras de infraestructura nueva.

10. **Factor Generador de Impacto (FGI):** Elementos del proyecto o actividad, tales como partes, obras o acciones, que por sí mismas generan una alteración al medio ambiente.

11. **Impacto Ambiental**: "Alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada" (Ley 19.300)
    a. En este estudio se utiliza para referirse a obras de infraestructura nueva.

12. **Principio de responsabilidad**: Establece que el actor que contamina tiene el deber de limpiar, reparar e indemnizar con el objeto de reponer las condiciones actuales a las existentes antes de la obra o acción.

13. **Principio precautorio**: Establece que, en las situaciones en que no se cuenta con certeza de los impactos de una obra o acción pueda tener sobre el medio ambiente, es necesario adoptar acciones anticipadas para reforzar la prevención de impacto y daño ambiental.

14. **Resiliencia**: Capacidad del ecosistema (humedal) para procesar naturalmente los cambios o modificaciones en su estructura y funcionamiento ocasionados por proyectos, actividades y obras. Por "procesar" se entiende: anticipar, absorber, adaptarse o recuperarse de los efectos adversos de los impactos ambientales. En este estudio, será utilizado para referirse a las obras o acciones que generan un impacto sobre la estructura y funcionamiento del humedal que sobrepasa la capacidad del humedal para procesar el cambio generado

15. **Vía de ingreso**: La vía de ingreso el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) que aplica para proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental se detallan los Artículos 10 y 11 de la Ley 19.300 y en los Artículos 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 del Reglamento del SEIA. Si el proyecto o actividad involucra al menos uno de los efectos, características o circunstancias indicados, entonces hay que hacer un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), de lo contrario puede ingresar mediante una Declaración de Impacto Ambiental (DIA)

Referencias textuales de instrumentos legales pertinentes:

Ley 19.300 Sobre Bases Generales del Medio Ambiente (Biblioteca Congreso Nacional, 1994)

Artículo 2 (Definiciones)

- **"e) Daño Ambiental**: total pérdida, disminución detrimento o menoscabo significativo inferido al medio ambiente o a uno o más de sus componentes"
- **"k) Impacto Ambiental**: Alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un por un proyecto, o actividad en un área determinada"

Decreto 40 Reglamento SEIA (Biblioteca Congreso Nacional, 2014)

Artículo 4 (Vía de Evaluación).

- "El titular de un proyecto o actividad que se someta al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, lo hará presentando una **Declaración de Impacto Ambiental**, salvo que dicho proyecto o actividad genere o presente alguno de los efectos, características o circunstancias contemplados en el artículo 11 de la Ley y en los artículos siguientes de este Título, en cuyo caso deberá presentar un **Estudio de Impacto Ambiental**."

Artículo 5 al 11 – Detallan los efectos, características o circunstancias que determinan que un proyecto ingrese por la vía de EIA

- Artículo 5 – "Riesgo para la **salud de la población**, debido a la cantidad y calidad de efluentes, emisiones o residuos"
- Artículo 6 – "Genera o presenta efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los **recursos naturales renovables**, incluidos el suelo, agua y aire."
- Artículo 7 – "**Reasentamiento de comunidades humanas**, o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos."
- Artículo 8 – "**Localización y valor ambiental del territorio**…proyecto o actividad se localiza en o próxima a poblaciones, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos y glaciares, susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar."
- Artículo 9 – "Alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del **valor paisajístico o turístico** de una zona."
- Artículo 10 – "Alteración del **patrimonio cultural**… Alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural."

Artículo 18 (Contenidos mínimos de un EIA)

- La predicción de impactos consistirá en la identificación y estimación o cuantificación de las **alteraciones directas e indirectas** a los elementos del medio ambiente descritos en la línea de base.

Artículo 98 (Medidas de mitigación ambiental)

Criterios de Evaluación en el SEIA: Objetos de Protección (SEA 2022)

- Sección 1.2 (Objetos de protección y áreas de influencia)
  - "Para cada objeto de protección ambiental **afectado o alterado** por un proyecto, el titular deberá establecer los límites espaciales del área donde la afectación genere impactos, lo que se conoce como Área de Influencia (AI), para luego describir los atributos de los objetos de protección en su interior"

Ley 21.202 de Humedales (Biblioteca Congreso Nacional, 2020)

Artículo 4 (Modifícase el artículo 10 de la Ley N° 19.300)

- "s) Ejecución de obras o actividades que puedan significar una **alteración física o química a los componentes bióticos**, a sus interacciones o a los flujos ecosistémicos de humedales que se encuentran total o parcialmente dentro del límite urbano, y que impliquen su relleno, drenaje, secado, extracción de caudales o de áridos, la **alteración** de la barra terminal, de la vegetación azonal hídrica y ripariana, la extracción de la cubierta vegetal de turberas o el deterioro, menoscabo, transformación o invasión de la flora y la fauna contenida dentro del humedal, indistintamente de su superficie"

Reglamento Ley 21.202 (Biblioteca Congreso Nacional, 2020)

Artículo 2

- "p) **Resiliencia** climática: habilidad de un sistema o sus componentes para anticipar, absorber, adaptarse o recuperarse de los efectos adversos del cambio climático, de forma oportuna y eficiente, incluso velando por la conservación, restauración o mejora de sus estructuras y funciones básicas esenciales."

ORD-N°2022910238 Instructivo Imparte instrucciones en relación a la aplicación de los literales p) y s) del artículo 10 de la Ley N° 19.300. (SEA 2022)

- "Se entenderá por **alteración física** a aquellos cambios en la estructura y funcionamiento del humedal y que **afecten** a sus componentes bióticos (flora, vegetación y fauna), sus interacciones o sus flujos ecosistémicos. Por otra parte, se entenderá por **alteración química** a aquellos cambios en componentes abióticos (por ejemplo, agua o aire), y cuyas concentraciones y/o características se vean **alteradas** de forma tal que sobrepasen la capacidad del humedal de procesar naturalmente dicho cambio, afectando a sus componentes bióticos, sus interacciones o sus flujos ecosistémicos."
- "Para determinar el alcance del literal s) resulta necesario, por tanto, precisar desde una perspectiva técnica los términos utilizados por la disposición para referirse a las **potenciales formas de alteración**:" …relleno, drenaje, secado, extracción de caudales o de áridos, alteración de la barra terminal, de la vegetación azonal, o extracción de la cubierta vegetal de turberas
- Punto 2. ii) "En efecto, casi la totalidad de las **afectaciones** referidas en la disposición - relleno, drenaje, secado, extracción de caudales o de áridos, **alteración** de la barra terminal, de la vegetación azonal, o extracción de la cubierta vegetal de turberas - son generadas por obras y/o acciones que presuponen su ejecución "en" el humedal; se trata, en definitiva, de **afectaciones o impactos ambientales directos**. En otros casos, en relación al deterioro, menoscabo, transformación o invasión de la flora y la fauna contenida dentro del humedal- puede tratarse de obras y/o acciones que se ejecuten tanto dentro como fuera del perímetro del humedal; en este caso, se trata de **afectaciones o impactos ambientales directos o indirectos**, respectivamente."
- Punto 2. iii) "El legislador, en este caso, especificó el contenido del **análisis de susceptibilidad de afectación**, disponiendo que el ingreso al SEIA se verificará si la ejecución de las obras o actividades "puedan significar una **alteración física o química** a los (…)".

Dictamen N° E157665/2021 (Contraloría General de la República 2021)

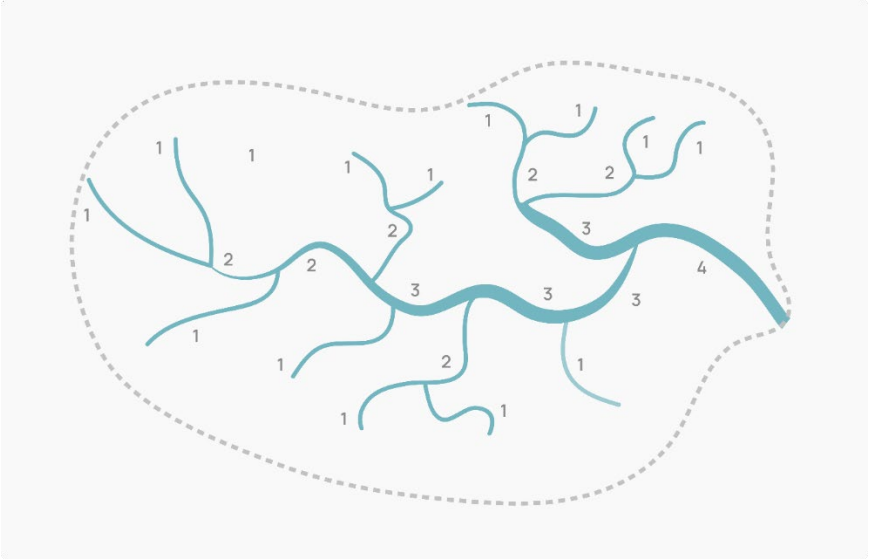
- “En cuanto a la citada letra s), por la que se consulta, cabe señalar que la norma no contempla expresamente a los humedales urbanos, sino que alude a los “humedales que se encuentran total o parcialmente dentro del límite urbano”, de lo cual se colige que no se refiere, necesariamente, a humedales que cuenten con protección oficial, sino que a todos aquellos que se vean **afectados** por la ejecución de obras o actividades que impliquen una **alteración física o química** en los mismos, en los términos que en esa norma se establecen.”

Sección 1

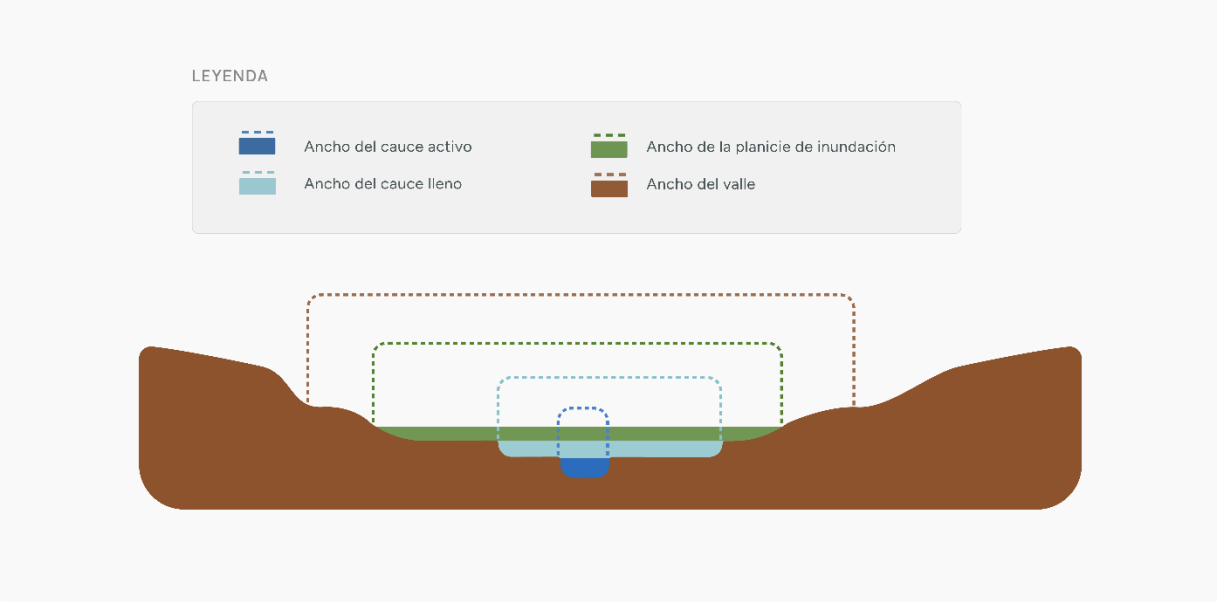
- “En este sentido, es importante recordar que el SEIA corresponde a un instrumento de gestión ambiental con una naturaleza eminentemente preventiva, al buscar predecir los **impactos o afectaciones** que pueda generar en el medio ambiente un proyecto o actividad determinado, fundándose en el principio preventivo que constituye la piedra angular de la normativa medioambiental. El principio preventivo impone una actuación anticipada del Estado y los particulares en base al conocimiento científico acerca de las consecuencias ambientales de una determinada actividad. A este respecto, se ha señalado que “con la ayuda del SEIA son examinados, descritos y valorados de manera comprensiva y previa todos los efectos ambientales negativos que un determinado proyecto o actividad pueda acarrear.”
- “Para efectos del presente instructivo, resulta pertinente recordar, asimismo, el **principio precautorio y de responsabilidad**, indispensables para la protección efectiva del bien jurídico medio ambiente. El **principio precautorio**, al igual que el **preventivo**, impone una actuación anticipada, no obstante, el primero incluye “las situaciones en que no se cuenta con la certeza absoluta de los efectos que un determinado hecho puede tener para el medio ambiente.” Así, en un contexto de incertidumbre, este principio “establece unas pautas que han de reforzar la prevención para evitar la producción de daños ambientales”. Por su parte, el **principio de responsabilidad**, también conocido como contaminador pagador, también consagrado en está referido a “la carga impuesta a las actividades que **alteran** el medio ambiente, en el sentido de quien contamina, limpia, repara e indemniza con el objeto de volver, en la medida de lo posible, las condiciones actuales a las existentes con anterioridad a su intervención”

ANEXO 2 | Glosario de terminología hidrogeomorfológica

Conceptos técnicos relevantes y sus equivalencias en inglés

Español	Inglés	Definición	Referencia visual
Órden de Strahler ó Horton-Strahler	Strahler´s Order	Clasificación numérica que expresa la complejidad de una ramificación. En el caso de las redes fluviales indica el tamaño de una corriente y su ubicación jerárquica relativa en una red fluvial.	

Español	Inglés	Definición	Referencia visual
Cauce activo	Active channel	Distancia transversal entre las orillas del río marcadas por la superficie mojada.	
Cauce lleno	Bankfull	Distancia transversal entre las orillas del río marcadas por el máximo de la superficie mojada. Generalmente se distingue por el límite de vegetación.	
Planicie de inundación	Floodplain	Porción plana y baja de un valle sujeta a inundación periódica. (También: planicie aluvial o llanura aluvial)	
Valle	Valley	Depresión entre dos laderas o terrazas aluviales antiguas. En su fondo se ubica el curso de agua.	

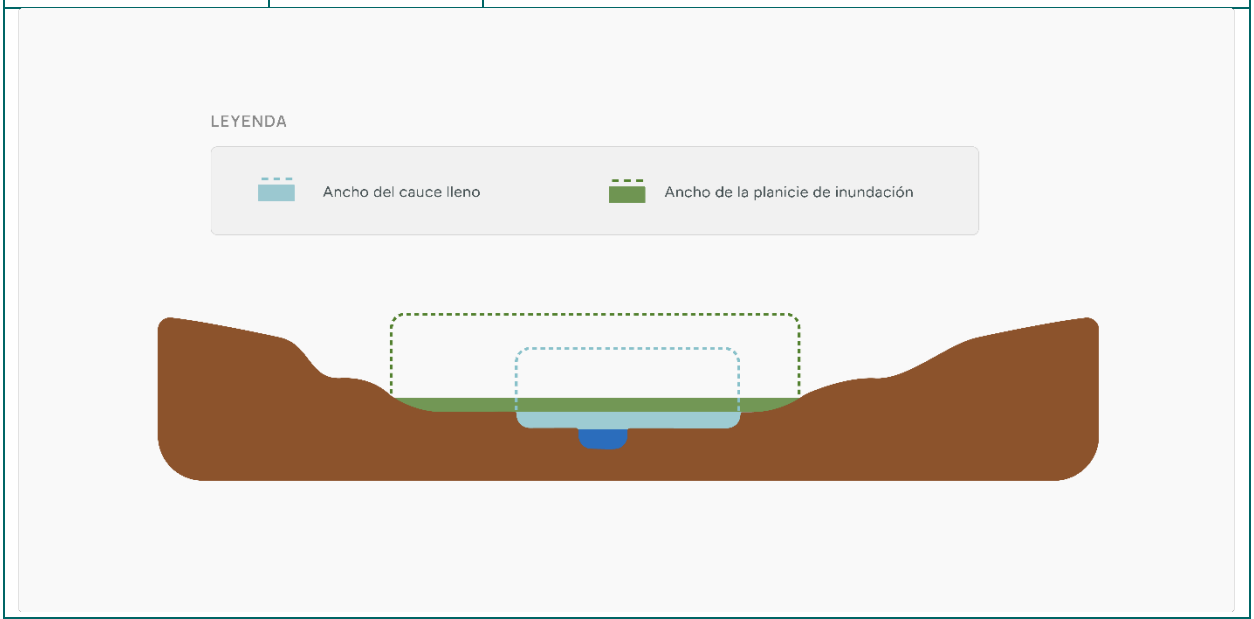


La medición de las variables a escala de cauce puede cambiar en el tiempo ya que son las más dinámicas (menos escala temporal). Por ejemplo, en eventos y periodos de alto caudal, el cauce activo puede coincidir con el cauce lleno. Para evitar sesgos de temporalidad, es provechoso revisar imágenes satelitales de diferentes fechas utilizando la función de línea de tiempo de Google Earth Pro.

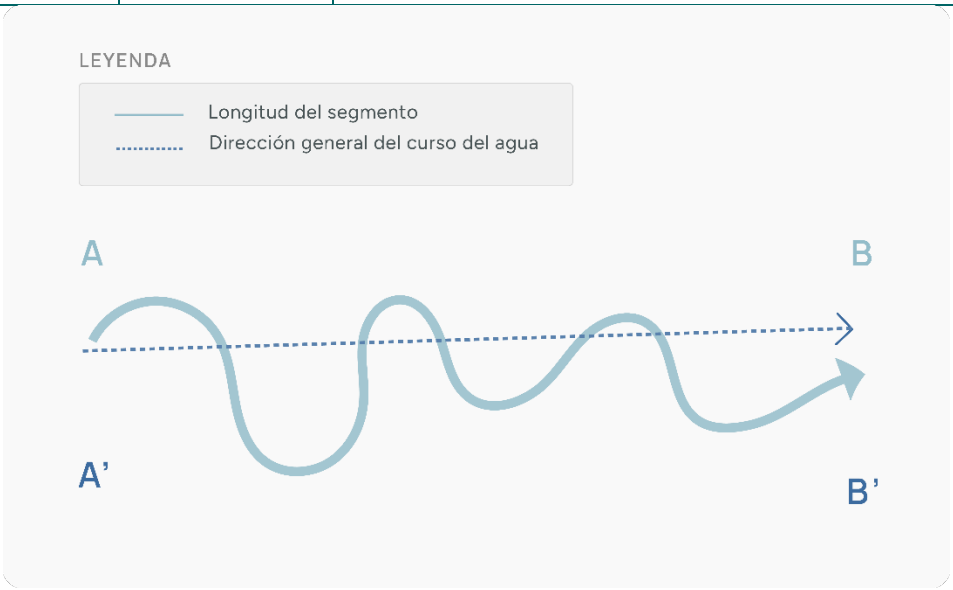
Español	Inglés	Definición	Referencia visual
Grado de confinamiento (CD)	Confinement degree	Porcentaje de la longitud total de las orillas o bancos (en color rojo) del cauce lleno están en contacto directo con laderas o terrazas antiguas. Expresa el confinamiento lateral, independiente del ancho de la planicie aluvial.	



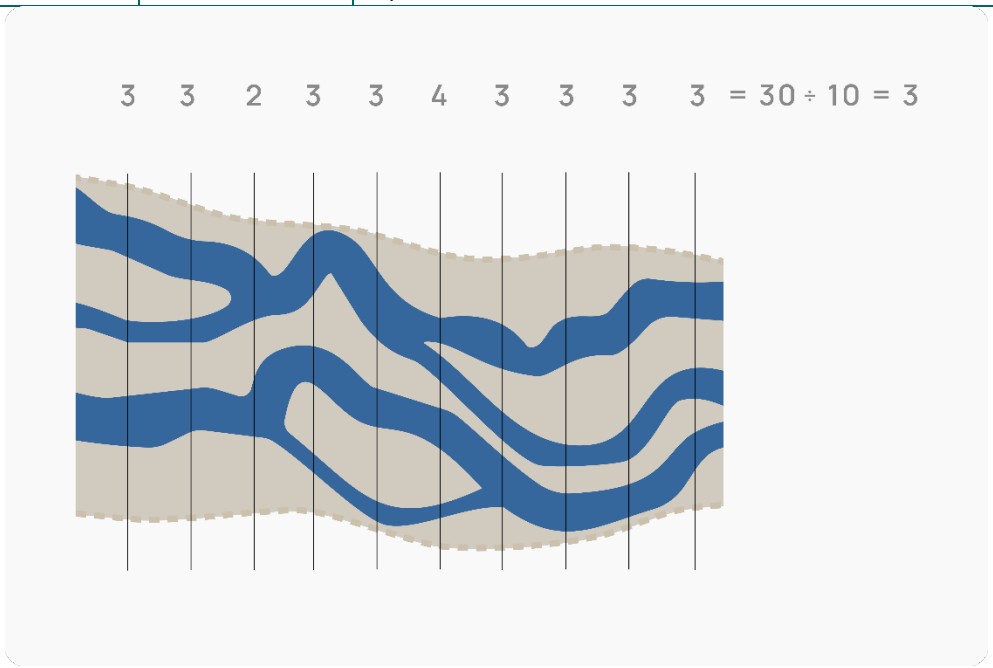
Español	Inglés	Definición	Referencia visual
Índice de confinamiento (CI)	Confinement index	Relación entre el ancho de la planicie de inundación y el ancho del cauce lleno. El valor mínimo de 1 indica que la planicie aluvial coincide con el cauce activo (i.e. no hay planicie), mientras que el índice aumenta cuando el ancho de la planicie aumenta relativo al ancho del cauce lleno.	



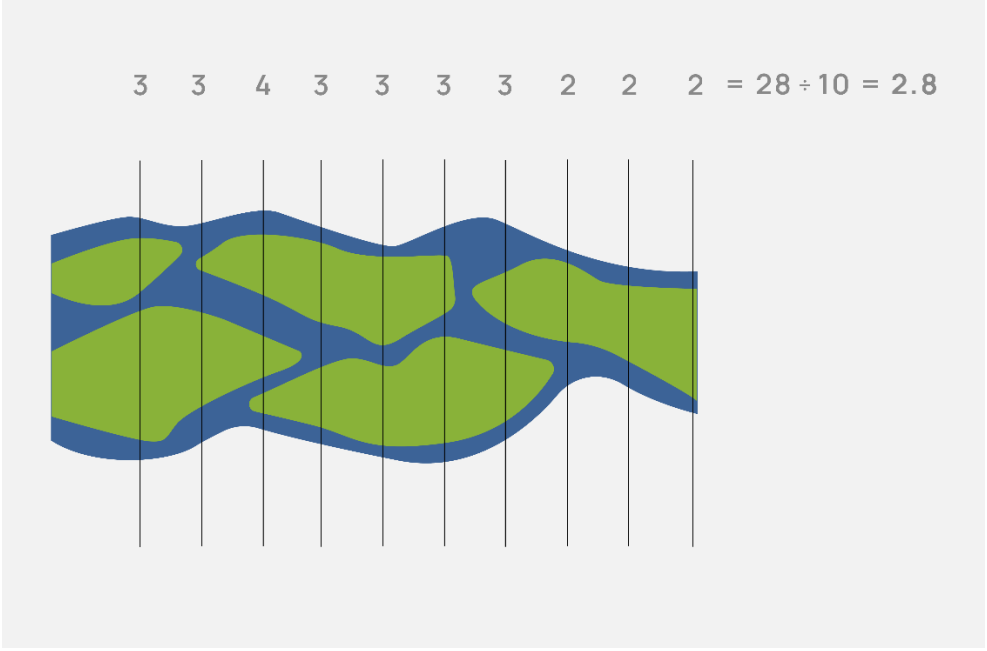
Español	Inglés	Definición	Referencia visual
Índice de sinuosidad	Sinuosity index	La relación entre la distancia medida a lo largo del cauce del río con la distancia medida a lo largo de la dirección general del curso de agua	



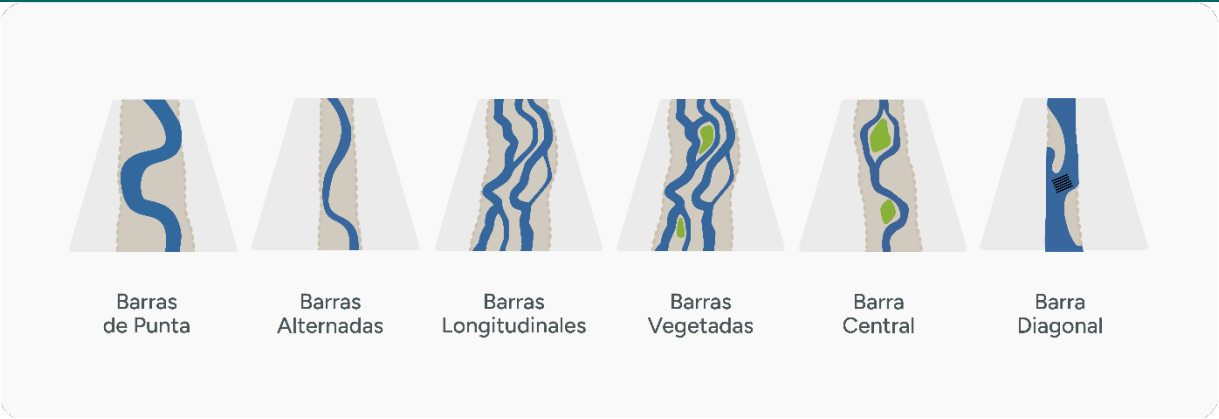
Español	Inglés	Definición	Referencia visual
Índice de trenzado	Braiding index	Número de canales activos separados por barras. Se mide promediando secciones en el segmento para obtener un valor representativo.	



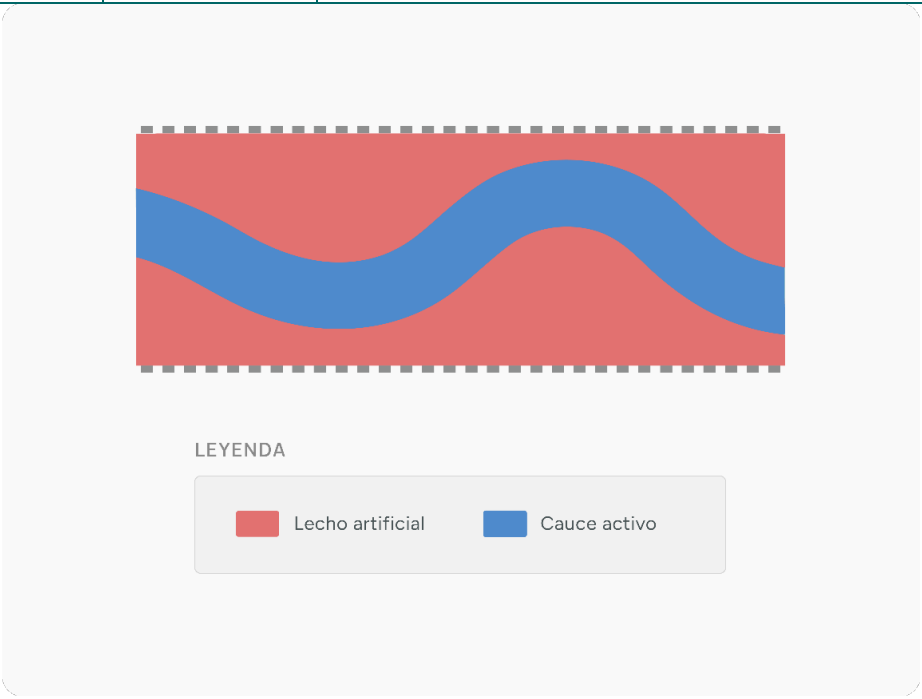
Español	Inglés	Definición	Referencia visual
Índice de anastomosamiento	Anastomosing index	Número de canales activos separados por islas vegetadas. Se mide promediando secciones en el segmento para obtener un valor representativo.	



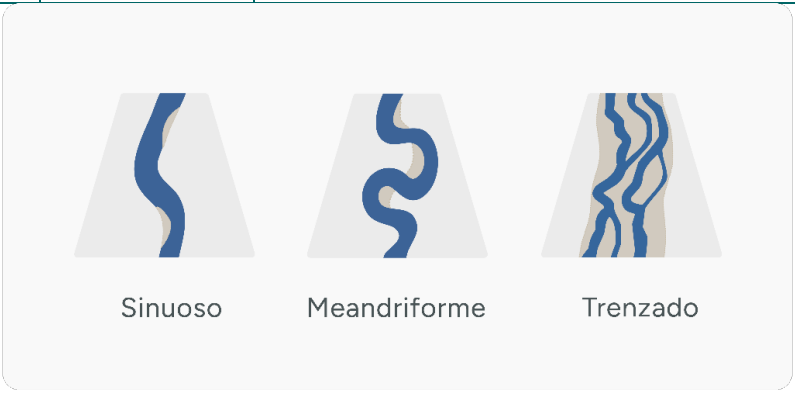
Español	Inglés	Definición	Referencia visual
Barras	Bars	Acumulación de sedimentos en el cauce de un río. Pueden ubicarse en las orillas o al centro formando islas con o sin vegetación.	



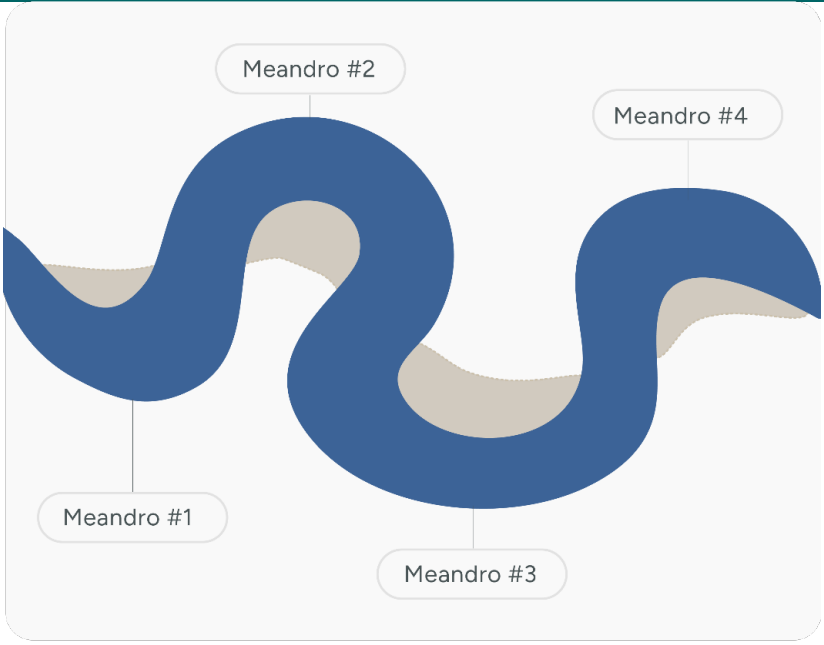
Español	Inglés	Definición	Referencia visual
Canalización	Channelization	Enderezamiento y profundización de un cauce para incrementar su capacidad. Es común verlo en secciones donde se construyen obras (puentes).	



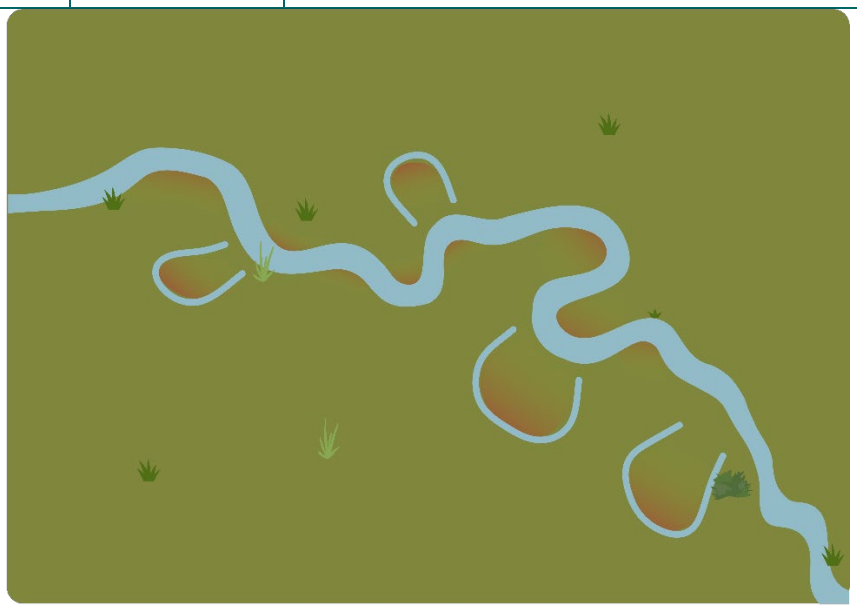
Español	Inglés	Definición	Referencia visual
Geometría planar	Planform geometry	Forma de un río vista de manera perpendicular a la superficie terrestre.	



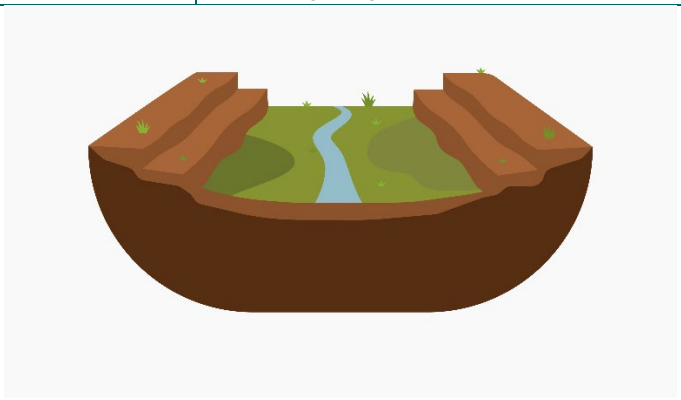
Español	Inglés	Definición	Referencia visual
Meandro	Meander	Curva en el cauce de un río. El río erosiona la orilla exterior y deposita sedimentos en la orilla interior formando lóbulos. Con el tiempo, el meandro tiende a exagerarse.	



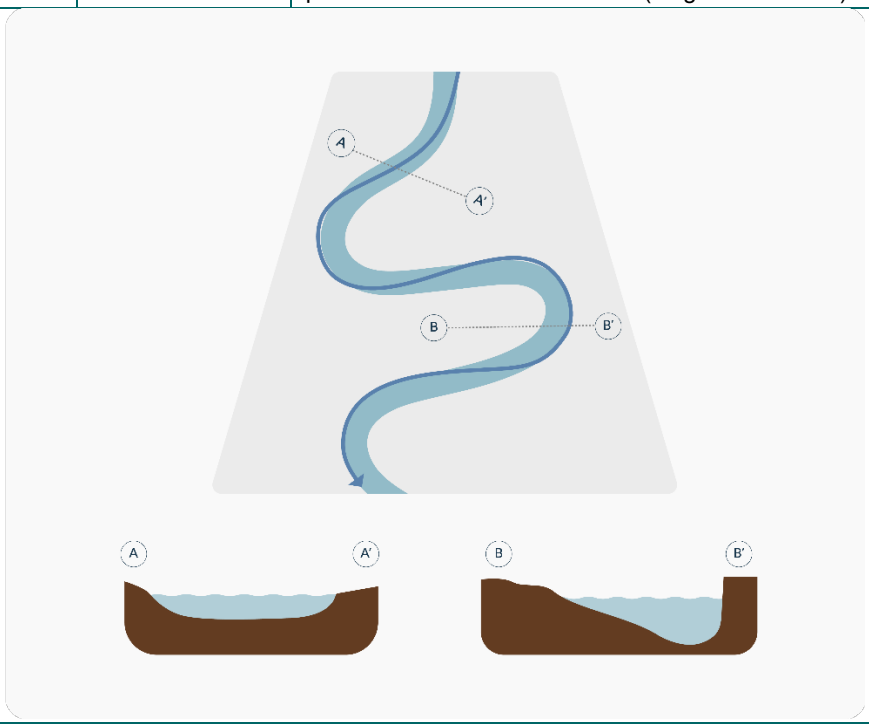
Español	Inglés	Definición	Referencia visual
Meandro abandonado	Abandoned meander	Meandro que no presenta aguas corrientes, puesto que la evolución del río ha cambiado el curso de las aguas, desconectándolo. Puede conservar condiciones de humedal.	



Español	Inglés	Definición	Referencia visual
Terraza aluvial	Alluvial terrace	Superficie de baja pendiente constituida por depósitos sedimentarios a escala geológica.	

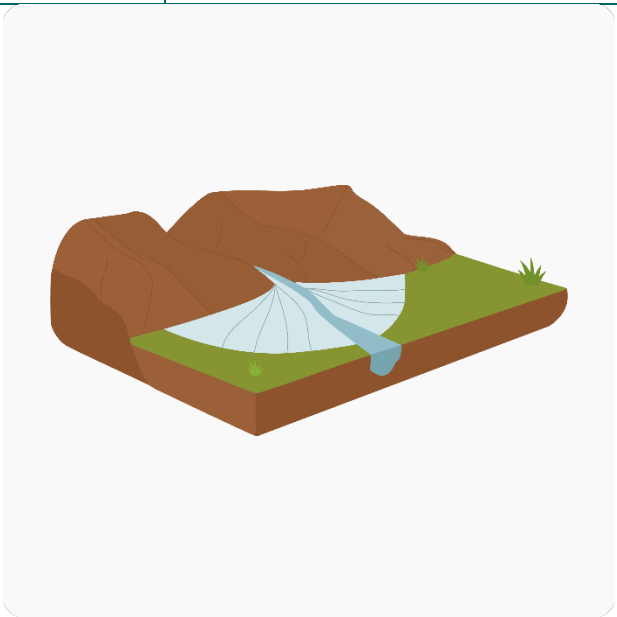


Español	Inglés	Definición	Referencia visual
Vaguada	Thalweg	Línea que une los puntos más bajos de un valle o de mayor profundidad del lecho de un río (longitudinalmente).	



Español	Inglés	Definición	Referencia visual
Coluvial	Colluvial	Procesos que arrastran material por efectos de la gravedad y erosión, por ejemplo, caídas de rocas, derrumbes y deslizamientos	



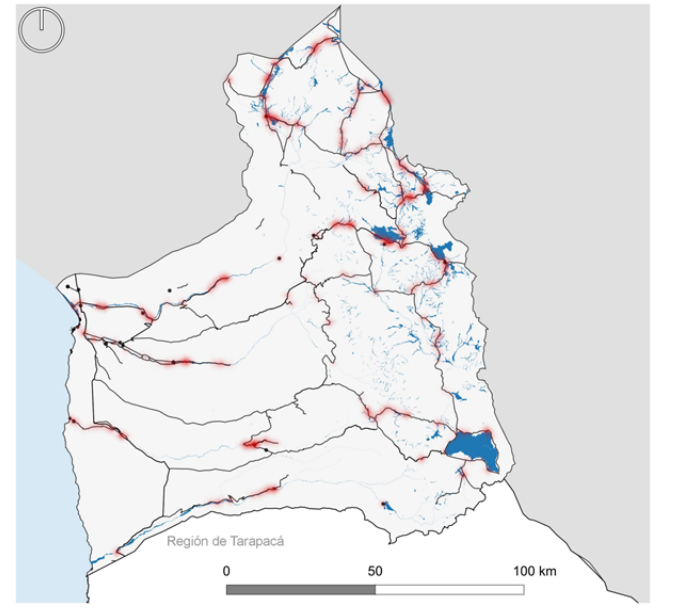
Español	Inglés	Definición	Referencia visual
Aluvial	Alluvial	Procesos que arrastran materiales producto de un torrente o un río. Los depósitos aluviales toman la forma de conos o abanicos al abandonar la zona de confinamiento y ensancharse el valle.	

ANEXO 3 | Fichas regionales de humedales estadísticamente significativos

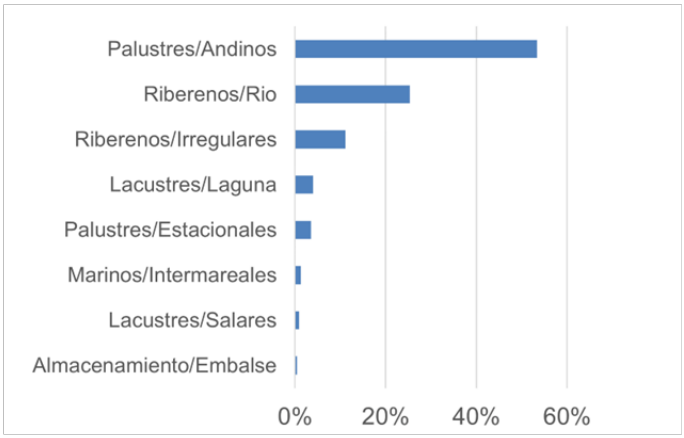
Región de Arica y Parinacota

Análisis Geoestadístico Obras MOP y Humedales

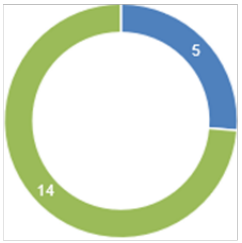
Proyectos intersectados con el Inventario Nacional de Humedales	16	Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales	19
Proyectos intersectados con humedales del Inventarios asociados al límite urbano	6	Proyectos cercanos(*) a humedales del Inventarios asociados al límite urbano	6
Proyectos intersectados Humedales Urbanos	1	Proyectos cercanos(*) a Humedales Urbanos	1

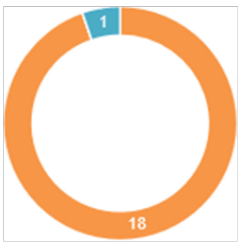


Tipos de Humedales del Inventario Nacional cercanos(*) a proyectos:

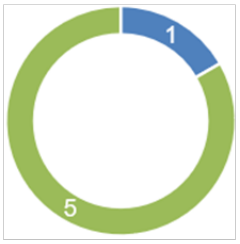


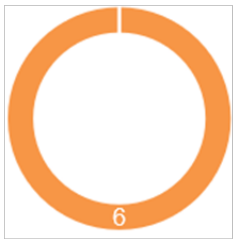
Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales:





Proyectos cercanos(*) a Humedales del Inventario Nacional de Humedales asociados a límites urbanos:



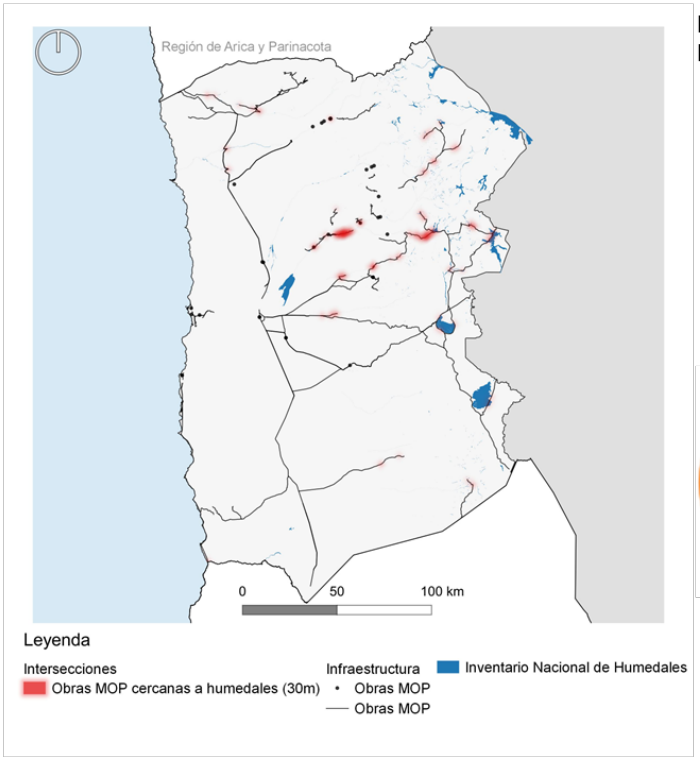


(*) Se considera cercano un proyecto que está a 30 m o menos del polígono humedal.

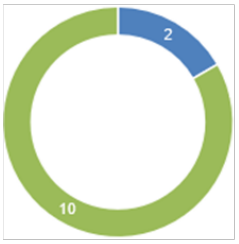
Región de Tarapacá

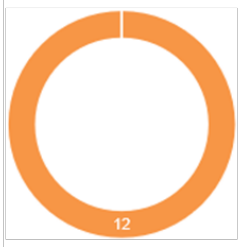
Análisis Geoestadístico Obras MOP y Humedales

Proyectos intersectados con el Inventario Nacional de Humedales	11	Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales	12
Proyectos intersectados con humedales del Inventarios asociados al límite urbano	0	Proyectos cercanos(*) a humedales del Inventarios asociados al límite urbano	0
Proyectos intersectados Humedales Urbanos	0	Proyectos cercanos(*) a Humedales Urbanos	0



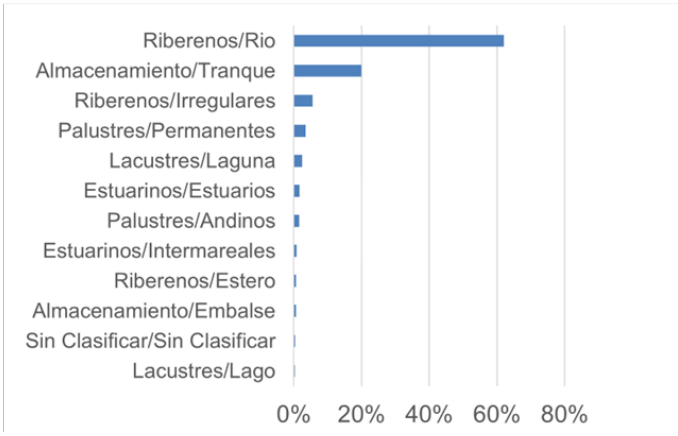
Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales:





(*) Se considera cercano un proyecto que está a 30 m o menos del polígono humedal.

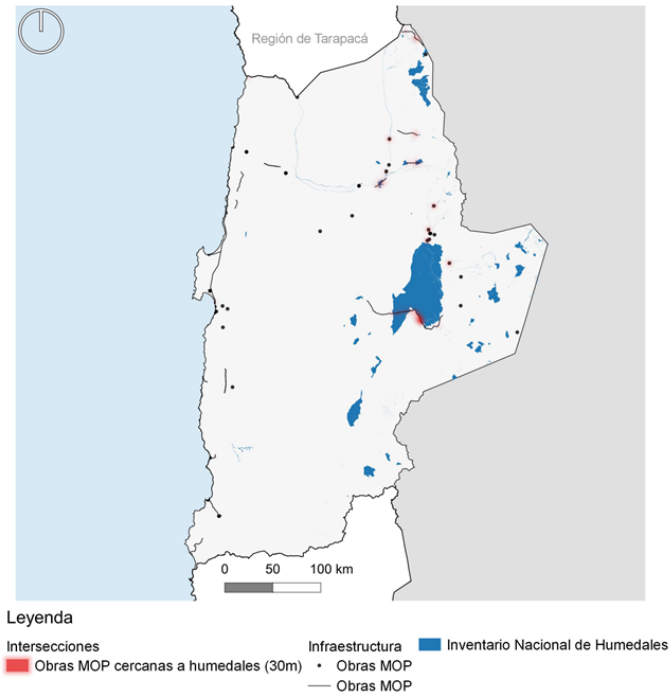
Tipos de Humedales del Inventario Nacional cercanos(*) a proyectos:



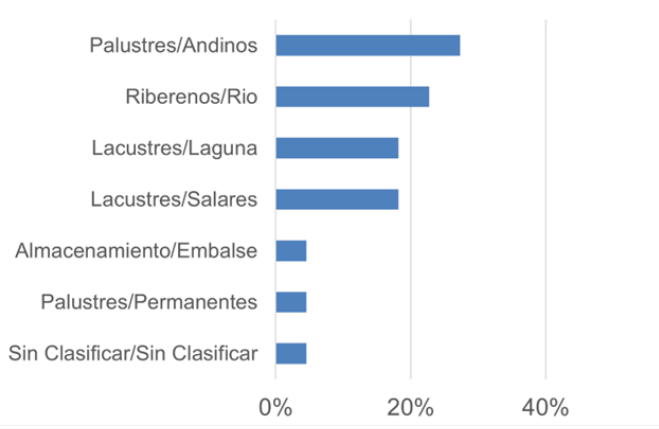
Región de Antofagasta

Análisis Geoestadístico Obras MOP y Humedales

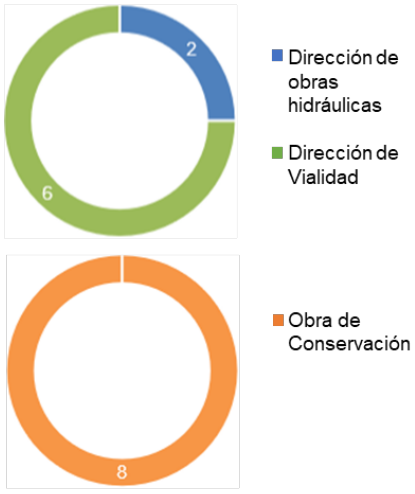
Proyectos intersectados con el Inventario Nacional de Humedales	7	Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales	8
Proyectos intersectados con humedales del Inventarios asociados al límite urbano	1	Proyectos cercanos(*) a humedales del Inventarios asociados al límite urbano	2
Proyectos intersectados Humedales Urbanos	0	Proyectos cercanos(*) a Humedales Urbanos	1



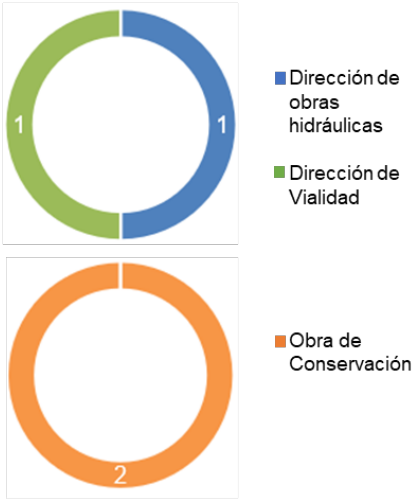
Tipos de Humedales del Inventario Nacional cercanos(*) a proyectos:



Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales:



Proyectos cercanos(*) a Humedales del Inventario Nacional de Humedales asociados a límites urbanos:

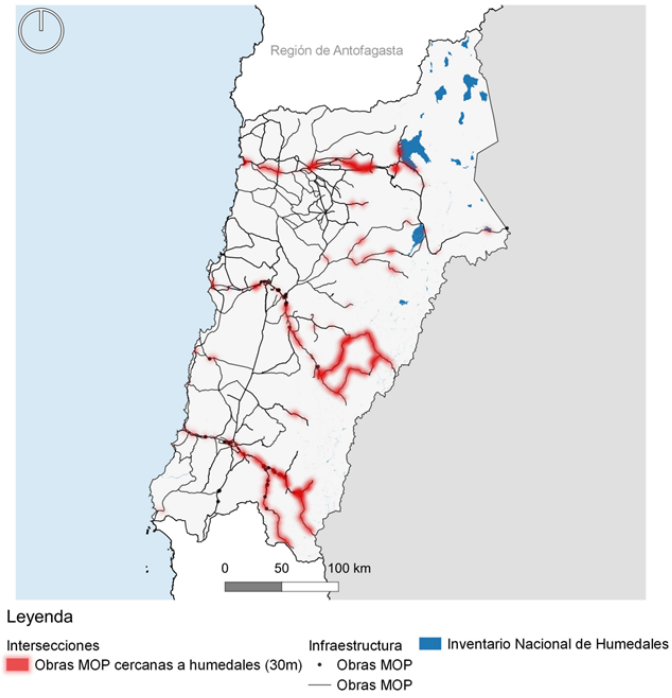


(*) Se considera cercano un proyecto que está a 30 m o menos del polígono humedal.

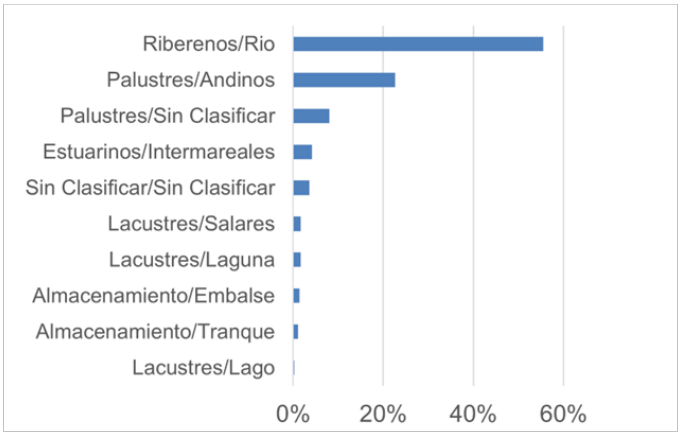
Región de Atacama

Análisis Geoestadístico Obras MOP y Humedales

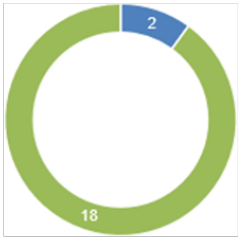
Proyectos intersectados con el Inventario Nacional de Humedales	16	Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales	20
Proyectos intersectados con humedales del Inventarios asociados al límite urbano	10	Proyectos cercanos(*) a humedales del Inventarios asociados al límite urbano	14
Proyectos intersectados Humedales Urbanos	2	Proyectos cercanos(*) a Humedales Urbanos	3

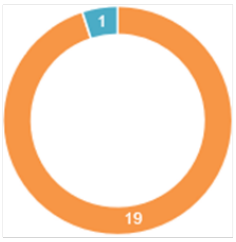


Tipos de Humedales del Inventario Nacional cercanos(*) a proyectos:

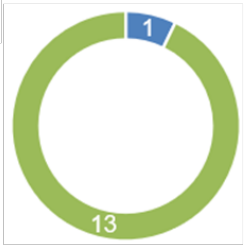


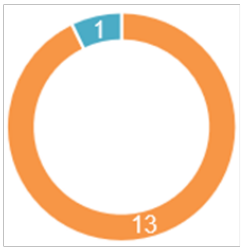
Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales:





Proyectos cercanos(*) a Humedales del Inventario Nacional de Humedales asociados a límites urbanos:



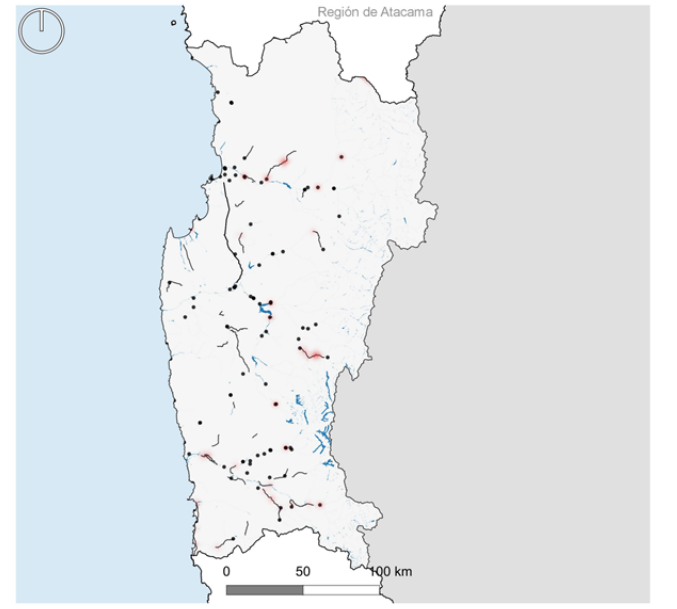


(*) Se considera cercano un proyecto que está a 30 m o menos del polígono humedal.

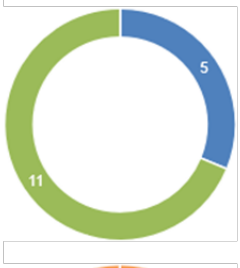
Región de Coquimbo

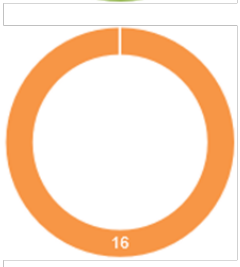
Análisis Geoestadístico Obras MOP y Humedales

Proyectos intersectados con el Inventario Nacional de Humedales	10	Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales	16
Proyectos intersectados con humedales del Inventarios asociados al límite urbano	6	Proyectos cercanos(*) a humedales del Inventarios asociados al límite urbano	7
Proyectos intersectados Humedales Urbanos	1	Proyectos cercanos(*) a Humedales Urbanos	2

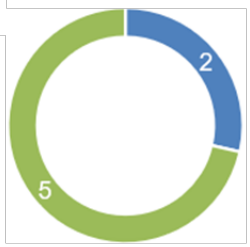


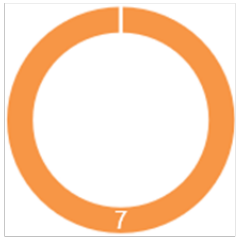
Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales:



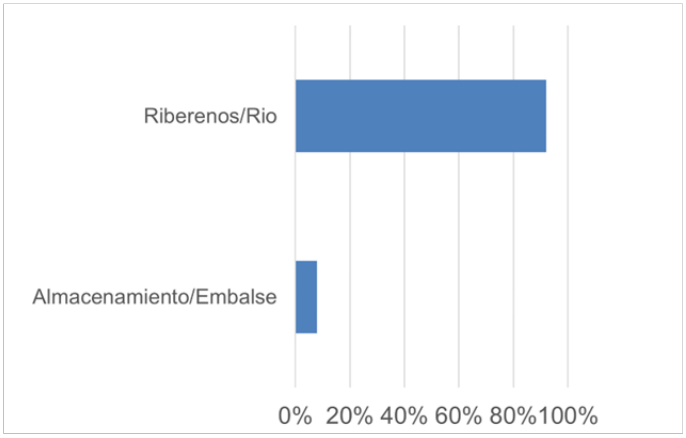


Proyectos cercanos(*) a Humedales del Inventario Nacional de Humedales asociados a límites urbanos:





Tipos de Humedales del Inventario Nacional cercanos(*) a proyectos:

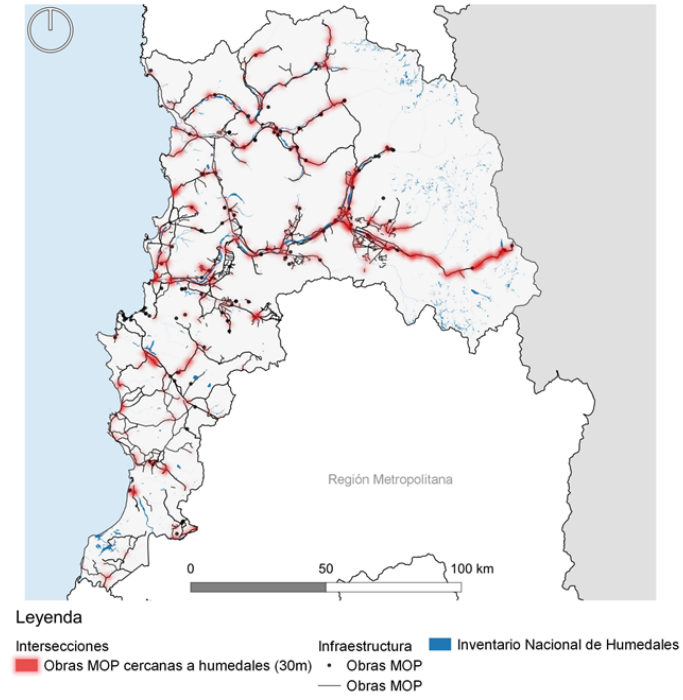


(*) Se considera cercano un proyecto que está a 30 m o menos del polígono humedal.

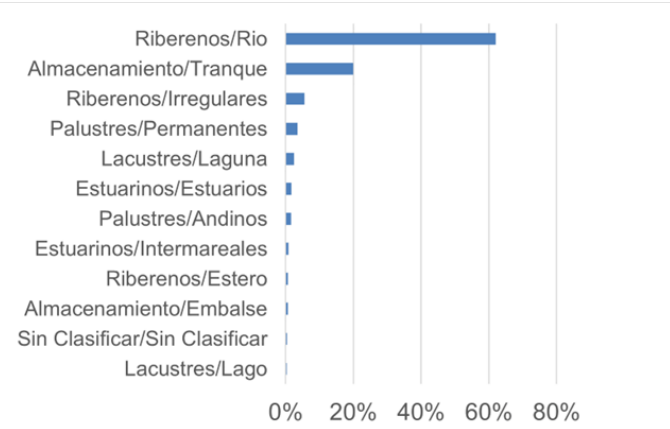
Región de Valparaíso

Análisis Geoestadístico Obras MOP y Humedales

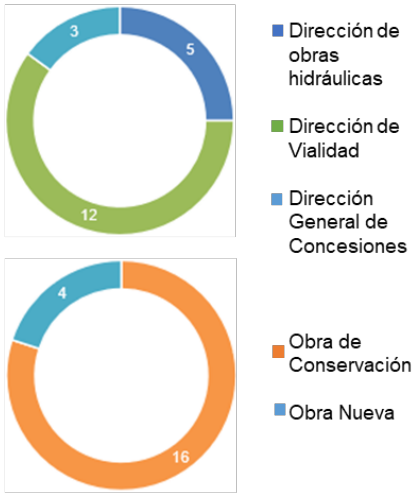
Proyectos intersectados con el Inventario Nacional de Humedales	17	Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales	20
Proyectos intersectados con humedales del Inventarios asociados al límite urbano	13	Proyectos cercanos(*) a humedales del Inventarios asociados al límite urbano	16
Proyectos intersectados Humedales Urbanos	6	Proyectos cercanos(*) a Humedales Urbanos	7



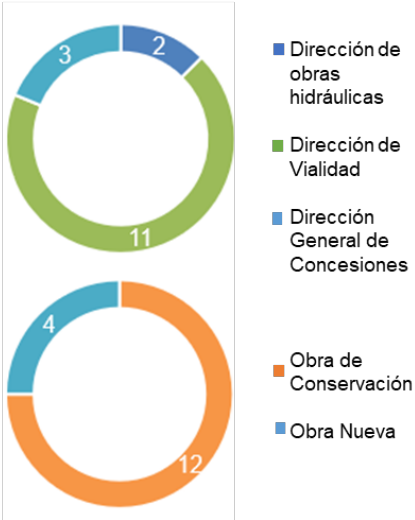
Tipos de Humedales del Inventario Nacional cercanos(*) a proyectos:



Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales:



Proyectos cercanos(*) a Humedales del Inventario Nacional de Humedales asociados a límites urbanos:

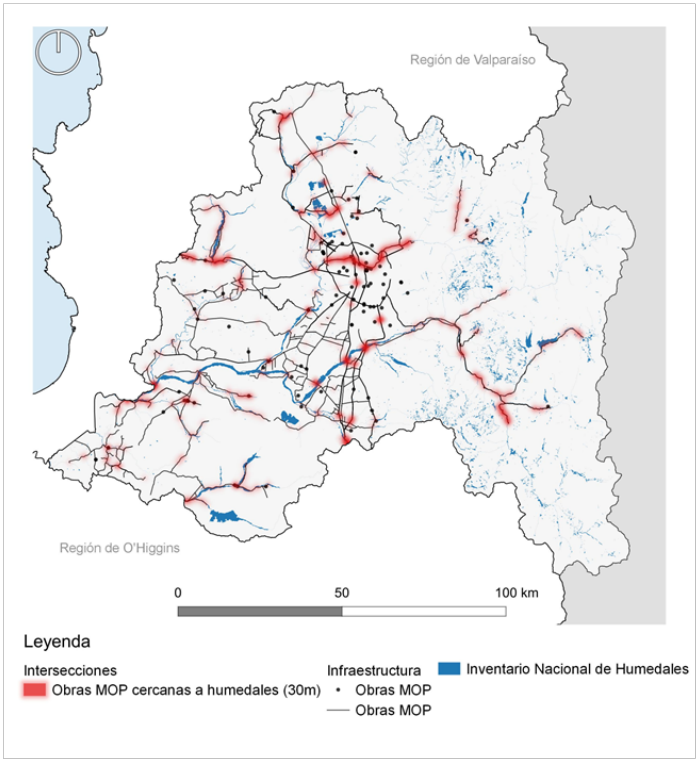


(*) Se considera cercano un proyecto que está a 30 m o menos del polígono humedal.

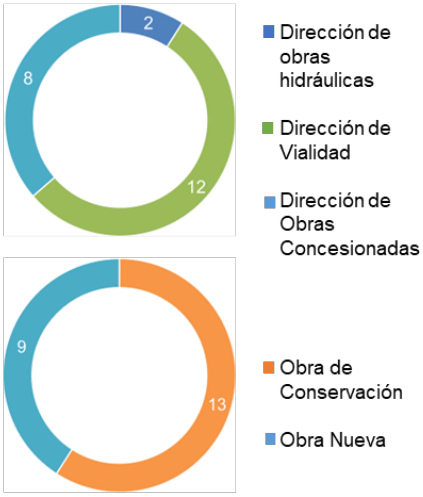
Región Metropolitana de Santiago

Análisis Geoestadístico Obras MOP y Humedales

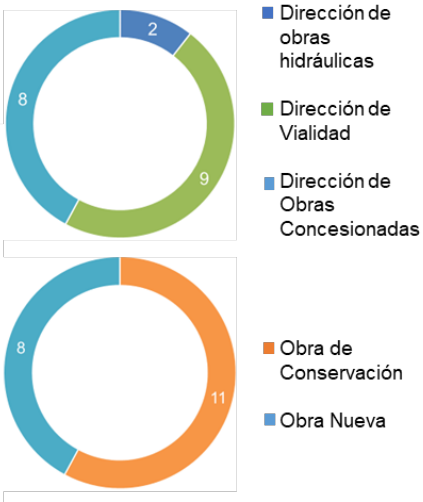
Proyectos intersectados con el Inventario Nacional de Humedales	22	Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales	22
Proyectos intersectados con humedales del Inventarios asociados al límite urbano	19	Proyectos cercanos(*) a humedales del Inventarios asociados al límite urbano	19
Proyectos intersectados Humedales Urbanos	4	Proyectos cercanos(*) a Humedales Urbanos	4



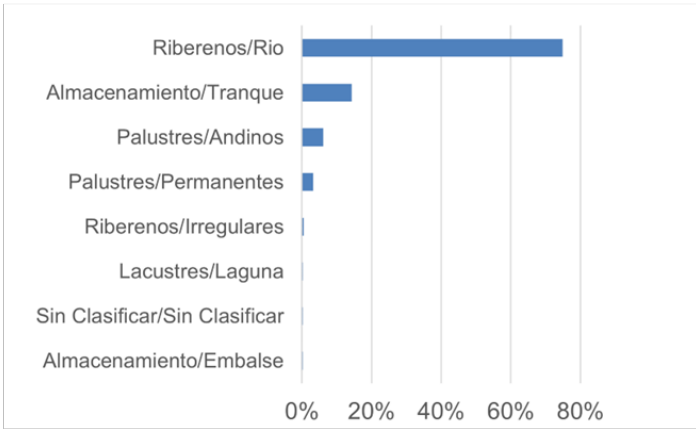
Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales:



Proyectos cercanos(*) a Humedales del Inventario Nacional de Humedales asociados a límites urbanos:



Tipos de Humedales del Inventario Nacional cercanos(*) a proyectos:

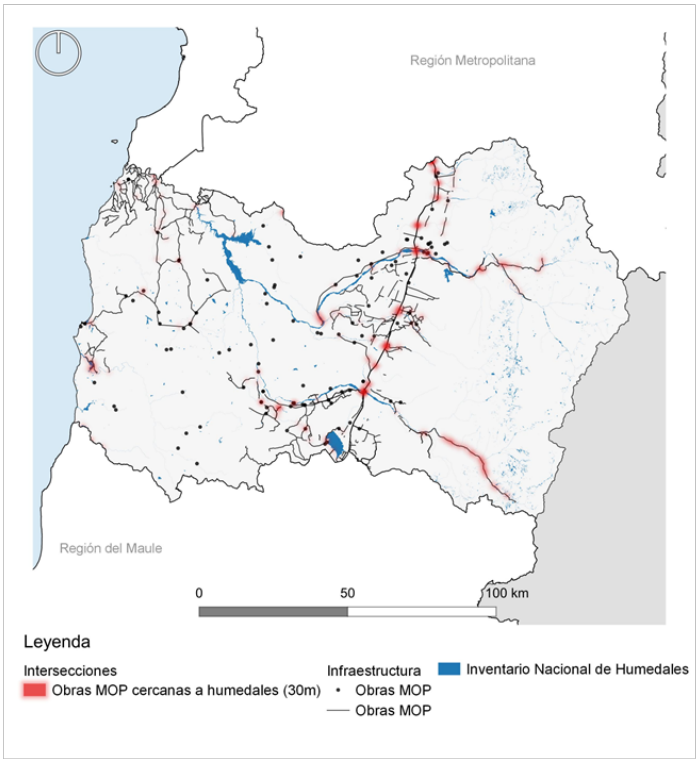


(*) Se considera cercano un proyecto que está a 30 m o menos del polígono humedal.

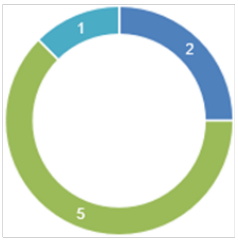
Región del Libertador Bernardo O´Higgins

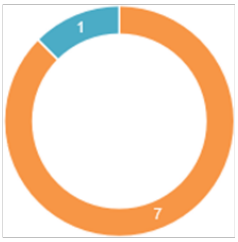
Análisis Geoestadístico Obras MOP y Humedales

Proyectos intersectados con el Inventario Nacional de Humedales	7	Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales	8
Proyectos intersectados con humedales del Inventarios asociados al límite urbano	7	Proyectos cercanos(*) a humedales del Inventarios asociados al límite urbano	7
Proyectos intersectados Humedales Urbanos	1	Proyectos cercanos(*) a Humedales Urbanos	1



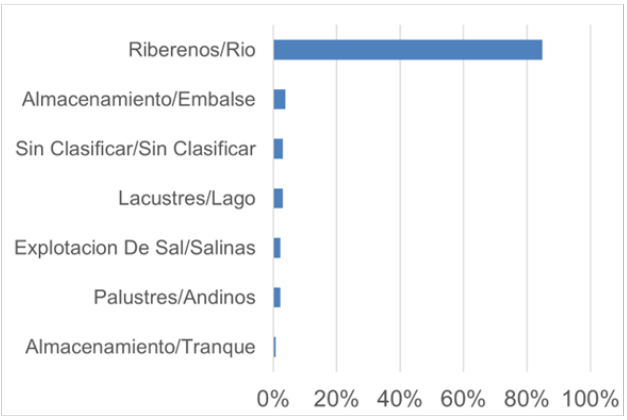
Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales:



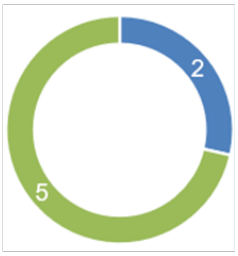


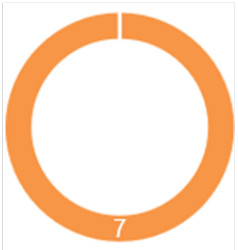
- Dirección de obras hidráulicas
- Dirección de Vialidad
- Dirección General de Concesiones
- Obra de Conservación
- Obra Nueva

Tipos de Humedales del Inventario Nacional cercanos(*) a proyectos:



Proyectos cercanos(*) a Humedales del Inventario Nacional de Humedales asociados a límites urbanos:





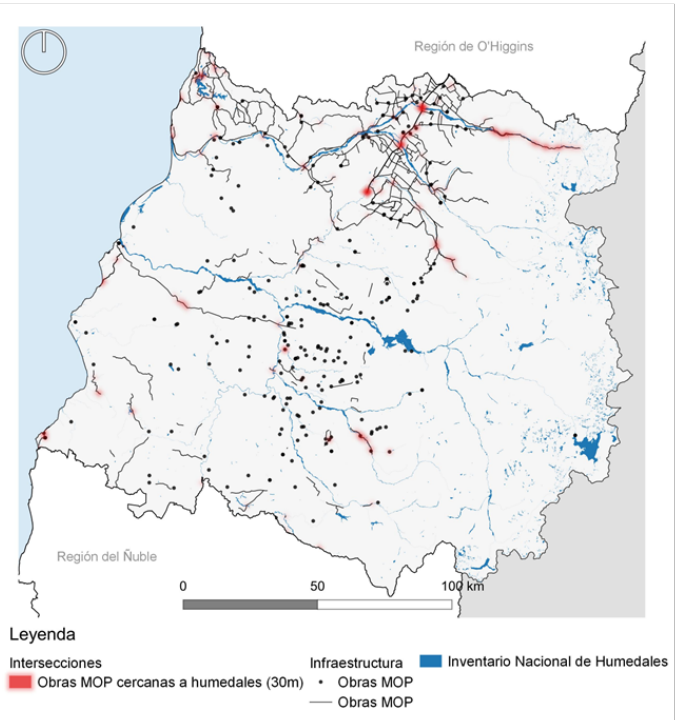
- Dirección de obras hidráulicas
- Dirección de Vialidad
- Obra de Conservación
- Obra Nueva

(*) Se considera cercano un proyecto que está a 30 m o menos del polígono humedal.

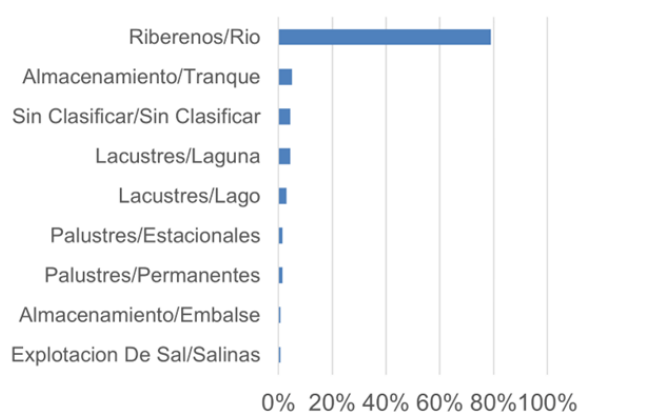
Región del Maule

Análisis Geoestadístico Obras MOP y Humedales

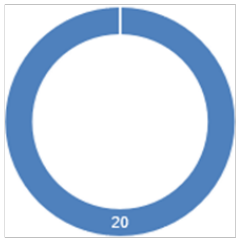
Proyectos intersectados con el Inventario Nacional de Humedales	16	Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales	20
Proyectos intersectados con humedales del Inventarios asociados al límite urbano	7	Proyectos cercanos(*) a humedales del Inventarios asociados al límite urbano	7
Proyectos intersectados Humedales Urbanos	0	Proyectos cercanos(*) a Humedales Urbanos	0

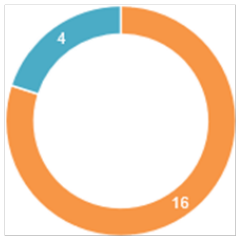


Tipos de Humedales del Inventario Nacional cercanos(*) a proyectos:



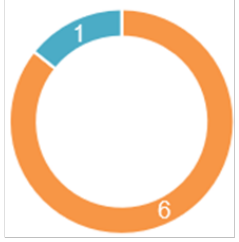
Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales:





Proyectos cercanos(*) a Humedales del Inventario Nacional de Humedales asociados a límites urbanos:



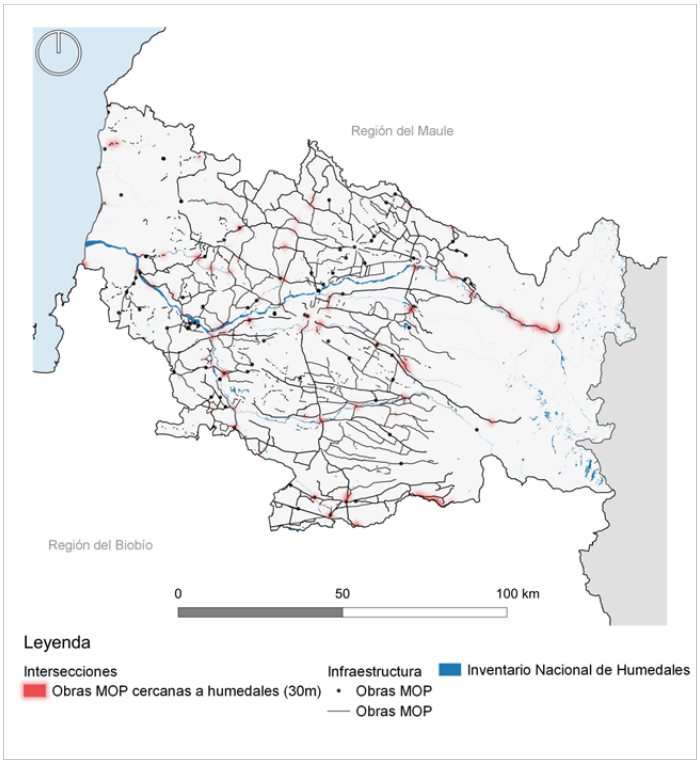


(*) Se considera cercano un proyecto que está a 30 m o menos del polígono humedal.

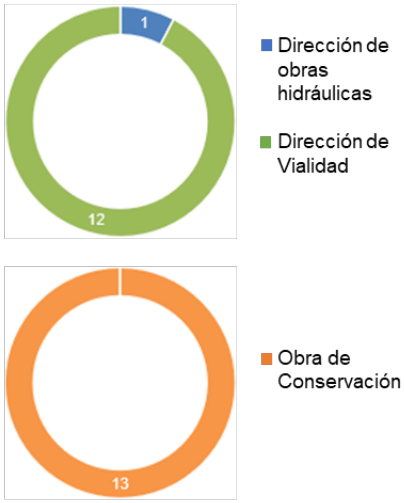
Región del Ñuble

Análisis Geoestadístico Obras MOP y Humedales

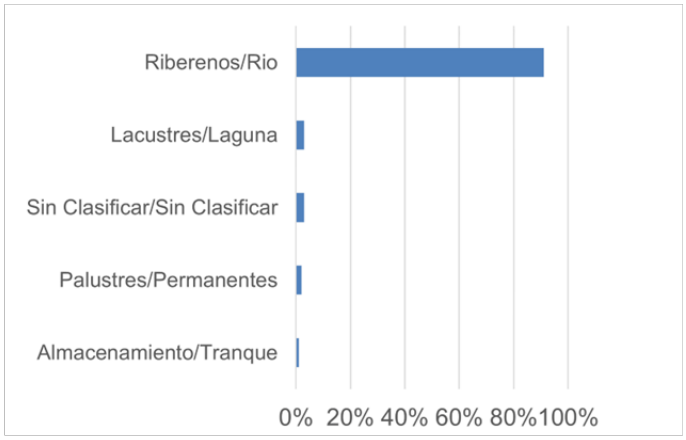
Proyectos intersectados con el Inventario Nacional de Humedales	10	Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales	13
Proyectos intersectados con humedales del Inventarios asociados al límite urbano	7	Proyectos cercanos(*) a humedales del Inventarios asociados al límite urbano	9
Proyectos intersectados Humedales Urbanos	1	Proyectos cercanos(*) a Humedales Urbanos	5



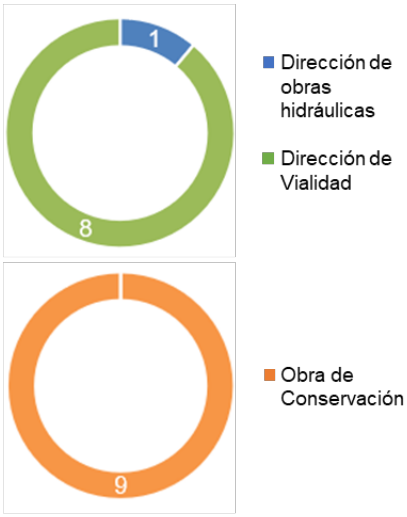
Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales:



Tipos de Humedales del Inventario Nacional cercanos(*) a proyectos:



Proyectos cercanos(*) a Humedales del Inventario Nacional de Humedales asociados a límites urbanos:

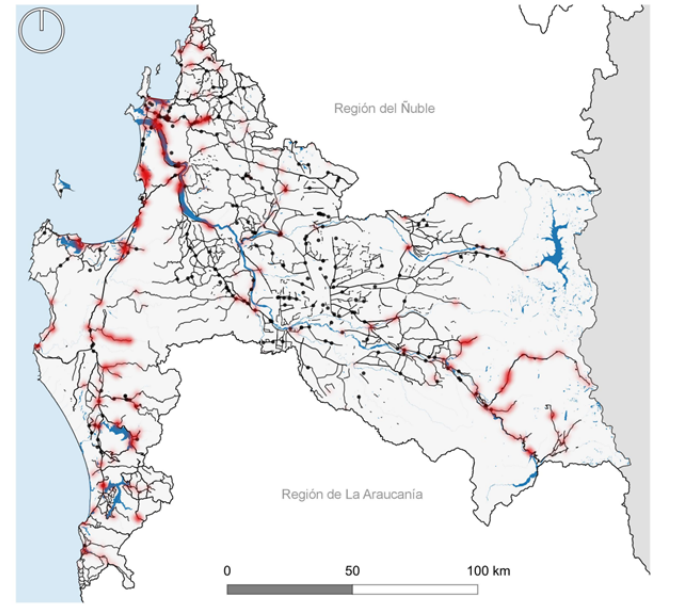


(*) Se considera cercano un proyecto que está a 30 m o menos del polígono humedal.

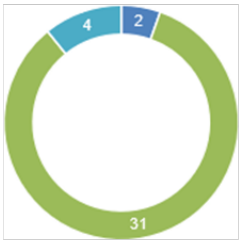
Región del Biobío

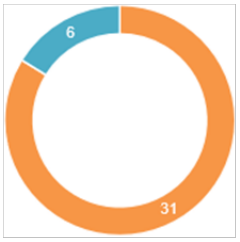
Análisis Geoestadístico Obras MOP y Humedales

Proyectos intersectados con el Inventario Nacional de Humedales	37	Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales	37
Proyectos intersectados con humedales del Inventarios asociados al límite urbano	30	Proyectos cercanos(*) a humedales del Inventarios asociados al límite urbano	30
Proyectos intersectados Humedales Urbanos	2	Proyectos cercanos(*) a Humedales Urbanos	9

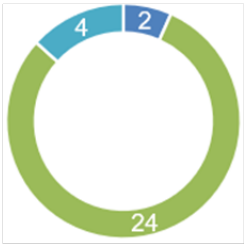


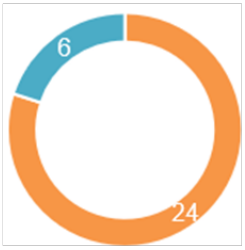
Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales:



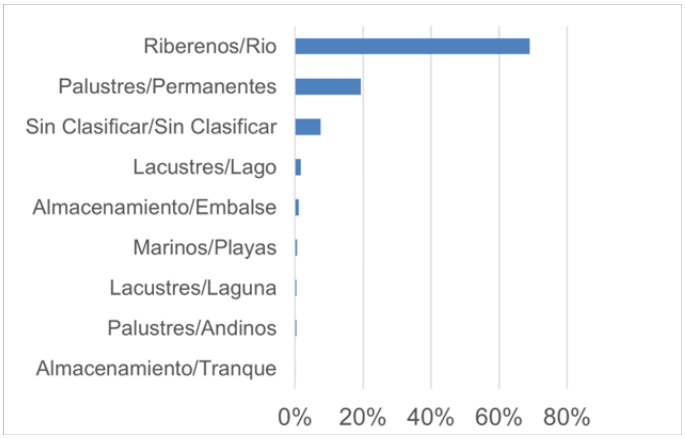


Proyectos cercanos(*) a Humedales del Inventario Nacional de Humedales asociados a límites urbanos:





Tipos de Humedales del Inventario Nacional cercanos(*) a proyectos:

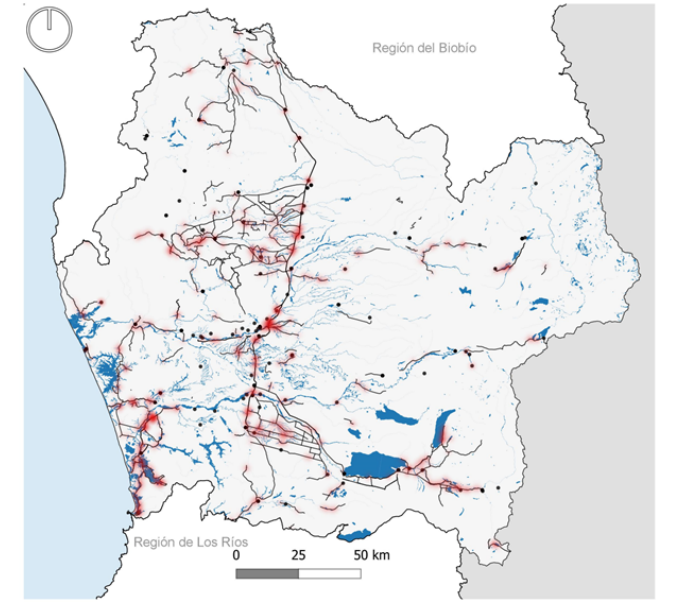


(*) Se considera cercano un proyecto que está a 30 m o menos del polígono humedal.

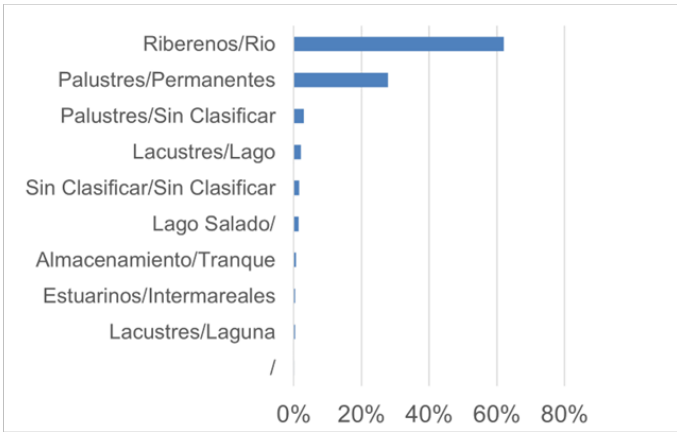
Región de La Araucanía

Análisis Geoestadístico Obras MOP y Humedales

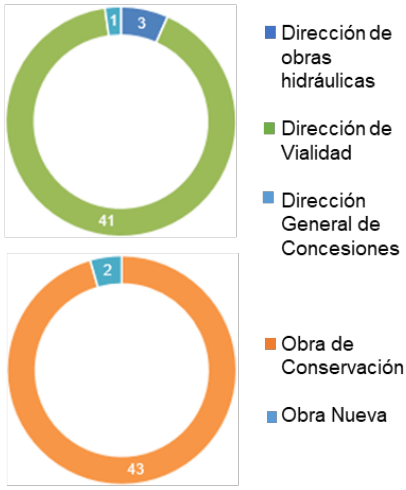
Proyectos intersectados con el Inventario Nacional de Humedales	44	Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales	45
Proyectos intersectados con humedales del Inventarios asociados al límite urbano	21	Proyectos cercanos(*) a humedales del Inventarios asociados al límite urbano	21
Proyectos intersectados Humedales Urbanos	2	Proyectos cercanos(*) a Humedales Urbanos	5



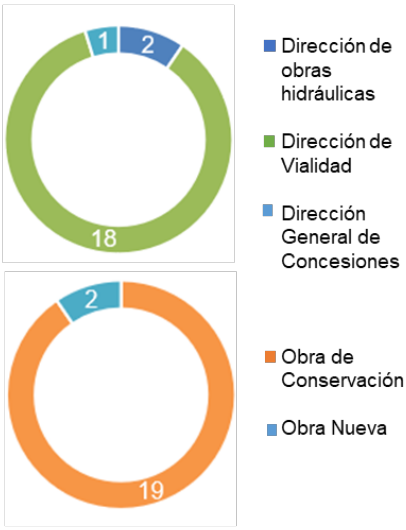
Tipos de Humedales del Inventario Nacional cercanos(*) a proyectos:



Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales:



Proyectos cercanos(*) a Humedales del Inventario Nacional de Humedales asociados a límites urbanos:

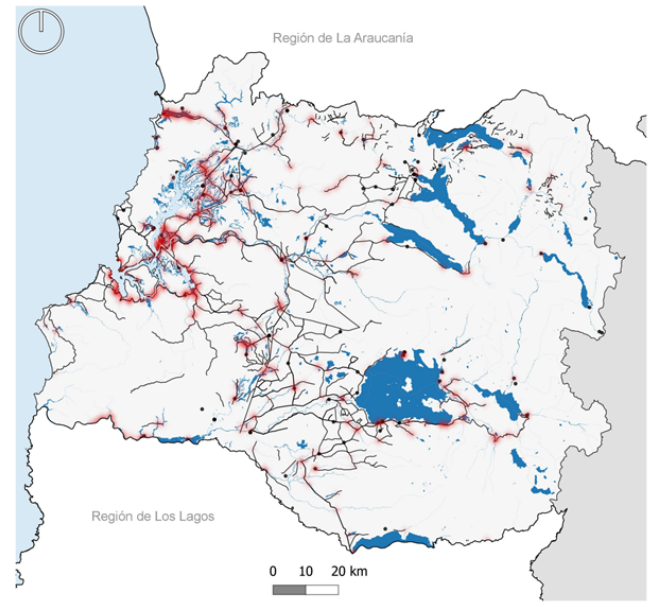


(*) Se considera cercano un proyecto que está a 30 m o menos del polígono humedal.

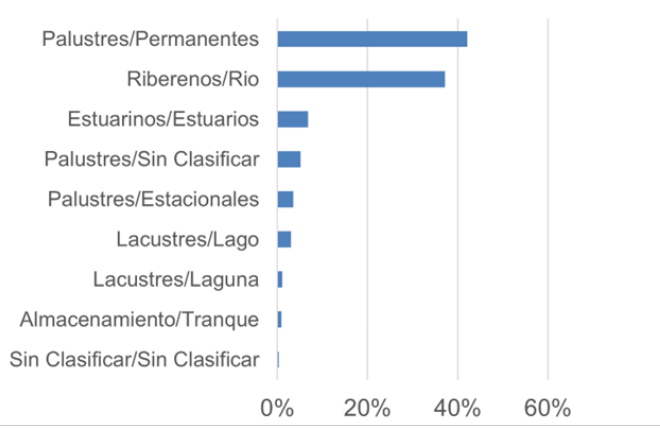
Región de Los Ríos

Análisis Geoestadístico Obras MOP y Humedales

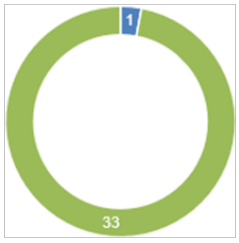
Proyectos intersectados con el Inventario Nacional de Humedales	32	Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales	34
Proyectos intersectados con humedales del Inventarios asociados al límite urbano	18	Proyectos cercanos(*) a humedales del Inventarios asociados al límite urbano	19
Proyectos intersectados Humedales Urbanos	2	Proyectos cercanos(*) a Humedales Urbanos	4

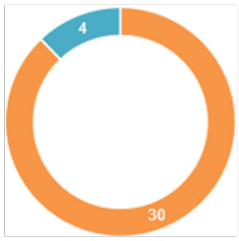


Tipos de Humedales del Inventario Nacional cercanos(*) a proyectos:

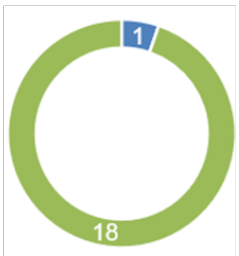


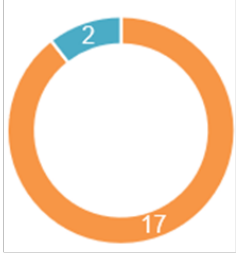
Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales:





Proyectos cercanos(*) a Humedales del Inventario Nacional de Humedales asociados a límites urbanos:



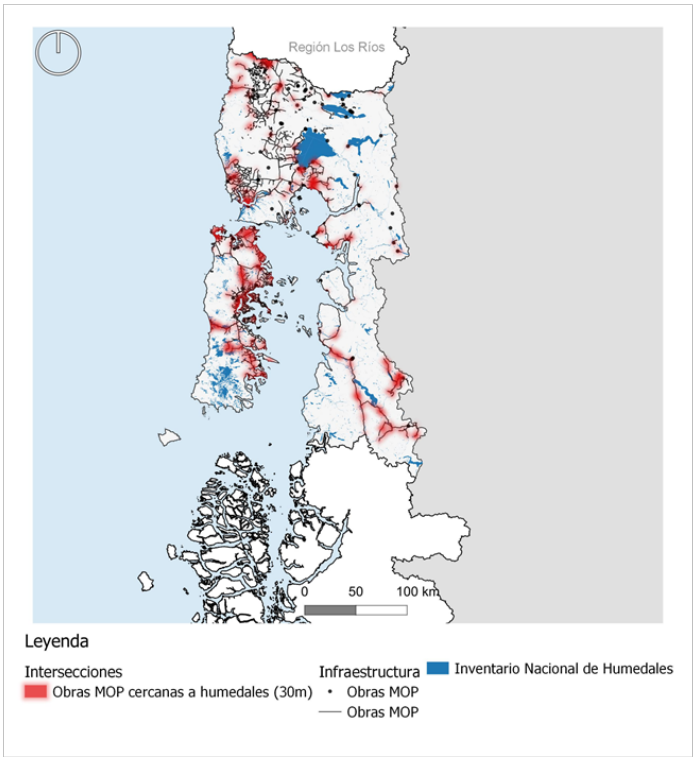


(*) Se considera cercano un proyecto que está a 30 m o menos del polígono humedal.

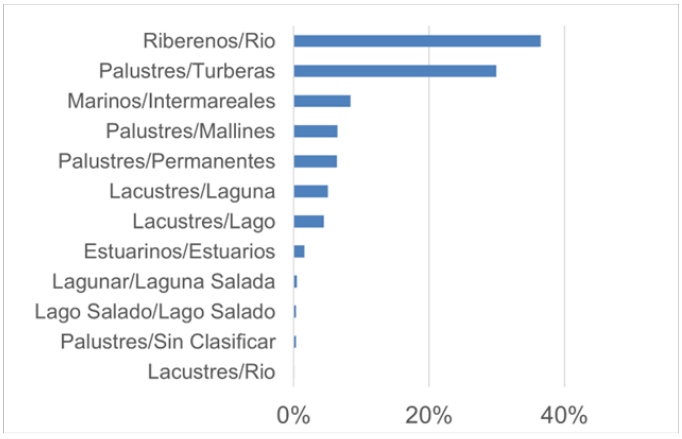
Región de Los Lagos

Análisis Geoestadístico Obras MOP y Humedales

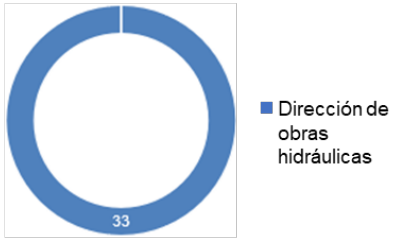
Proyectos intersectados con el Inventario Nacional de Humedales	27	Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales	33
Proyectos intersectados con humedales del Inventarios asociados al límite urbano	5	Proyectos cercanos(*) a humedales del Inventarios asociados al límite urbano	8
Proyectos intersectados Humedales Urbanos	2	Proyectos cercanos(*) a Humedales Urbanos	4

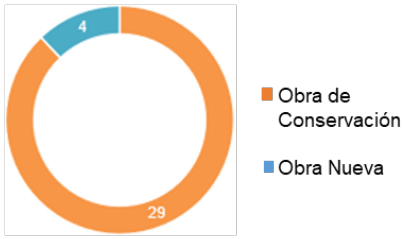


Tipos de Humedales del Inventario Nacional cercanos(*) a proyectos:

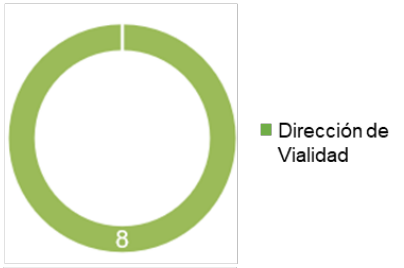


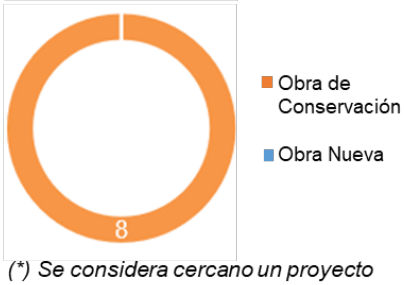
Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales:





Proyectos cercanos(*) a Humedales del Inventario Nacional de Humedales asociados a límites urbanos:



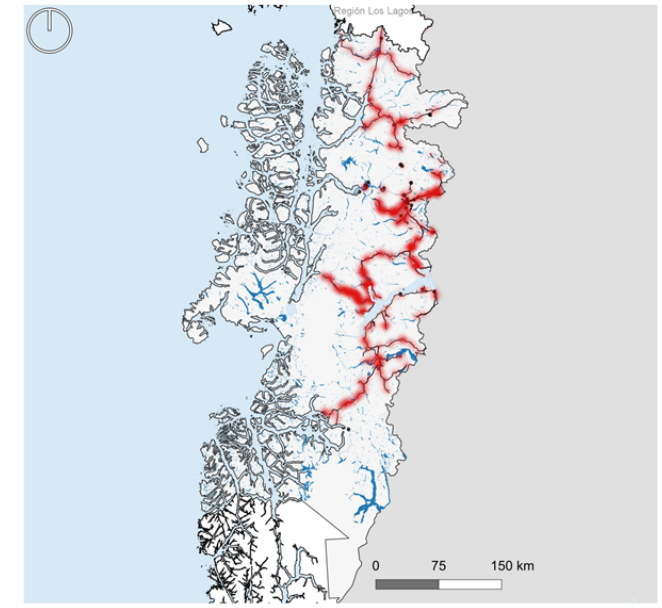


(*) Se considera cercano un proyecto que está a 30 m o menos del polígono humedal.

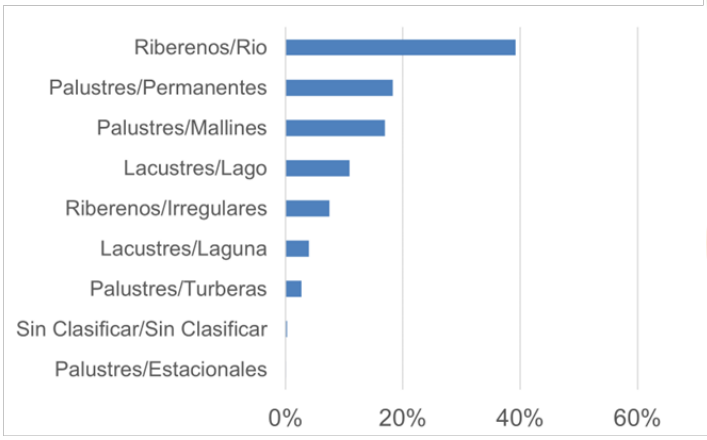
Región de Aysén del General C. Ibáñez del Campo

Análisis Geoestadístico Obras MOP y Humedales

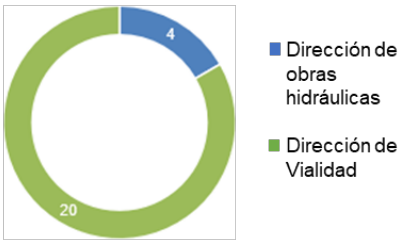
Proyectos intersectados con el Inventario Nacional de Humedales	21	Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales	24
Proyectos intersectados con humedales del Inventarios asociados al límite urbano	7	Proyectos cercanos(*) a humedales del Inventarios asociados al límite urbano	8
Proyectos intersectados Humedales Urbanos	0	Proyectos cercanos(*) a Humedales Urbanos	0

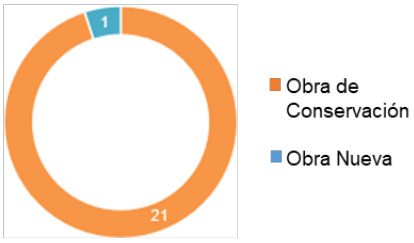


Tipos de Humedales del Inventario Nacional cercanos(*) a proyectos:

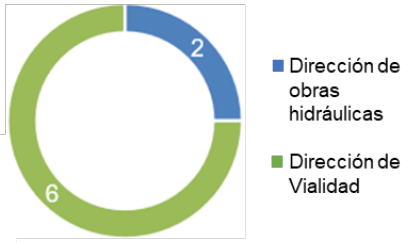


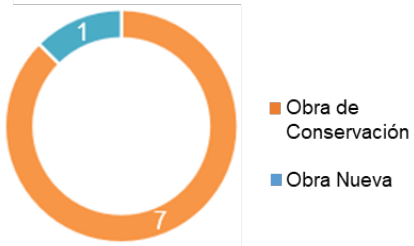
Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales:





Proyectos cercanos(*) a Humedales del Inventario Nacional de Humedales asociados a límites urbanos:



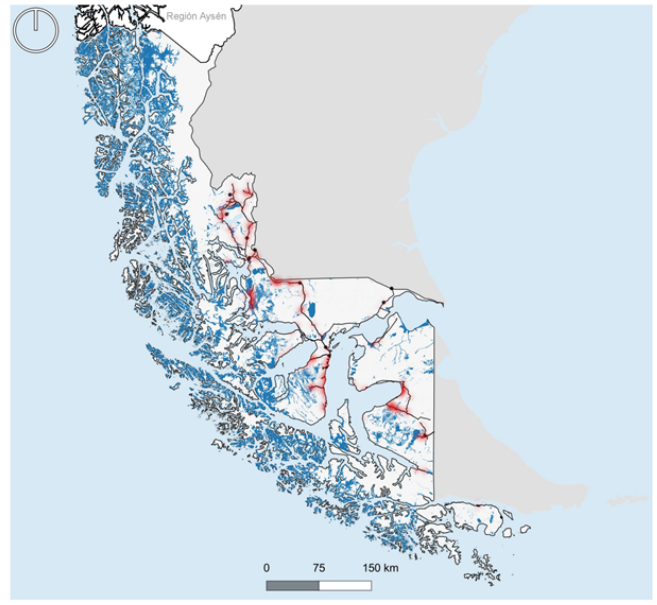


(*) Se considera cercano un proyecto que está a 30 m o menos del polígono humedal.

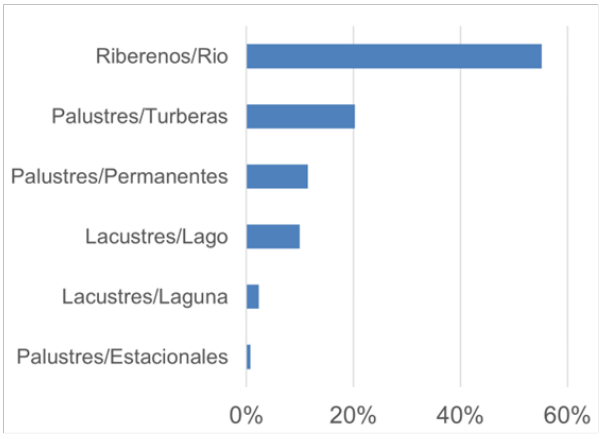
Región de Magallanes y La Antártica Chilena

Análisis Geoestadístico Obras MOP y Humedales

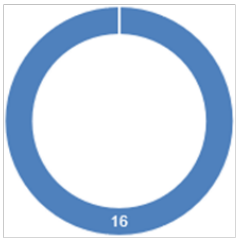
Proyectos intersectados con el Inventario Nacional de Humedales	12	Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales	16
Proyectos intersectados con humedales del Inventarios asociados al límite urbano	3	Proyectos cercanos(*) a humedales del Inventarios asociados al límite urbano	5
Proyectos intersectados Humedales Urbanos	0	Proyectos cercanos(*) a Humedales Urbanos	0

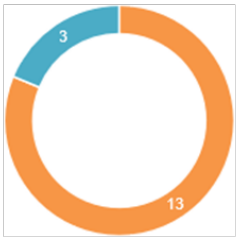


Tipos de Humedales del Inventario Nacional cercanos(*) a proyectos:



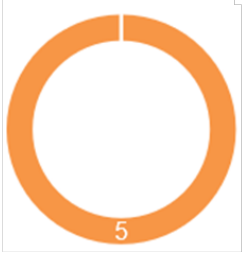
Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales:





Proyectos cercanos(*) a Humedales del Inventario Nacional de Humedales asociados a límites urbanos:



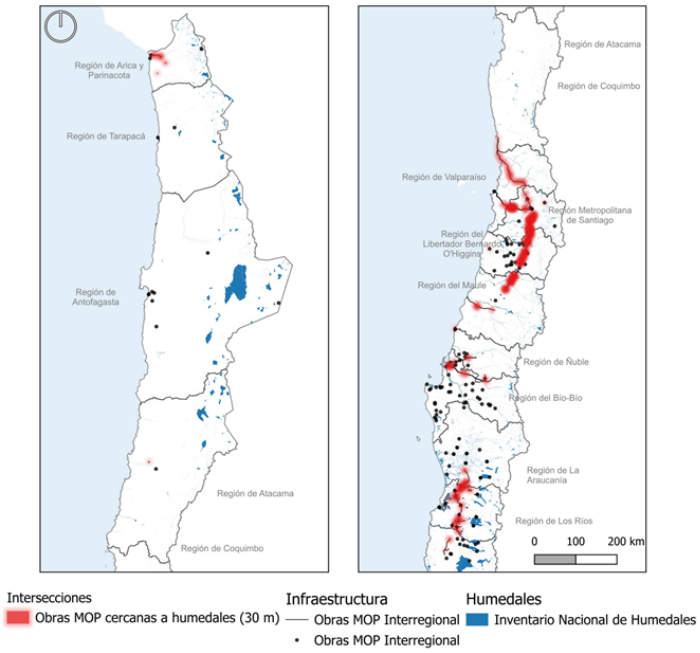


(*) Se considera cercano un proyecto que está a 30 m o menos del polígono humedal.

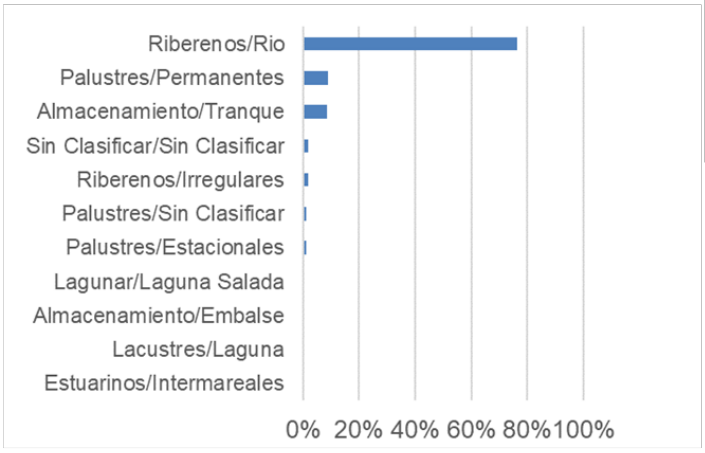
Interregional

Análisis Geoestadístico Obras MOP y Humedales

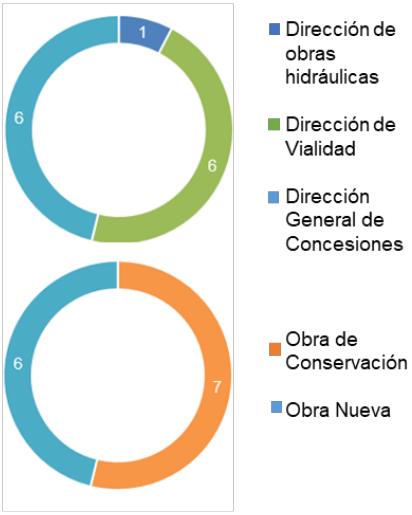
Proyectos intersectados con el Inventario Nacional de Humedales	11	Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales	13
Proyectos intersectados con humedales del Inventarios asociados al límite urbano	9	Proyectos cercanos(*) a humedales del Inventarios asociados al límite urbano	11
Proyectos intersectados Humedales Urbanos	1	Proyectos cercanos(*) a Humedales Urbanos	2



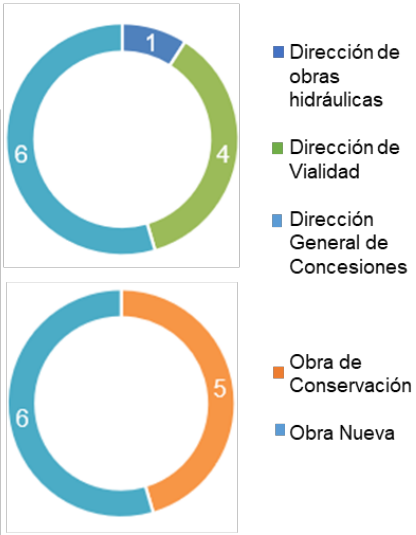
Tipos de Humedales del Inventario Nacional cercanos(*) a proyectos:



Proyectos cercanos(*) al Inventario Nacional de Humedales:



Proyectos cercanos(*) a Humedales del Inventario Nacional de Humedales asociados a límites urbanos:



(*) Se considera cercano un proyecto que está a 30 m o menos del polígono humedal.

ANEXO 4 | Instructivo de segmentación y clasificación de la red fluvial

Objetivos

- Indicar secuencia de pasos de la **segmentación y clasificación** de una red fluvial.
- Indicar las **variables geomorfológicas** para caracterizar segmentos.
- Proveer un flujo de decisiones para **identificar el o los tramos de interés** (este es un insumo para delimitar el humedal de interés como polígono de acuerdo a la Ley 21.202)

El esquema en la **Figura A4. 1** explica la secuencia de pasos para definir la red fluvial, segmentarla y luego seleccionar el o los segmento(s) que interactúan con la obra y con el límite urbano

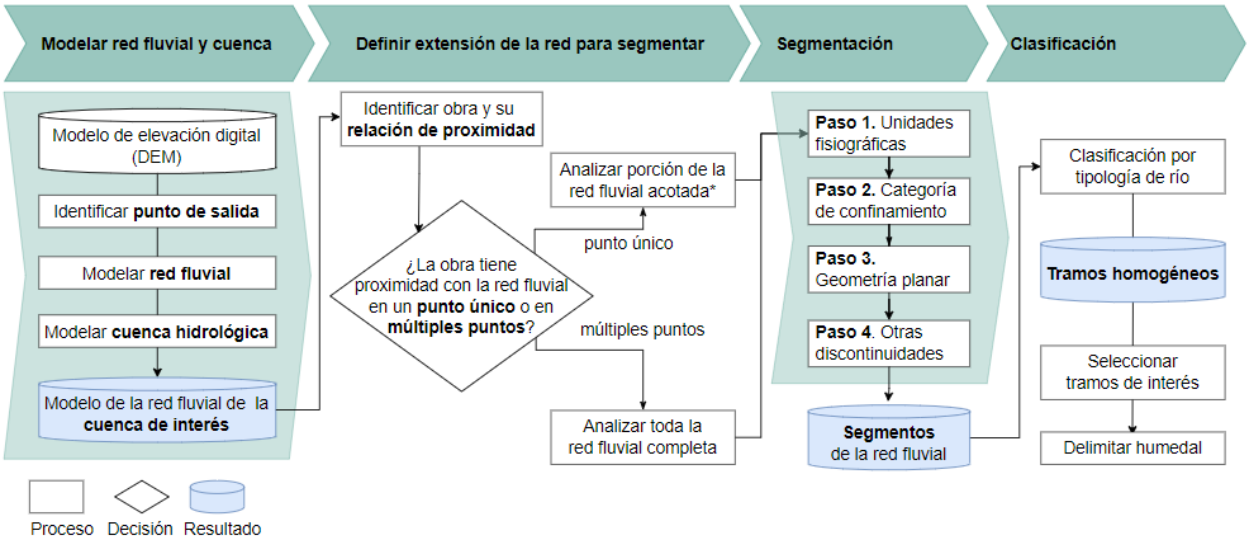


Figura A4. 1.*Diagrama de pasos para seleccionar el o los segmento(s) en torno a los cuales hay que delimitar el humedal. Fuente: Elaboración propia.*

Descripción del problema

Los humedales forman parte de una red hidrológica interconectada en la que **conectividad** se considera el eje estructurante de su salud ecosistémica [56]. Cuando el humedal de interés corresponde a **aguas corrientes permanentes o estacionales**, como los ríos, esteros y quebradas, es necesario definir un punto de inicio y de fin longitudinalmente de el o los **tramos homogéneos** de río para analizar. Esta definición se lleva a cabo mediante un proceso técnico que delimita unidades discretas a partir de una red fluvial continua. El procedimiento de segmentación y clasificación de tipos de ríos es un punto de partida básico para el manejo de sistemas fluviales.

Este instructivo aplica en cuerpos de agua que requieren una segmentación (**línea**) como paso previo a la delimitación del humedal de interés (**polígono**) [57].

Hay tres principios que tener en consideración sobre el funcionamiento de una red hidrológica:

1. Sistemas **jerárquicos** (espacial y temporalmente): los forzantes “macro” como la geología y el clima, determinan el comportamiento del río a escala “micro” como un segmento o hábitat.

2. Sistemas de red (**dendríticos**): Basado en el principio de “río como un continuo” [58], aquello que ocurre en una parte de la red fluvial puede afectar lo que ocurra en otra parte de la red.

3. Sistemas de ciclos de perturbaciones naturales: **régimen hidrológico natural** con periodos de sequía y periodos de inundaciones (* ver indicadores OP agua).

Considerando que las redes fluviales son continuas, para efectos de manejo de ríos, es requisito aplicar una **caracterización fluvial** (segmentación y clasificación) que identifique los diferentes tipos de ríos y su función dentro de la red fluvial. El objetivo es segmentar una red fluvial (**continua**) en unidades estructurales (**discretas**).

Un **segmento** es la “unidad estructurante” o sección longitudinal, que tiene condiciones físicas lo suficientemente estables para sostener un conjunto balanceado de interacciones entre forma y proceso [59]. En este caso, las unidades son segmentos de río y/o humedales que forman parte de una red fluvial interconectada. Existen segmentos que no corresponden a ríos, pero forman parte de la red hidrográfica. Por ejemplo, lagos, lagunas, turberas, vegas o embalses.

---

[56] Poff, N.L., 2019. A river that flows free connects up in 4D. Nature 569, 201–202. https://doi.org/10.1038/d41586-019-01393-2. Wohl, et al., 2019. Connectivity as an emergent property of geomorphic systems. Earth Surf. Process. Landforms 44, 4–26. https://doi.org/10.1002/esp.4434

[57] MMA-ONU, 2022. Guía de Campo Delimitación y Caracterización de Humedales Urbanos de Chile.

[58] Vannote, et al., 1980. The River Continuum Concept. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37, 130–137. https://doi.org/10.1139/f80-017.

[59] Gurnell, et al..., 2016. A multi-scale hierarchical framework for developing understanding of river behaviour to support river management. Aquat. Sci. 78, 1–16.

La segmentación permite hacer una posterior **clasificación** de los segmentos según su tipología. Cuando existe una serie de segmentos continuos que comparten la misma tipología, se consideran como un **tramo homogéneo**. Estos **tramos homogéneos** (compuestos por uno o más segmentos) se comportan como una unidad en cuanto a los **procesos funcionales** a escala de red fluvial. Analizar la **distribución espacial** en la cuenca permite identificar patrones como una distribución gradual desde la cabecera de la cuenca hasta la desembocadura (i.e. el río como continuo [60]) o bien una distribución heterogénea (i.e. el río como mosaico [61]).

Los principales **procesos fluviales** estudiados desde la geomorfología fluvial son tres:

- Erosión de sedimentos
- Transporte de sedimentos
- Deposición y almacenamiento

Estos procesos configuran el potencial que tienen los ríos de desarrollar hábitat para sostener diferentes comunidades biológicas.

Exististe diferentes métodos de clasificar ríos principalmente mediante dos tipos:

- Enfocados en **formas** (es posible mediante trabajo de gabinete como el descrito en este Instructivo, menos costo, requiere menos especialización).
- Enfocados en **procesos** (requiere metodologías como medición en terreno de transporte de sedimentos, modelación estadística y mayor especialización, pueden ser más precisos para cada caso y muchas veces es necesario para diseño de obras ingenieriles)

El debate entre promotores de diferentes métodos ha derivado en un conceso de que estudiar la geomorfología fluvial se basa en el principio de que *"la forma implica los procesos"* [62]. Este principio explica que son los procesos fluviales los que determinan la forma de un río ya que determinan la pendiente de un río, la velocidad y cantidad de agua, la disponibilidad y tipo de sedimentos y la tensión de corte crítica, entre otros aspectos hidrológicos y geomorfológicos importantes.

Existen tramos cuyo principal proceso geomorfológico es la erosión, por lo cual su función en la red es "producción de sedimentos". Por ejemplo, los ríos de montaña con pendientes inclinadas y frecuencia de procesos coluviales y aluviales de gran magnitud que aportan rocas, bolones, grava y material orgánica de gran tamaño al sistema fluvial. Otros ríos, ubicados en mesetas, valles y otras zonas planas, pueden transportar más sedimentos y contribuir al proceso de fragmentación y erosión de estos. Este proceso genera una granulometría cada vez más fina del lecho, orillas y planicies aluviales lo que a su vez aporta minerales necesarios para nutrir la fertilidad de las planicies de inundación, desembocaduras y zonas costeras. Por último, hay tramos en donde predomina el almacenamiento de sedimento ya que la planicie de inundación es amplia y el río se separa en varios canales que permiten acumulación de sedimentos.

---

[60] Vannote et al. 1980.

[61] Thorp, J., 2014. Metamorphosis in river ecology: from reaches to macrosystems. Freshw. Biol. 59, 200–210.

[62] Kasprak et al., 2016. The blurred line between form and process: A comparison of stream channel classification frameworks. PLoS One 11, 1–31.

Modelar red fluvial

En consideración a lo anterior, el primer paso es la **modelación de la red hidrológica.**

El procedimiento se realiza mediante sistemas de información geográfica (SIG)[63] y Google Earth Pro[64]. El insumo básico es un **modelo de elevación digital** (DEM). Para Chile, se sugiere usar el modelo ALOS PALSAR de 12,5m o ASTER de 30m disponible en diferentes fuentes públicas.

Es frecuente que, al **modelar la red fluvial**, la red modelada no coincida con la ubicación real de los cursos de agua, en especial en zonas de baja pendiente. Para acoger esta complejidad:

- Realizar la modelación desde el DEM enfocándose en el área específica (escala pequeña).
- Contrastar la red obtenida con el DEM con fuentes oficiales de cursos de agua a nivel nacional: (1) Instituto Geográfico Militar y (2) Dirección General de Aguas.

El proceso de segmentación y clasificación de la red fluvial. Estos procesos contemplan la medición de una serie de variables geomorfológicas (continuas y categóricas). Las variables se miden para cada segmento ("unidad estructurante) de la red y se agrupan en tres escalas: cuenca, valle y canal.

Para medir estas variables a diferentes escalas:

1. **Cuenca**: se realiza una **modelación de la cuenca hidrográfica** para identificar sus límites topográficos (DEM).
2. **Valle**: se establecen una serie de **secciones transversales** (transectos) para calcular promedios para cada segmento (Gloogle Earth Pro).
3. **Canal**: se analizan **imágenes satelitales** (Google Earth Pro), comparando diferentes periodos históricos disponibles mediante la función de línea de tiempo.

Para medir las variables a escala de cuenca, se debe **modelar la cuenca** lo cual requiere identificar un punto de salida (**Figura A4. 2**). El **punto de salida** depende de la ubicación de la obra (**relación de proximidad**) y se ubica aguas abajo del lugar dónde la obra MOP interactúa con la red fluvial, hasta al menos la confluencia con el **curso de agua de igual o mayor orden hidrológico** [65]. Otros criterios relevantes para la selección del punto de salida:

- Se consideran todos los lugares en dónde la obra interactúa con la red fluvial.
- Discontinuidades hidrológicas producto de actividades industriales que cambien la hidro-geomorfología del río, y por ende su capacidad de sostener procesos funcionales: embalses, desvíos y extracción de caudal para riego o almacenamiento, compuertas o fragmentación mediante otras estructuras, extracción de áridos.

---

[63] Se pueden utilizar diferentes softwares de SIG, por ejemplo, ArcGIS (extensión Arc Hydro Tools) y QGIS (extensión SAGA).

[64] Henshaw, *et al*., 2020. Google Earth as a data source for investigating river forms and processes: Discriminating river types using form-based process indicators. Earth Surf. Process. Landforms 45, 331–344. https://doi.org/10.1002/esp.4732

[65] El Órden de Strahler indica la jerarquía relativa en la red fluvial. (Horton, 1945). Definición en **Anexo 2.**

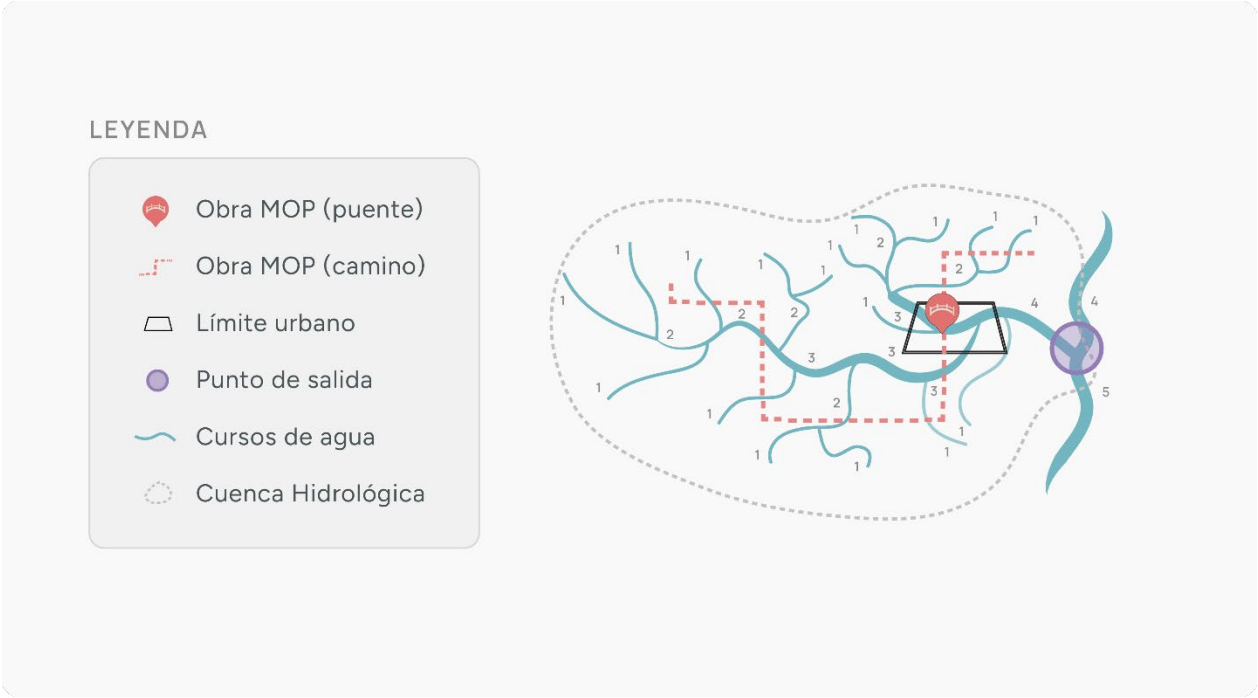


Figura A4. 2. *Esquema de la identificación del punto de salida para modelar una red fluvial y su cuenca hidrológica. Los números indican el orden hidrológico de los cursos de agua (Orden de Strahler). Fuente: Elaboración propia.*

Definir la extensión de la red para segmentar y clasificar

Acotar el área de análisis sirve para reducir la extensión total de la red fluvial que es necesario analizar para segmentar. En este paso se considera la **relación de proximidad** de la obra con respecto al humedal. Para obras localizadas que intersectan con la red en un **punto único**, como un puente, es posible que sea suficiente analizar una porción acotada de la red. En obras que intersectan en **múltiples puntos** con cursos de agua o humedales dentro de la cuenca, es necesario analizar la red fluvial completa. La **Figura A4. 3** muestra estas opciones.

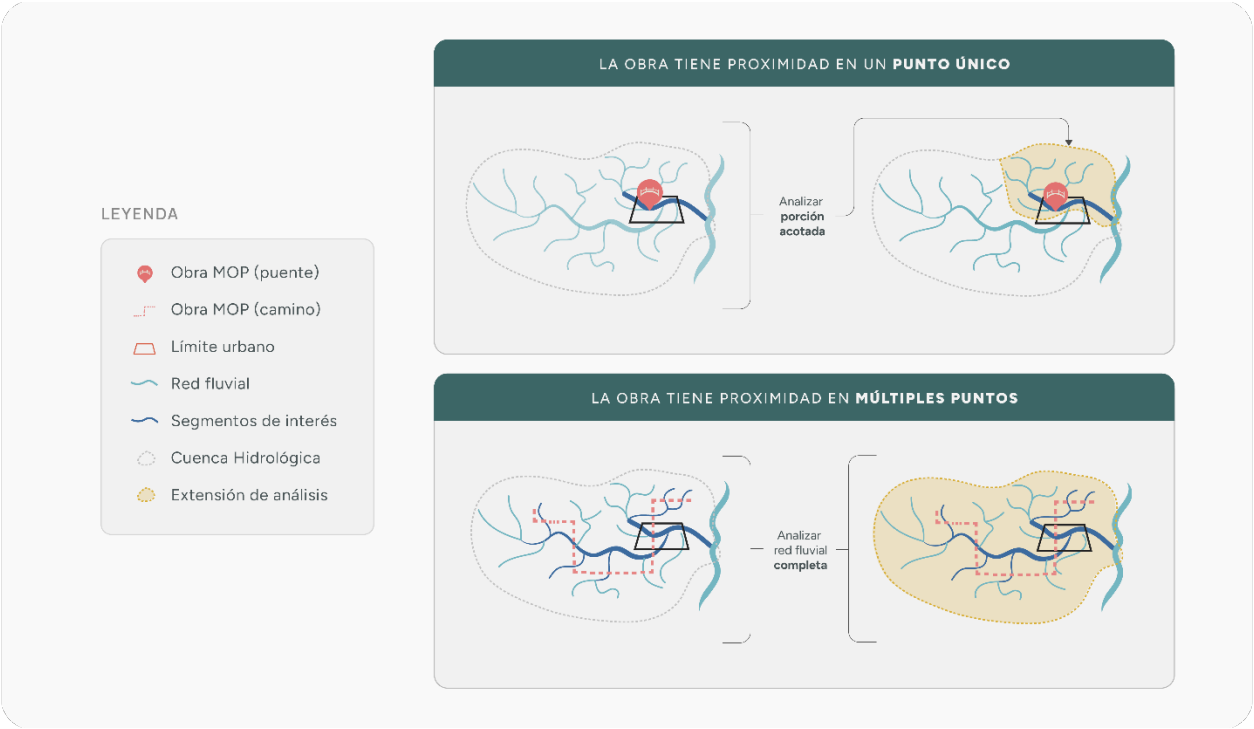


Figura A4. 3. *Ejemplo de definición del área de análisis en función del tipo de interacción entre la obra y la red fluvial: en un punto único (puente) o en múltiples puntos (camino). Fuente: Elaboración propia.*

Segmentación y clasificación de la red fluvial

Se propone utilizar el marco **Geomorphic Units System** (GUS)[66] que ofrece criterios y parámetros para la segmentación de redes fluviales. El origen de esta metodología es un proyecto integrador de gran escala desarrollado en la Unión Europea entre 2011 y 2015. El proyecto REFORM (Restoring Rivers for Effective Catchment Management) cuenta con protocolos de monitoreo, métodos de muestreo, procedimientos de evaluación, guías de referencia y otras herramientas para caracterizar las consecuencias de degradación física. Estas herramientas son esenciales para planificar y diseñar medidas y programas adecuado manejo de sistemas fluviales.

El marco GUS ha sido aplicado con éxito en Chile. Este instructivo presenta aspectos simplificados de la metodología de segmentación y no reemplaza la revisión detallada de las fuentes citadas. El nivel de dificultad es moderado y manejable por técnicos y profesionales con conocimientos SIG.

El flujo de trabajo sigue cuatro pasos:

1. **Contexto general e identificación de unidades fisiográficas.** Se lleva a cabo una primera división de la cuenca en macro-áreas o unidades fisiográficas.
2. **Definición del grado de confinamiento**. Se define el grado de confinamiento en base a criterios geomorfológicos, obteniendo una subdivisión preliminar de segmentos.
3. **Definición de la geometría planar del canal**[67]. Se define la geometría planar del canal, utilizando diferentes criterios para diferentes tipos de confinamiento.
4. **División final de segmentos**. La división final toma en cuenta discontinuidades hidrológicas naturales y artificiales. Longitud promedio de los segmentos (en metros) debe ser proporcional al tamaño del curso del agua. Por ejemplo, para un río de 1 metro de ancho (ancho de cauce lleno), la longitud mínima debería ser de 100 metros considerando los criterios establecidos en los pasos anteriores.

[66] Belletti, et al, 2015. The Geomorphic Units survey and classification System (GUS) Le Système de classification et analyse des Unités. I.S. Rivers 1–3.
Rinaldi, *et al.,* 2015. The Geomorphic Units survey and classification System (GUS) : REstoring rivers FOR effective catchment Management - REFORM - Analytical framework.
Rinaldi, *et al*., 2011. Guidebook for the evaluation of stream morphological conditions by the Morphological Quality Index (MQI), Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. Roma.
Rinaldi, M., *et al*., 2016. Classification of river morphology and hydrology to support management and restoration. Aquat. Sci. 78, 17–33.
Belletti, *et al*., 2015. The Geomorphic Units survey and classification System (GUS) Le Système de classification et analyse des Unités. I.S. Rivers 1–3.

[67] La geometría planar es la forma de un río vista de forma perpendicular a la superficie terrestre (**Anexo 1**).

Para cada segmento se miden secuencialmente una serie de variables a escala de cuenca, de valle y de canal. La **Tabla A4. 1** lista las variables geomorfológicas que se miden y registran para cada segmento y en qué paso de la segmentación son calculadas. Las definiciones de las variables se presentan en el Glosario (**Anexo 2**)

Tabla A4. 1*.Variables geomorfológicas, fuentes de información necesarias como insumo y paso del procedimiento de segmentación en el que se calcula: Nota: SD significa sin dimensión. Fuente: Elaboración propia.*

Escala	Variable	Unidad	Abreviación	Insumos	Paso
Cuenca	Régimen climático	mm y °C	CLI	Köppen	Paso 1
	Geología	SD	GEO	SERNAGEOMIN	Paso 1
	Cobertura de suelo	SD	LC	CONAF	Paso 1
Valle	Ancho planicie de inundación	M	VFW	Google Earth Pro	Paso 2
	Grado de confinamiento	%	CD	Google Earth Pro	Paso 2
	Índice de confinamiento	decimal	CI	Google Earth Pro	Paso 2
	Clase de confinamiento	SD	CCL	Google Earth Pro	Paso 2
Cauce	Orden de Strahler	-	STR	DEM	Paso 2
	Ancho del cauce lleno	m	CBW	Google Earth Pro	Paso 2
	Ancho del cauce activo	m	CAW	Google Earth Pro	Paso 2
	Sinuosidad del cauce	SD	SIN	Google Earth Pro	Paso 3
	Número de canales	-	NC	Google Earth Pro	Paso 3
	Índice de trenzado	SD	BI	Google Earth Pro	Paso 3
	Índice de anastomosamiento	SD	AI	Google Earth Pro	Paso 3
	Tipo de morfología	SD	PLN	Google Earth Pro	Paso 3
	Pendiente	grado	SLO	DEM	Paso 4
	Discontinuidades hidrológicas	SD	DIS	Google Earth Pro, infraestructura existente	Paso 4

Paso 1: Contexto general e identificación de unidades fisiográficas.

Objetivo	Obtener un contexto general de la fisiografía y aplicar una primera división en macro áreas (unidades fisiográficas) y macro segmentos.
Insumos	• Red fluvial y cuenca delimitada (DEM) • Categorías climáticas de Köppen • Mapa Geológico 1:1.000.000, SERNAGEOMIN • Catastro de Uso de Suelo, CONAF • Google Earth Pro
Método general	Sensoramiento remoto y SIG.
Variables geomorfológicas consideradas	• Área de la cuenca (DEM) • Régimen climático e hidrológico de la cuenca (Köppen) • Litología dominante (Mapa Geológico 1:1.000.000, SERNAGEOMIN) • Cobertura de suelo (Catastro de Uso de Suelo, CONAF) • Distinción básica entre (1) laderas y cerros; (2) planicies (DEM) • Perfiles longitudinales (DEM, Google Earth Pro)
Resultado	• División de la cuenca en unidades fisiográficas o macro zonas

¿Por qué son importantes estas variables para la caracterización de la red fluvial?

Régimen climático (Categorías de Köppen):

- El clima determina las condiciones generales del régimen de flujo natural de los ríos, lo cual constituye una forzante a gran escala para los procesos geomorfológicos. Generalmente esta primera división es bastante gruesa, incluso puede que la cuenca de estudio tenga con un solo tipo de clima.

Litología dominante (Mapa Geológico 1:1.000.000, SERNAGEOMIN):

- La litología – o la constitución de formaciones geológicas – subyace en los procesos de producción de sedimentos y formación de suelo. Es importante para la segmentación ya que genera cambios en la composición de los sedimentos transportados y también la formación de estructuras como cascadas, zonas de retención y cortes en planicies de inundación antiguas. También, en conjunto con el DEM facilita la distinción básica entre (1) laderas y cerros; (2) planicies.

Uso de suelo (CONAF e imagen satelital):

- La cobertura de suelo afecta la geomorfología de los ríos por cuanto genera cambios en las condiciones superficiales de los suelos que determinan su capacidad de intercepción, almacenamiento, infiltración y escorrentía.

Perfil longitudinal (DEM, Google Earth Pro)

- Luego de las forzantes a escala de cuenca, se analizan los perfiles longitudinales de los segmentos para detectar cambios notorios en la pendiente.

La **Figura A4. 4** muestra la secuencia de subdivisión de la red fluvial en base a componentes estructurantes del territorio de la cuenca: el clima, la geología y la cobertura de suelo.

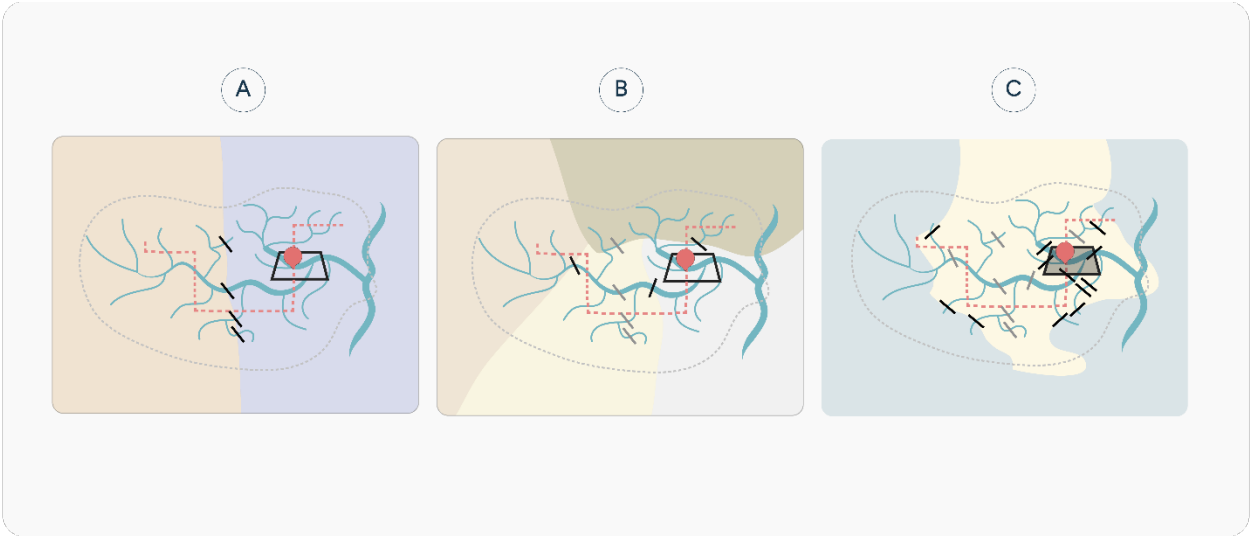


Figura A4. 4. *Primera división de la red fluvial en base al orden hidrológico (cuadro superior) y segmentación en base a macrozonas fisiográficas definidas por categorías de (A) clima, (B) geología y (C) cobertura de suelo. Fuente: Elaboración propia.*

En la **Figura A4. 5** se muestran ejemplos de perfiles longitudinales. El cuadro (B) muestra un perfil con variaciones abruptas puntuales, diferentes a la pendiente promedio. Esto ocurre frecuentemente debido a las incongruencias esperables entre el DEM de Google Earth Pro y la capa de la red fluvial proveniente de la fuente oficial (DGA en este caso). En estos casos, el criterio para la división debe considerar **cambios promedios**, y no locales, en la pendiente del segmento.

(A) (B)

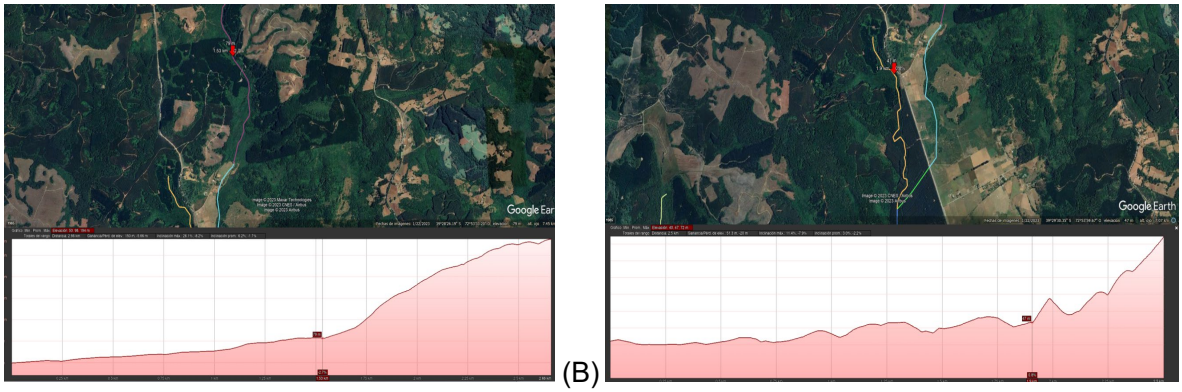


Figura A4. 5*. Ejemplos de perfiles longitudinales y puntos de cambios en la pendiente general. Fuente: Elaboración propia en base a imagen de Google Earth Pro.*

Paso 2: Definición del grado de confinamiento.

Objetivo	Definir en detalle las condiciones de confinamiento. Esto representa el espacio lateral que tiene el río para desplazarse y cambiar en el tiempo a gran escala.
Insumos	• Google Earth Pro
Método general	• Sensoramiento remoto, SIG.
Variables geomorfológicas consideradas	• Grado de confinamiento • Índice de confinamiento • Ancho de la planicie de inundación • Ancho del cauce lleno
Resultado	División de segmentos basado en parámetros de confinamiento.

La **Figura A4. 6** presenta los rangos establecidos para el **grado de confinamiento** y el **índice de confinamiento** que permiten determinar si un segmento es confinado, semi confinado o no confinado. De acuerdo a la metodología de Geomorphic Units System, este paso considera el "**parámetro n**", un parámetro categórico:

- n = 5 cuando el segmento tiene un único canal
- n = 2 cuando el segmento tiene múltiples canales.

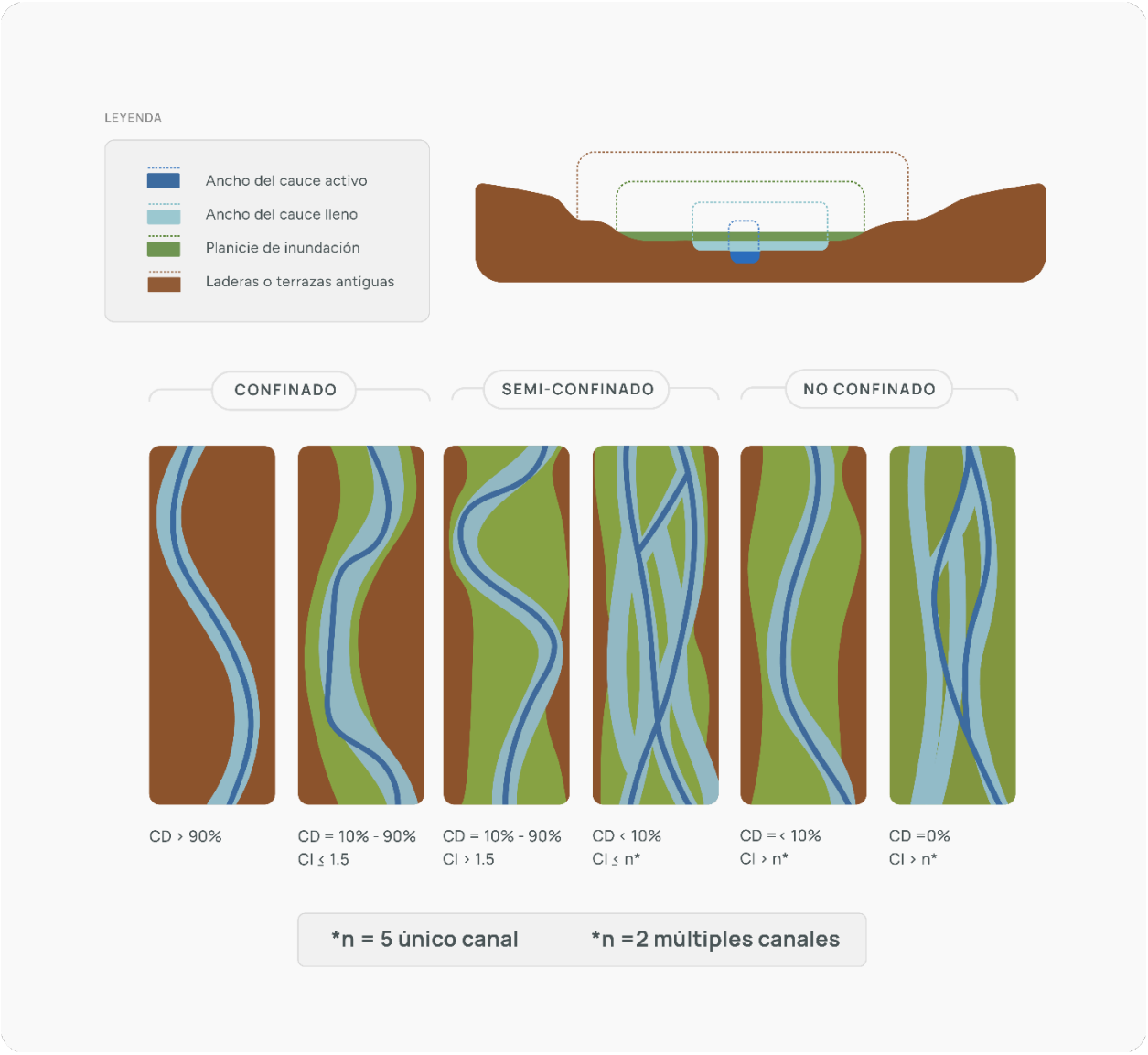


Figura A4. 6. *Definición de clases de confinamiento. NOTA: el valor "n" corresponde a 5 en cauces con un único canal y a 2 en cauces con múltiples canales. Fuente: Elaboración propia adaptado de Rinaldi et al. 2011*

Para obtener un valor representativo de cada segmento, se establecen secciones transversales (o transectos) para los cuales se calcula el **ancho de planicie de inundación** y **ancho de cauce activo**.

Un ejemplo de las secciones a lo largo de curso de agua se muestra en la **Figura A4. 7**. Se estudia el perfil de elevación de cada una de las secciones para medir las variables mencionadas.

La medición de las variables a escala de cauce puede cambiar en el tiempo ya que son las más dinámicas (menos escala temporal). Para evitar sesgos de temporalidad, es provechoso revisar imágenes satelitales de diferentes años y meses utilizando la función de línea de tiempo de Google Earth Pro.

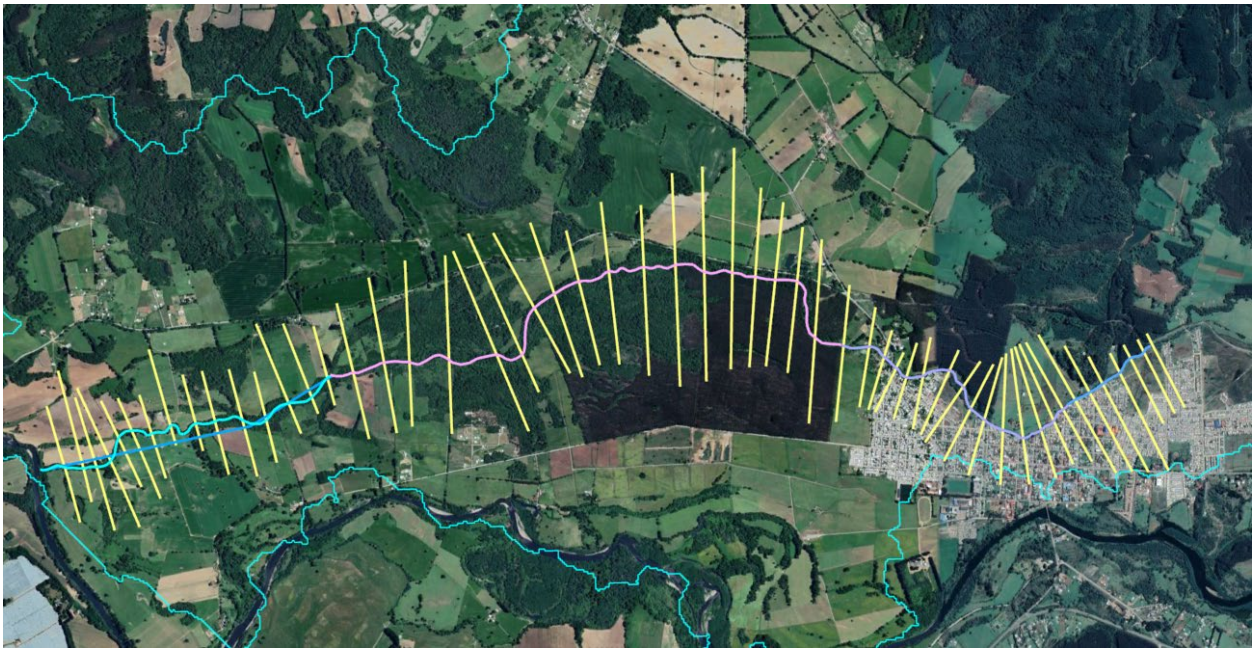


***Figura A4. 7**. Ejemplo de secciones transversales (o transectos) utilizadas para calcular valores promedio del ancho de la planicie de inundación y ancho del cauce activo. Al establecer las transectos se busca una distribución homogénea que permita obtener un valor representativo del segmento. Se estudia al perfil de elevación de cada una de las secciones. Fuente: Elaboración propia en base a imagen de Google Earth Pro.*

Paso 3: Definición de la geometría planar.

Objetivo	Definir la geometría planar de canales.
Insumos	• Google Earth Pro
Método general	Sensoramiento remoto, SIG.
Variables geomorfológicas consideradas	• Longitud del tramo • Pendiente • Número de canales • Índice de sinuosidad • Índice de trenzado • Índice de anastomosamiento
Resultado	División de segmentos según geometría planar de canal.

Este paso depende de los pasos anteriores y avanza considerando variables como la sinuosidad y el índice de trenzado.

La longitud permite calcular la pendiente y la sinuosidad. Se mide a lo largo de la *vaguada* del cauce (ver **Anexo 2**).

Los ríos son **sistemas dinámicos**. Su geometría planar no es estática y suele cambiar, en especial durante eventos y periodos de mayor caudal. Este dinamismo es propio del funcionamiento natural de los ríos. A través de tres procesos principales – erosión, transporte y deposición – los ríos sostienen un equilibrio de las condiciones físicas y químicas.

La **Figura A4. 8** muestra las categorías de geometría planar. Ésta varía, en términos generales, desde ríos con canal único hasta ríos con múltiples canales.

La **Tabla A4. 2** entrega los criterios detallados para respaldar la identificación visual. Los criterios son levemente diferentes entre los canales semi confinados y no confinados.



Figura A4. 8. *Tipos de geometría planar. Fuente: Elaboración propia adaptado de Rinaldi et al. 2016.*

Tabla A4. 2. *Criterios y umbrales de índices y otras características distintivas para la clasificación geomorfológica de ríos semi confinados y no confinados. Fuente: Elaboración propia adaptado de Rinaldi et al. 2016*

Tipología	Índice de sinuosidad (SI)	Índice de trenzado (BI)	Índice de anastomosamiento (IA)
Recto	1 ≤ SI < 1.05	1 ≤ BI < 1.5 (normalmente igual o cerca de 1)	1 ≤ AI < 1.5 (normalmente igual o cerca de 1)
Sinuoso	1.05 ≤ SI < 1.5	1 ≤ BI < 1.5 (normalmente igual o cerca de 1)	1 ≤ AI < 1.5 (normalmente igual o cerca de 1)
Meandriforme	≥ 1.5	1 ≤ BI < 1.5 (normalmente igual o cerca de 1)	1 ≤ AI < 1.5 (normalmente igual o cerca de 1)
Sinuoso con barras alternadas	< 1.5	Cerca de 1	Cerca de 1
Serpenteante	< 1.5	1 < BI < 1.5	1 < BI < 1.5
Trenzado	Cualquiera (normalmente bajo)	≥ 1.5	< 1.5
Anastomosado	Cualquiera (incluso > 1.5)	1 ≤ BI < 1.5	≥ 1.5
Otras características distintivas			
Recto o sinuoso	Comparado con “sinuoso de barras alternadas”: tiene barras discontinuas (o ausentes). La longitud de las barras es < 80% de la longitud del segmento.		
Sinuoso con barras alternas	Comparado con “recto” y “sinuoso”: presencia casi continua de barras alternadas. La longitud de las barras es > 80% de la longitud del segmento. Comparado con “serpenteante”: canal relativamente más angosto, ausencia (o presencia localizada) de trenzado y anastomosamiento.		
Serpenteante	Comparado con “recto” y “sinuoso”: presencia casi continua de barras alternadas. La longitud de las barras es > 80% de la longitud del segmento. Comparado con “sinuoso de barras alternadas”: canal relativamente más ancho; presencia significativa de trenzado y/o anastomosamiento.		

Paso 4: Otras discontinuidades y división final de segmentos.

Objetivo	Finalizar la segmentación en segmentos relativamente homogéneos considerando factores adicionales para una última división.
Información requerida	• Google Earth Pro • Infraestructura existente
Método general	Sensoramiento remoto, SIG.
Variables geomorfológicas consideradas	• Discontinuidades hidrológicas naturales • Discontinuidades hidrológicas artificiales.
Resultado	Los segmentos están divididos para la posterior categorización por tipologías de geomorfología fluvial y eventual evaluación y monitoreo

Para considerar las discontinuidades naturales y artificiales, lo ideal es poder revisar varias imágenes satelitales (Google Earth Pro) para observar cambios. El foco de este paso es preciso preguntarse:

- ¿Esta discontinuidad cambia el tipo de geometría planar definida en el Paso 3?
    - No: Mantener la división final del paso 3.
    - Si: Subdividir los segmentos con discontinuidades.

Discontinuidades naturales

- Ingreso de tributarios
- Aluviones, derrumbes causados por procesos coluviales
- Abanicos o conos aluviales causados por procesos aluviales
- Cascadas
- Represamientos naturales
- Cambios abruptos de pendiente en el perfil longitudinal
- Cambios en el ancho del valle, planicie de inundación y/o canal

Discontinuidades artificiales (dependen de magnitud con respecto al curso de agua).

- Efluentes industriales.
- Estructuras de atravieso, puentes, terraplén.
- Desvíos y extracción de caudal.
- Canalizaciones, protección de orillas, compuertas.
- Alteración en disponibilidad y distribución de sedimentos (extracción de áridos)
- Intervenciones preexistentes en la cuenca con impactos acumulativos y sinérgicos.

Clasificación

La clasificación permite agrupar segmentos según tipologías comunes. Los segmentos se comportan como una unidad dentro de la red fluvial, cumpliendo diferentes funciones hidrológicas y geomorfológicas para sostener un equilibrio entre procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimentos.

Tipología de río

Objetivo	Identificar la tipología de los segmentos estudiados según las variables calculadas en el proceso de segmentación
Insumos	• Segmentos con sus respectivos valores de variables geomorfológicas, especialmente el confinamiento y la geometría planar
Método general	Se categoriza de acuerdo a las tipologías fluviales del marco GUS.
Resultado	• Segmentos clasificados por tipología de río

Una vez que se ha definido el grado de confinamiento y la geometría planar, es posible clasificar los segmentos en diferentes **tipologías de ríos.** Estas tipologías responden a la forma y procesos funciones que caracterizan el río en esa pare de la red fluvial (**Tabla A4. 3**).

Tabla A4. 3. *Tipologías fluviales derivadas de la combinación entre confinamiento y geometría planar. Fuente: Elaboración propia.*

Confinamiento	Geometría planar	Tipología
Confinado	Canal único Serpenteante Trenzado Anastomosado	Confinado recto Confinado serpenteante Confinado trenzado Confinado anastomosado
Semiconfinado	Recto Sinuoso Meandriforme Sinuoso con barras alternadas Serpenteante Trenzado Anastomosado	Semiconfinado recto Semiconfinado sinuoso Semiconfinado Meandriforme Semiconfinado sinuoso con barras alternadas Semiconfinado serpenteante Semiconfinado trenzado Semiconfinado anastomosado
No confinado		No confinado recto No confinado sinuoso No confinado Meandriforme No confinado sinuoso con barras alternadas No confinado serpenteante No confinado trenzado No confinado anastomosado

Tramos homogéneos

La **Figura A4. 9** muestra un ejemplo del resultado de la segmentación de la red fluvial y luego la clasificación de los segmentos según su tipología de río. Cuando existe una serie de segmentos continuos que comparten la misma tipología, se consideran como un **tramo homogéneo**.

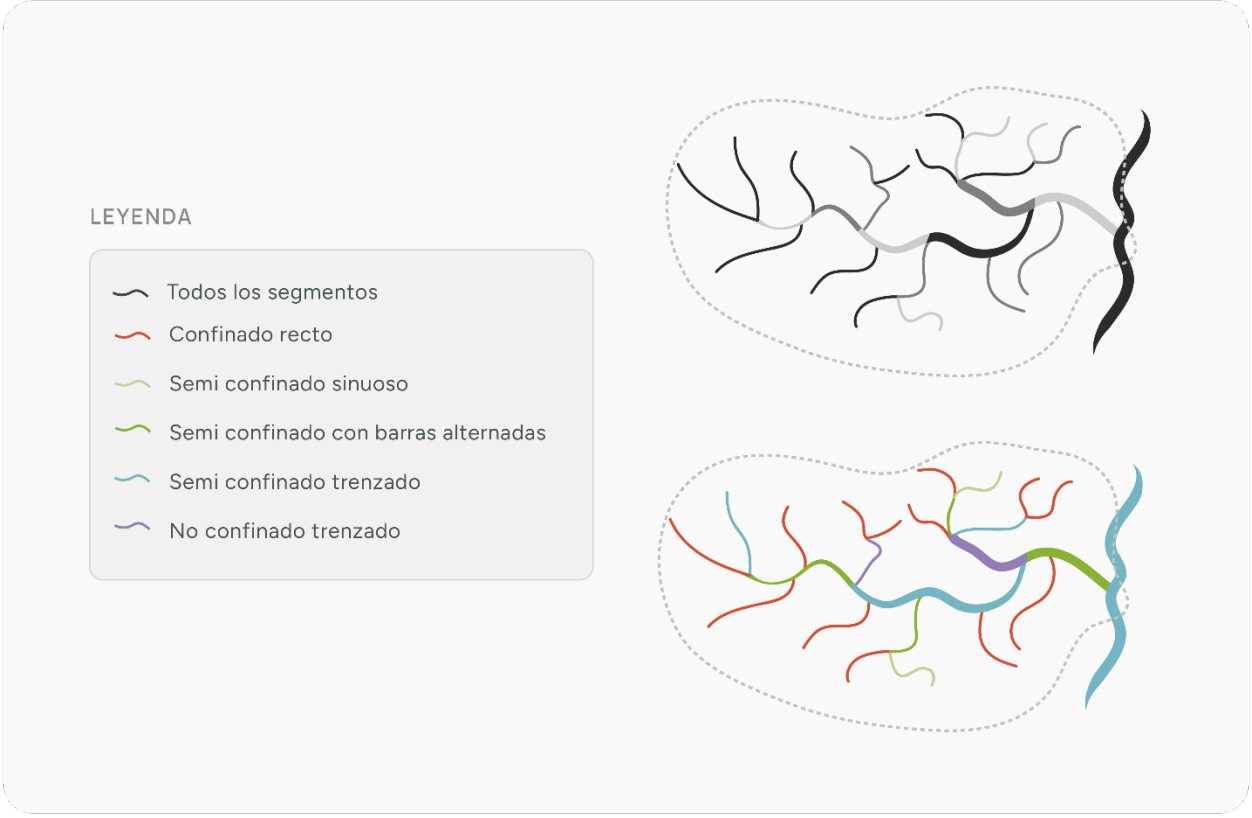


Figura A4. 9. *Identificación de los segmentos individuales (arriba) y su posterior clasificación según tipología de río (abajo) que configura los tramos homogéneos en términos de procesos funcionales de la red fluvial. Fuente: Elaboración propia.*

Tamos de interés para el literal s)

Para seleccionar el/los tramo(s) homogéneo(s) de interés, se utiliza el resultado final de la segmentación y clasificación de la red fluvial. Estos tramos de interés serán el insumo para luego delimitar el polígono del humedal siguiendo los principios de la **Ley 21.202.** Una vez delimitado el humedal, se determina si es que éste es susceptible o no de ser considerado por el literal s)

La superposición del límite urbano y la obra MOP de interés con la red fluvial clasificada permite realizar dos filtros (**Figura A4. 10**):

- Tramos homogéneos asociados al **límite urbano**
- Tramos homogéneos con alguna **relación de proximidad** con la obra MOP.

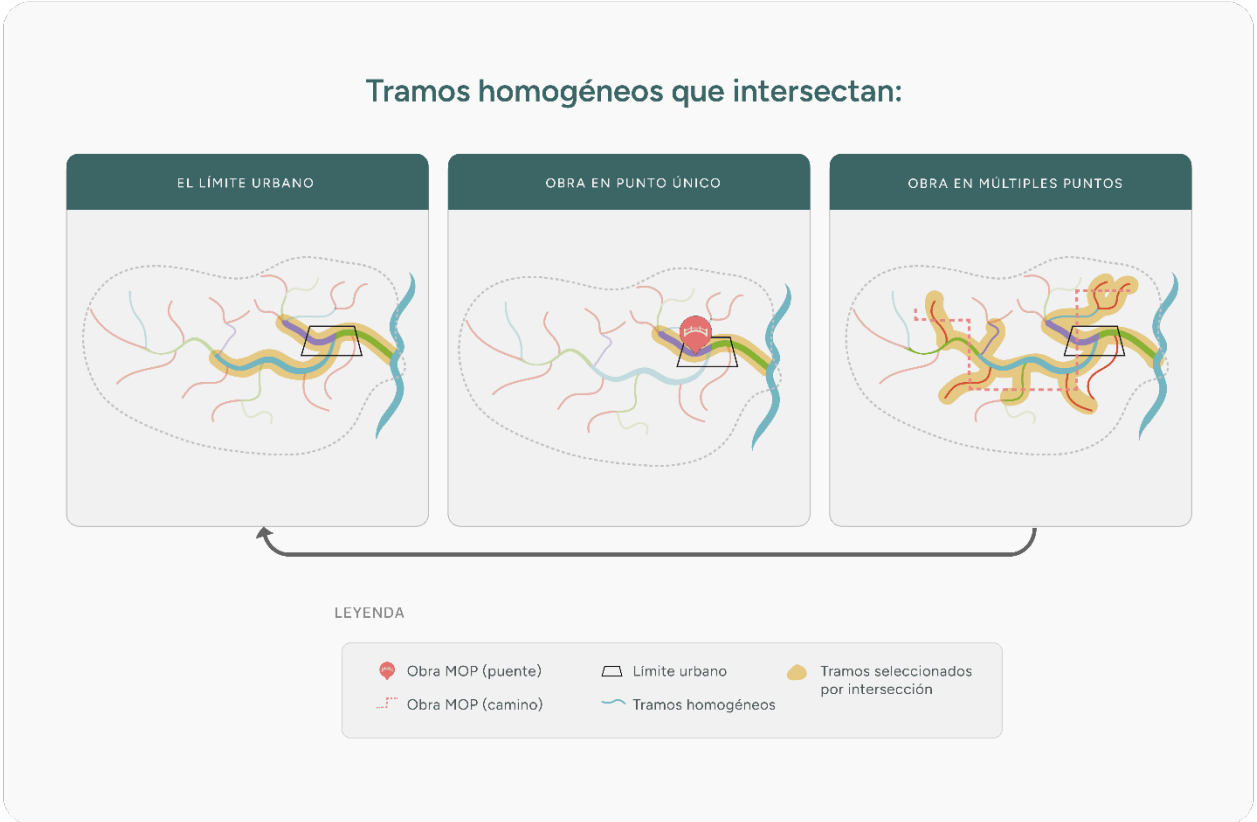


***Figura A4. 10**. Identificación de los tramos homogéneos que intersectan con el límite urbano y tienen alguna relación de proximidad con la obra MOP, tanto para obras que tienen relación de proximidad en un punto único o en múltiples puntos. En este caso, hay tres tramos homogéneos que intersectan con el límite urbano (celeste, lila y verde). Para obra con intersección en punto único, los tramos seleccionados que cumplen ambos filtros son dos (lila y verde). En el segundo caso, los tramos que cumplen ambos filtros son tres y coinciden con los tres tramos iniciales (lila, celeste y verde). Fuente: Elaboración propia.*

ANEXO 5 | Aplicación práctica del instructivo de segmentación: Caso Río Quechuco, Mariquina

Objetivos

- Modelación de la red fluvial y la cuenca hidrológica del Río Quechuco
- Identificación del segmento o conjunto de segmentos (tramo homogéneo) en formato de línea que deben ser considerados como insumo para la delimitación del humedal en formato de polígono.

Identificación de humedal de interés

El Río Quechuco es un tributario del Río Cruces. Confluye con el Río Cruces aproximadamente 6 km al oeste de la ciudad de San José de la Mariquina, ubicada en la región de Los Ríos, provincia de Valdivia, comuna de Mariquina. De acuerdo a la DGA, el Río Quechuco se encuentra dentro de la cuenca del Río Valdivia, la subcuenca del Río Cruces y la sub subcuenca del Río Cruces entre Río Leufucade y Bajo Estero Quechuco.

Características del caso del Río Quechuco:

1. No está declarado como Humedal Urbano.
2. Si está reconocido en el Inventario Nacional de Humedales.
3. Si está asociado al **límite urbano** (San José de la Mariquina).
4. Tipo de obra MOP asociada: **conservación de cauce**.
5. Relación de proximidad principal: **Dentro**. La obra genera acciones adentro del cauce e interactúa directamente con el río.
6. Relación de proximidad secundaria: **Aguas arriba**. La obra se ubica también aguas arriba de un humedal.
7. Se han realizado 2 vistas a terreno (agosto 2023 y enero 2024) en las que han participado: Equipo CEHUM, MOP Central, MOP Los Ríos, Dirección de Vialidad (DV) y Dirección de Obras Hidráulicas (DOH).

El humedal está registrado en el Inventario Nacional de Humedales como uno del tipo palustre, con dos polígonos contiguos de una superficie de 13.5 ha y 259.7 ha. Los polígonos referenciales están registrados como humedal palustre permanente. No obstante, el cuerpo de agua principal corresponde a un río, es decir a **aguas corrientes permanentes.**

Considerando el diagrama de flujo de la **Figura C3. 2** (estrategia de caracterización del humedal), al ser un humedal de aguas corrientes permanentes, el primer paso en su caracterización es el paso de segmentación y clasificación de la red fluvial. Se aplica el **Instructivo de segmentación y clasificación de la red fluvial (Anexo 4)** desarrollado para este estudio.

La **Figura A5. 1** Muestra el contexto geográfico en el que se ubica la cuenca del Río Quechuco, resaltando los humedales circundantes que están identificados en el Inventario Nacional de Humedales. El humedal denominado “Estero Quechuco” se compone por dos polígonos. El detalle de cada uno de estos polígonos se muestra en la **Tabla A5. 1**

__Tabla A5. 1.__ Descripción de los polígonos que componen el Humedal "Estero Quechuco" según el Inventario Nacional de Humedales. Fuente: Elaboración propia.

	Polígono aguas arriba (este)	Polígono aguas abajo (oeste)
Nombre humedal	Estero Quechuco	Estero Quechuco
Código	HUR-14-41	HUR-14-41
Clasificación	Orden 1: Continentales Orden 2: Palustres Orden 3: Emergentes Orden 4: Permanentes Orden 5: Permanentes	Orden 1: Continentales Orden 2: Palustres Orden 3: Emergentes Orden 4: Permanentes Orden 5: Permanentes
Hectáreas	13.514225	259.656181

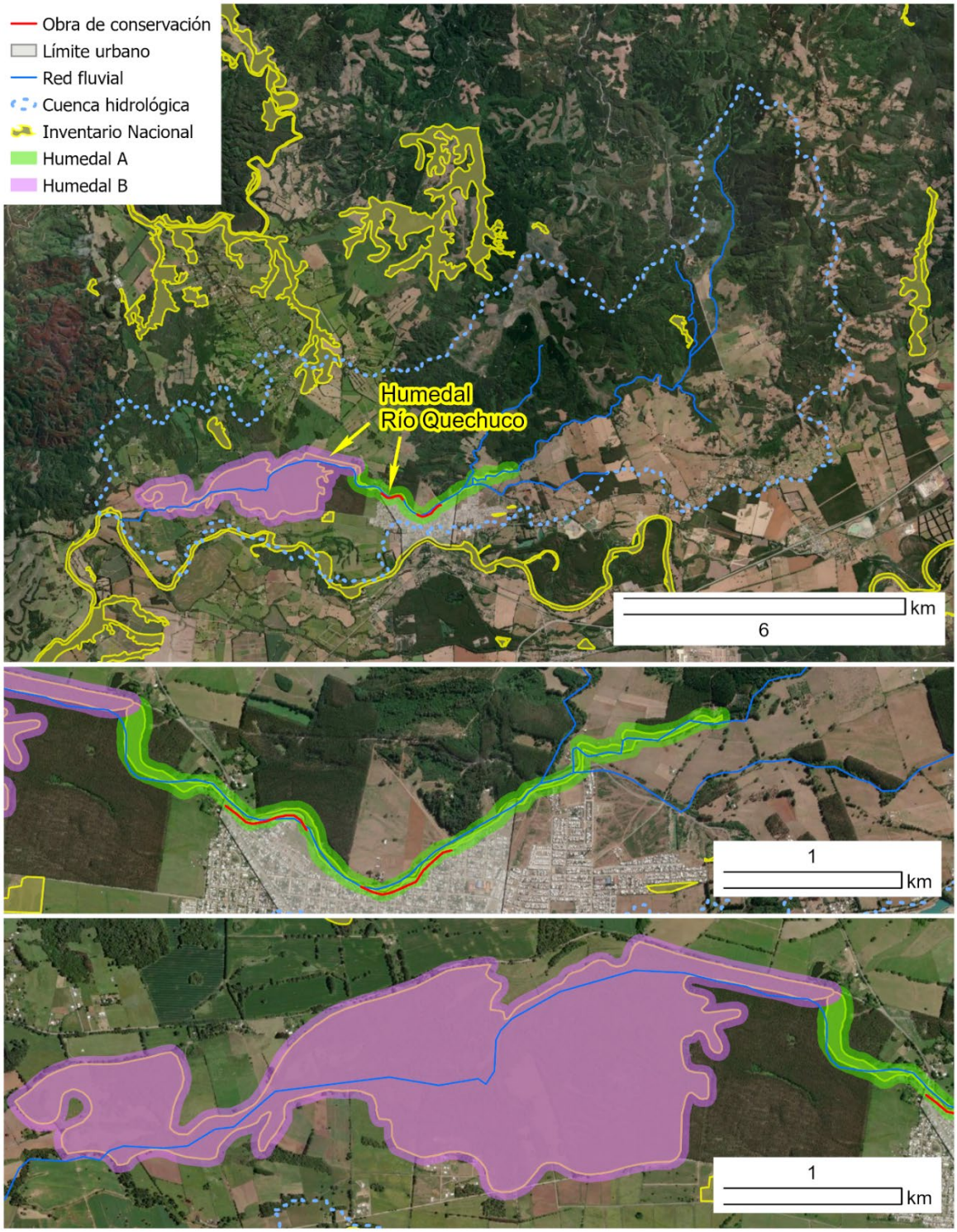


***Figura A5. 1**. Ubicación del humedal Río Quechuco con respecto el límite urbano de San José de La Mariquina. La obra de conservación del caso de estudio es una obra de conservación (línea roja). Elaboración propia en base a imagen de Google Earth Pro.*

Modelar la red fluvial

De acuerdo al Instructivo de Segmentación, el **punto de salida** para definir la cuenca hidrológica y la red fluvial se determinará como el punto de **confluencia con otro curso de agua de igual o mayor orden hidrológico** (Orden de Horton-Strahler). El Río Quechuco confluye con el Río Cruces, aproximadamente 8 km aguas abajo de la obra **Figura A5. 2**.

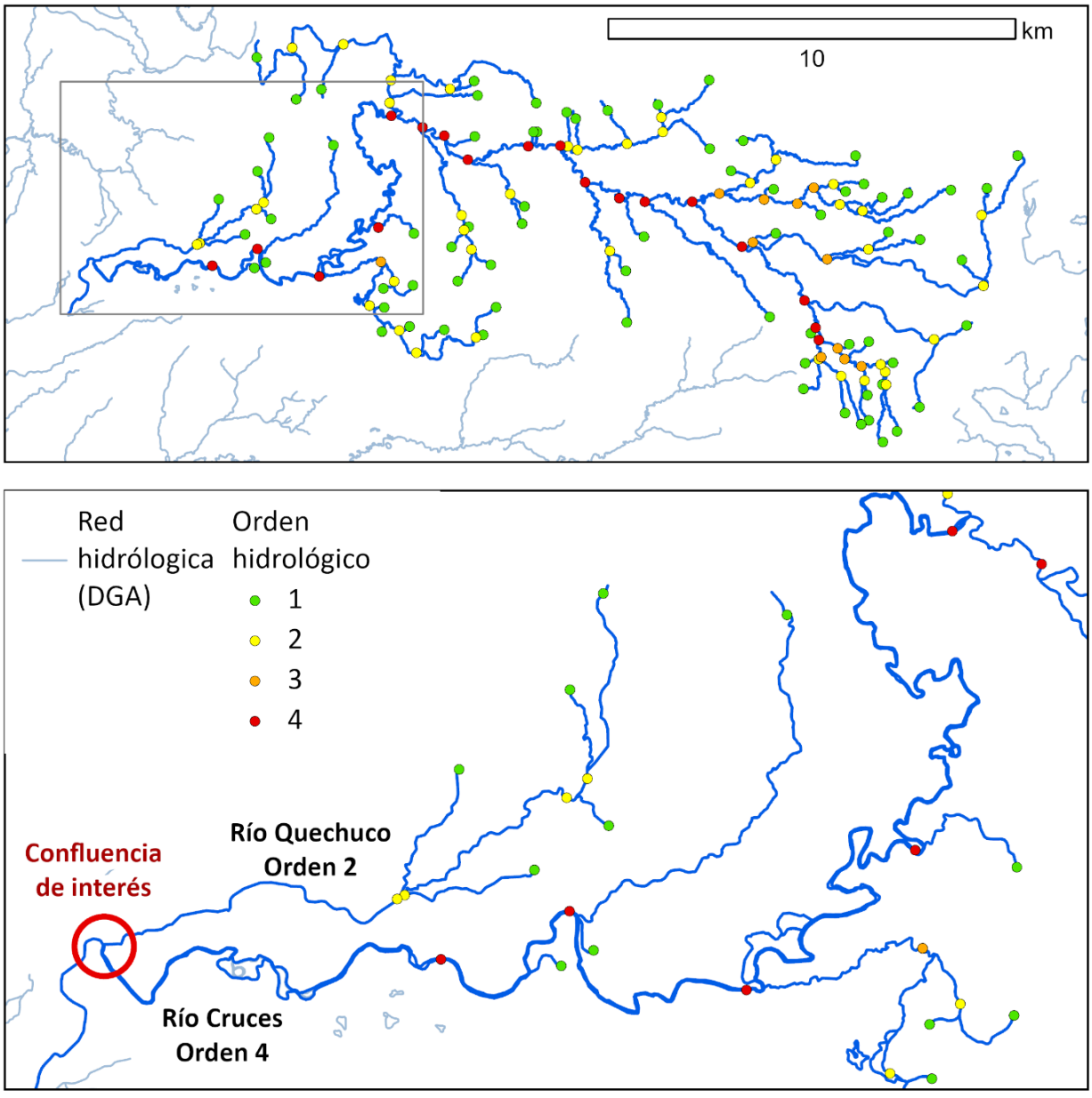


Figura A5. 2. *Identificación del orden hidrológico del curso de agua de interés y la confluencia con otro curso de agua de igual o mayor orden. Fuente: Elaboración propia.*

Considerando esta confluencia como punto de salida, se delimita la **cuenca hidrológica** del Río Quechuco. En la **Figura A5. 3 (A)** se muestra la red fluvial según la fuente oficial (DGA). El cuadro **(B)** muestra la primera modelación de la red fluvial a partir de un DEM. Ya que la zona baja de la cuenca tiene muy poca pendiente, la primera modelación genera una red hidrológica con muchas inexactitudes con respecto a la fuente de cursos de agua oficial.

Para corregir esto, se repite el procedimiento de modelación con un DEM a menor escala. Esto resulta en una red más ajustada a la realidad **(C)**. En base a esta segunda modelación se delimita la cuenca hidrológica del Río Quechuco **(D)**.

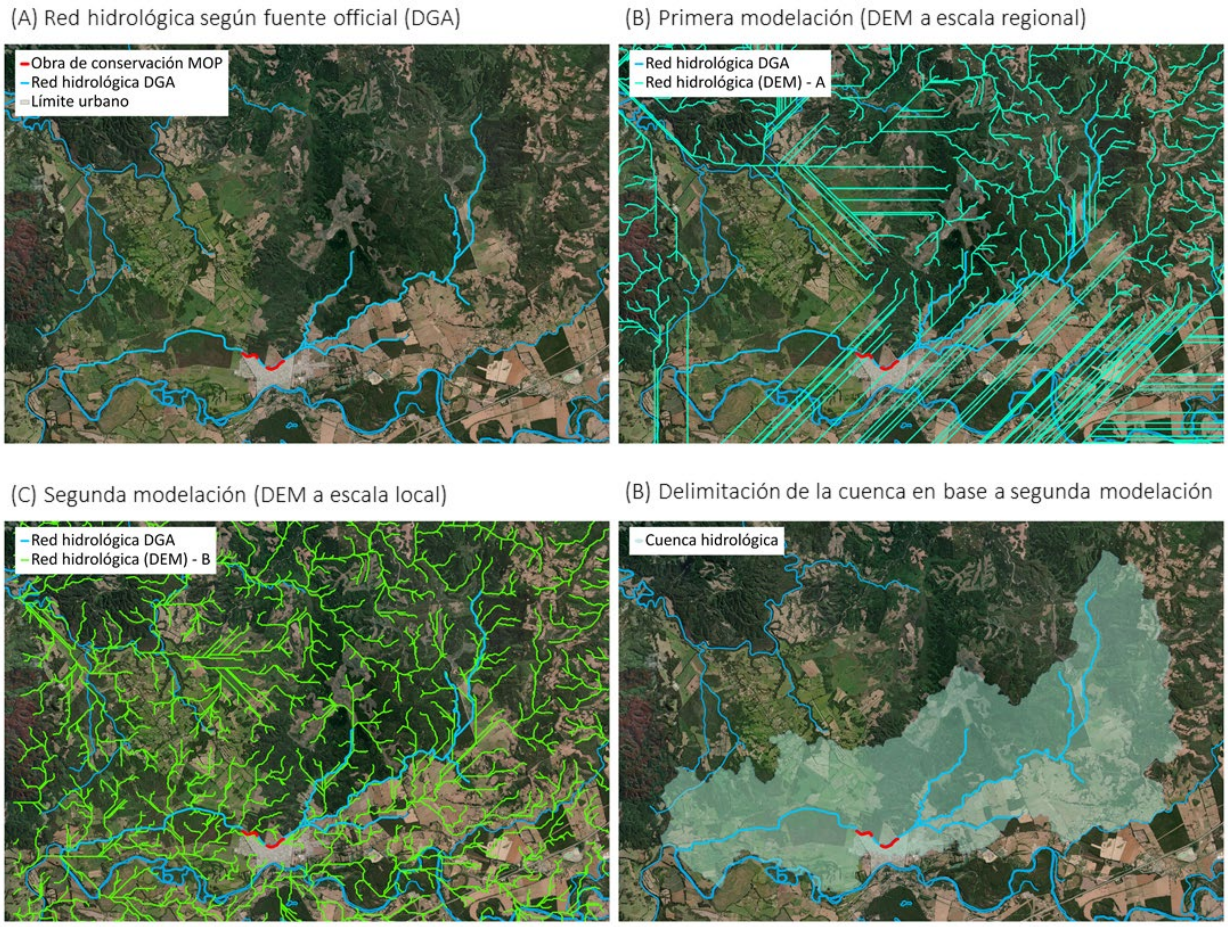


Figura A5. 3. *Pasos para la delimitación de la cuenca del Río Quechuco. (A) Analizar red hidrológica de fuente oficial, en este caso la DGA. (B) Primera modelación de red fluvial a con DEM a escala regional. (C) Segunda modelación de red fluvial con DEM ajustado a escala local. (D) Delimitación de la Cuenca del Río Quechuco. Fuente: Elaboración propia en base a imagen de Google Earth Pro.*

Definir extensión de la red para segmentar y clasificar

En este caso la relación de proximidad de la obra es **dentro** del humedal. La obra corresponde al tipo de revestimiento de riberas dentro de la planicie de inundación (**Figura A5. 4**). La obra tiene una relación de proximidad secundaria que es **aguas arriba** respecto de un humedal palustre.

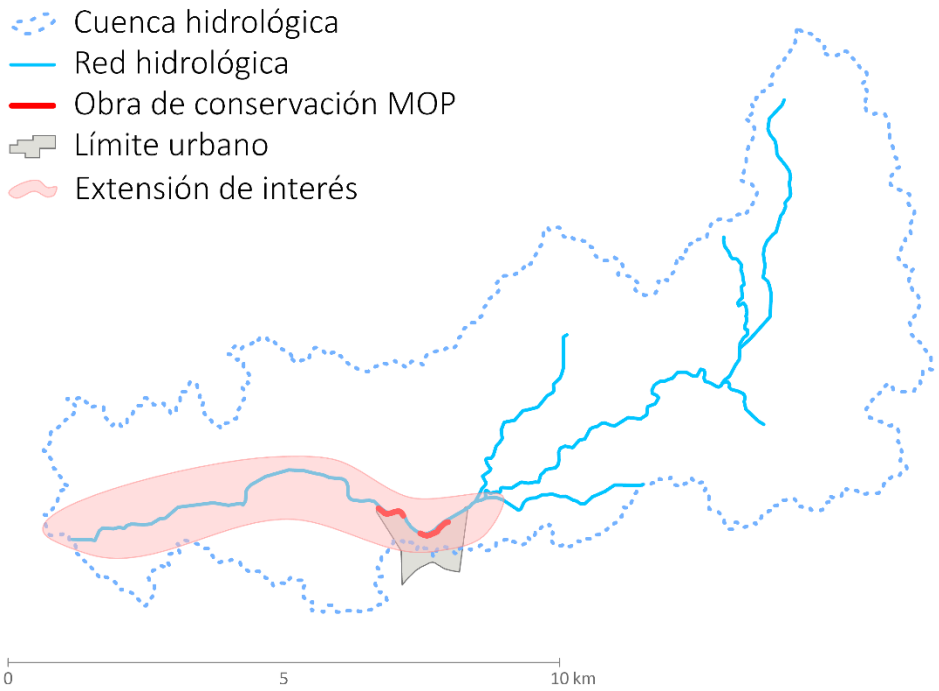


Figura A5. 4. *Relación de proximidad de la obra con respecto al humedal (río) y el límite urbano. Fuente: Elaboración propia.*

La obra se extiende longitudinal a lo largo el curso de agua principal. Los tramos intervenidos tienen 601 metros (Etapa 3, **Figura A5. 5**) y 601 metros (Etapa 4, **Figura A5. 6**). Si bien la obra intersecta en más de un punto, las intersecciones están focalizadas en el curso principal en la parte baja de la cuenca.



***Figura A5. 5**. Etapa 3 de la obra de conservación, el segmento ubicado aguas arriba. Las imágenes presentadas son antes (2005) y después de la obra (2023). Fuente: Elaboración propia en base a imagen de Google Earth Pro.*

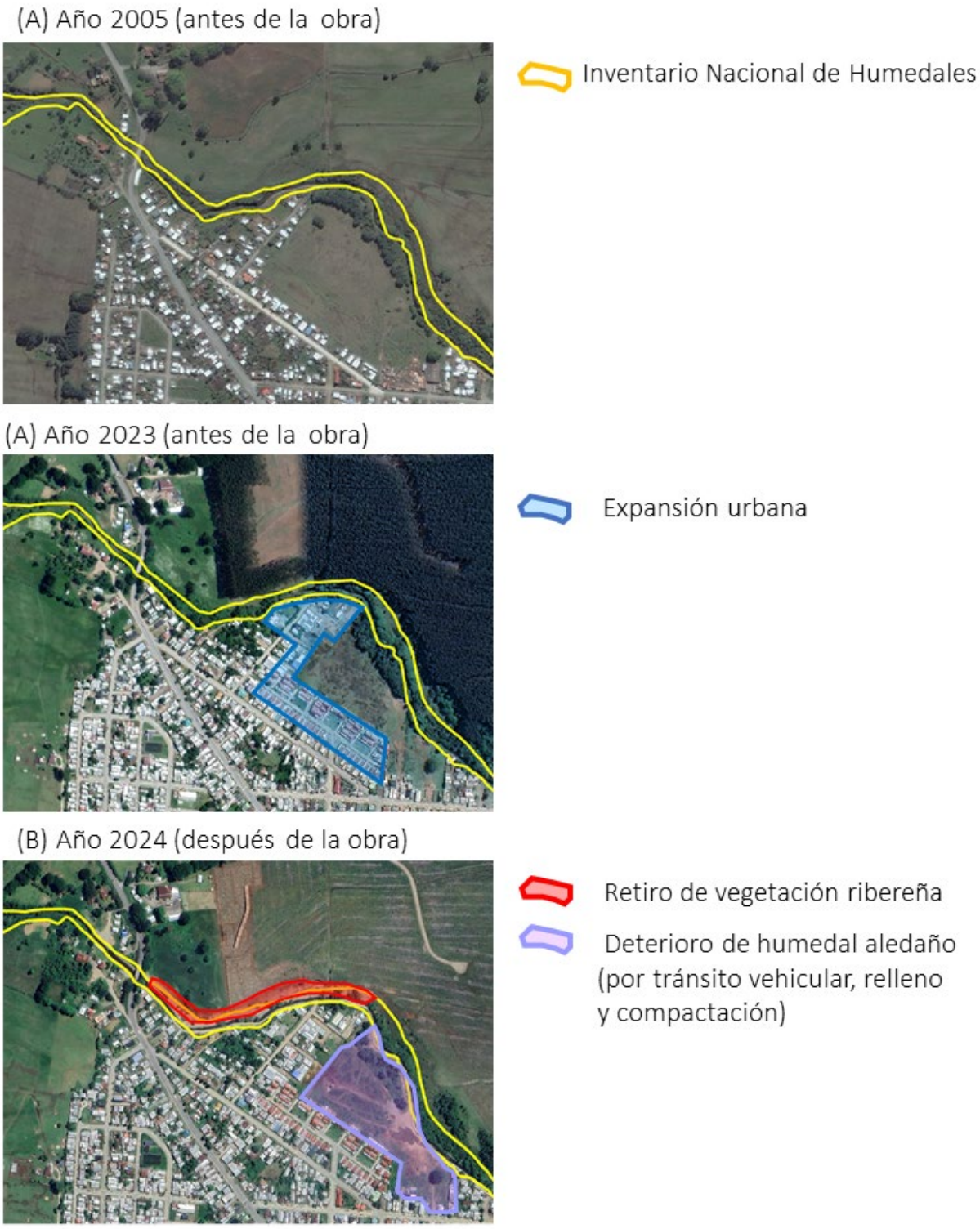


Figura A5. 6. *Etapa 4 de la obra de conservación, el segmento ubicado aguas abajo. Las imágenes presentadas corresponden al año 2005, 2021 (sin obra) y 2023 (con la obra). Fuente: Elaboración propia en base a imagen de Google Earth Pro.*

Segmentación

La primera división de la red en base a las confluencias entre tributarios y el curso principal.

- **Resultado**: 9 segmentos (**Figura A5. 7**)

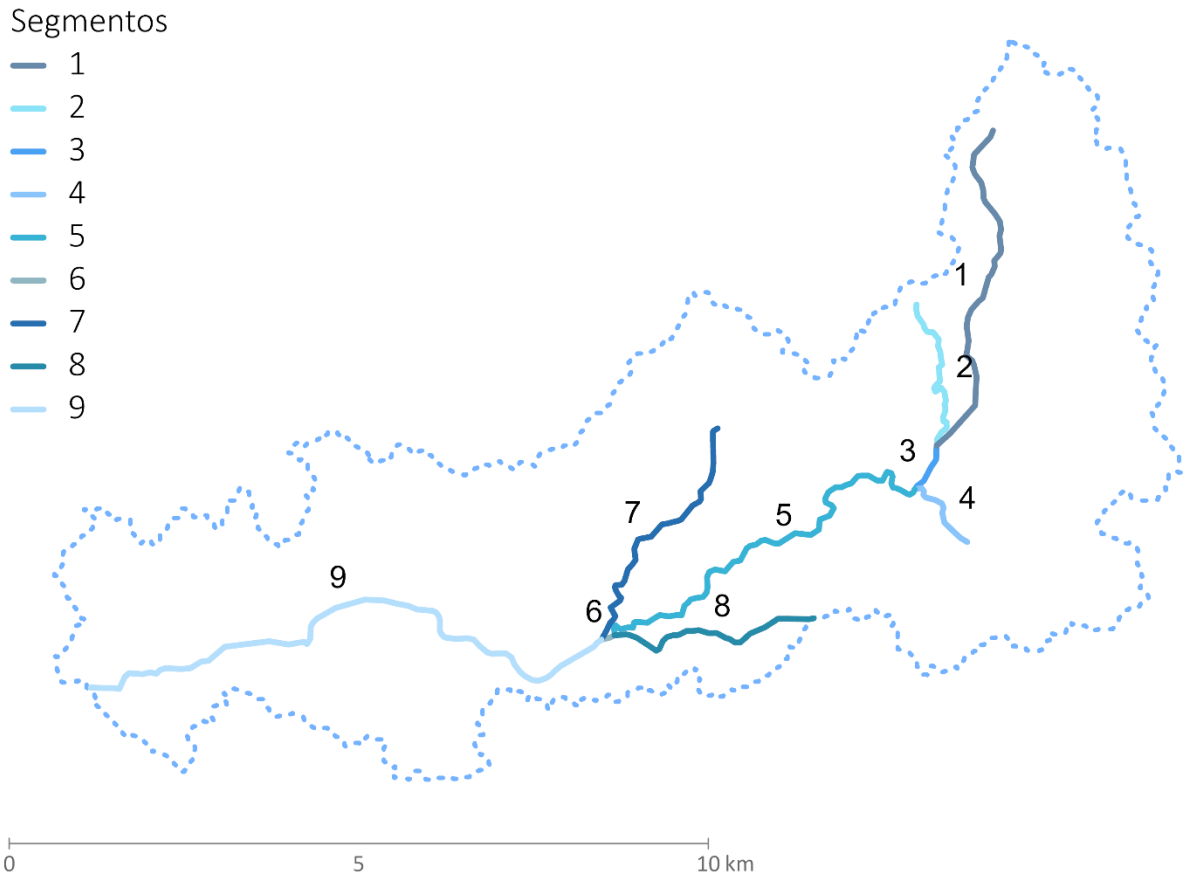


Figura A5. 7. *Segmentos iniciales de la red fluvial. Fuente: Elaboración propia.*

Paso 1: Contexto general e identificación de unidades fisiográficas.

A continuación, se presentan las fuentes de información geográfica que se utilizan para examinar en términos generales la cuenca del Río Quechuco a identificar unidades fisiográficas

Régimen climático (Categorías de Köppen): **Figura A5. 8**

- **Río Quechuco:** Es una cuenca pequeña que se encuentra en la transición entre dos tipos de clima, lo que genera un solo corte de los segmentos originales.
- **Resultado:** 10 segmentos

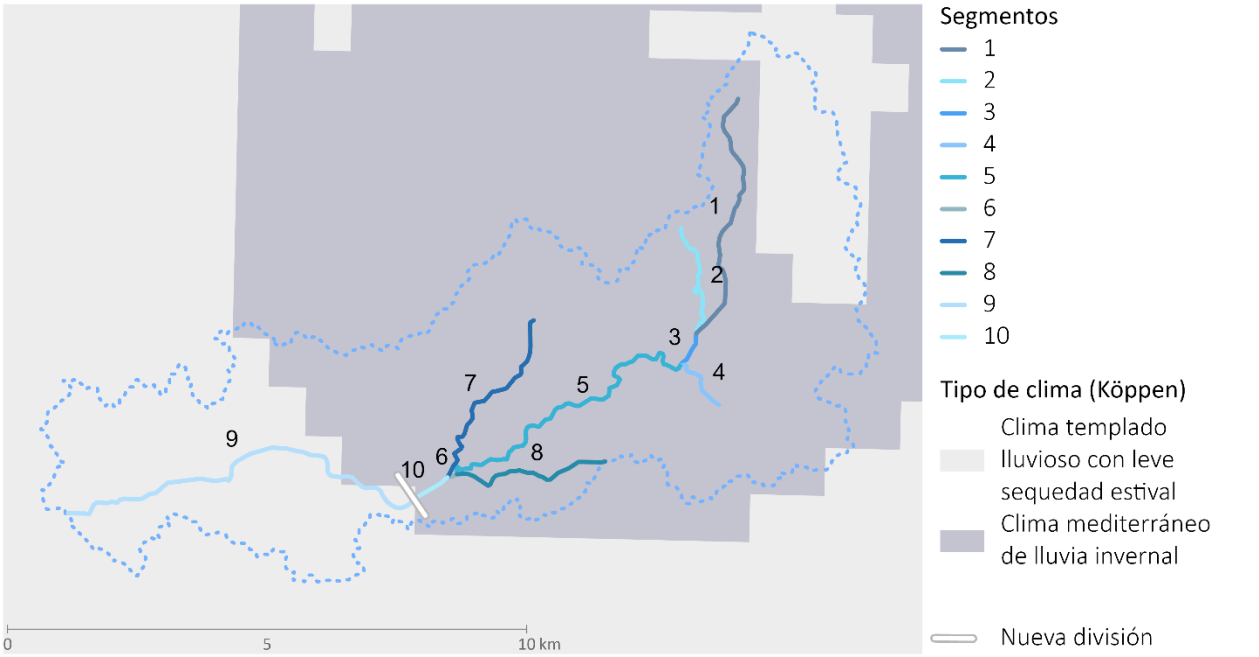


Figura A5. 8. *Categorías climáticas de Köppen en el área la cuenca del Río Quechuco. Se observan dos tipologías de clima: gris oscuro se observa clima de tipo Cfb (Clima templado lluvioso con leve sequedad estival) y en gris claro clima de tipo Csb (Clima mediterráneo de lluvia invernal). La línea negra indica la división de segmentos al considerar esta variable espacial. Fuente: Elaboración propia.*

Litología dominante (Mapa Geológico 1:1.000.000, SERNAGEOMIN): **Figura A5. 9**

- **Río Quechuco:** Para este caso específico las formaciones geológicas coinciden con la segmentación del paso previo por lo que no se realizan más divisiones.
- **Resultado:** 10 segmentos

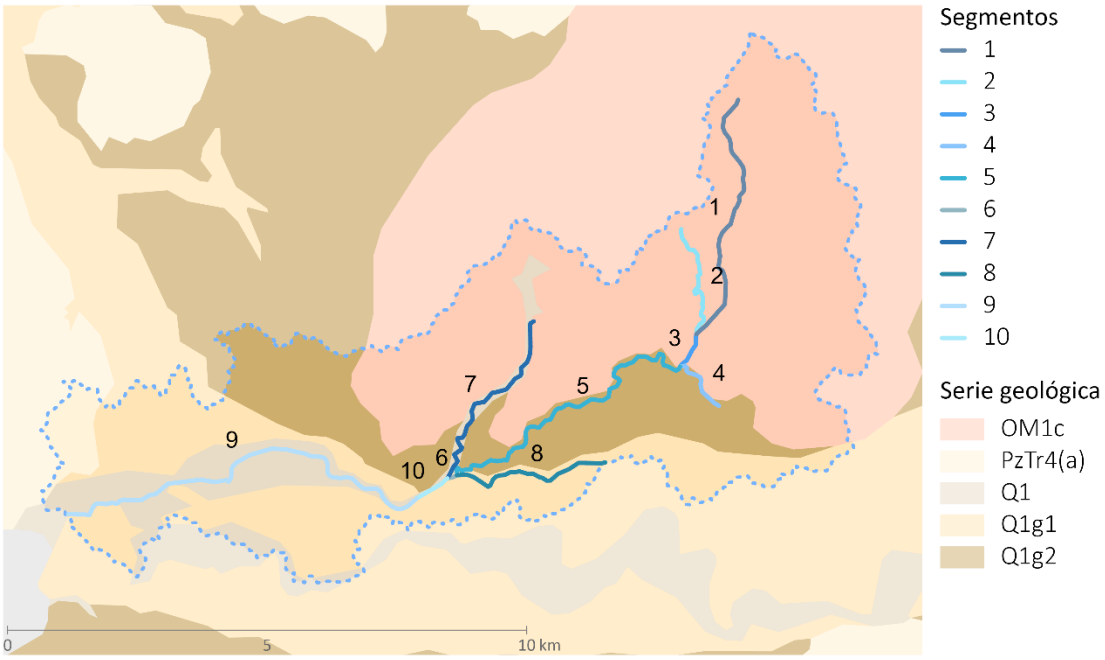


Figura A5. 9. *Estructuras geológicas presentes en la cuenca del Río Quechuco. No se presentan divisiones en este paso. La descripción de las secuencias geológicas presentes, se detallan en la* ***Tabla A5. 2****. Fuente: Elaboración propia en base a SERNAGEOMIN, 2024.*

Tabla A5. 2. *Formaciones geológicas presentes en la cuenca del Río Quechuco. Fuente: Elaboración propia.*

Código	Formación	Descripción
PzTr4(a)	Paleozoico-Triásico	Metapelitas, metacherts, metabasitas y, en menor proporción, neises y rocas ultramáficas con protolitos de edades desde el Devónico al Triásico y metamorfismo del Pérmico al Jurásico. En la Cordillera de la Costa, regiones IX a X: Complejo Metamórfico Bahía Mansa; en la Cordillera Principal, región X: Complejo Metamórfico Liquiñe. Se distinguen esquistos pelíticos **(a)** y esquistos y anfibolitas, en menor proporción, rocas metamórficas ultramáficas (b).
Q1	Pleistoceno-Holoceno	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados. En la Depresión Central, regiones Metropolitana a IX: abanicos mixtos de depósitos aluviales y fluvioglaciales con intercalación de depósitos volcanoclásticos.
Q1g1 **Q1g2**	Pleistoceno-Holoceno	Depósitos morrénicos, fluvioglaciales y glacilacustres: diamictos de bloques y matriz de limo/arcilla, gravas, arenas y limos. En la Cordillera Principal, regiones I a IV. En la Depresión Central, regiones IX y X; en regiones XI y XII: lóbulos morrénicos en el frente de los lagos proglaciales, abanicos fluvioglaciales frontales o varves en la ribera de lagos o cursos fluviales, asociados a las principales glaciaciones del Pleistoceno donde son indiferenciados o relativos a las glaciaciones Llanquihue (1; 35-14,2 ka); Santa María (2; 262-132 ka); Río Llico (3; 480-338 ka) o Caracol (4; 687-512 ka).
OM1c	Oligoceno-Mioceno	Secuencias sedimentarias continentales parálicas o aluviales: conglomerados, areniscas, lutitas, calizas y mantos de carbón. En la Cordillera Principal y Precordillera, regiones I y II: formaciones Altos de Pica (inferior) y San Pedro; en la Cordillera de la Costa, región X: Estratos de Pupunahue y Parga, Formación Cheuquemó.

Uso de suelo (CONAF e imagen satelital): **Figura A5. 10**

- **Río Quechuco:** Cuenta con dos coberturas principales que son bosque y praderas.
- **Resultado:** 15 segmentos

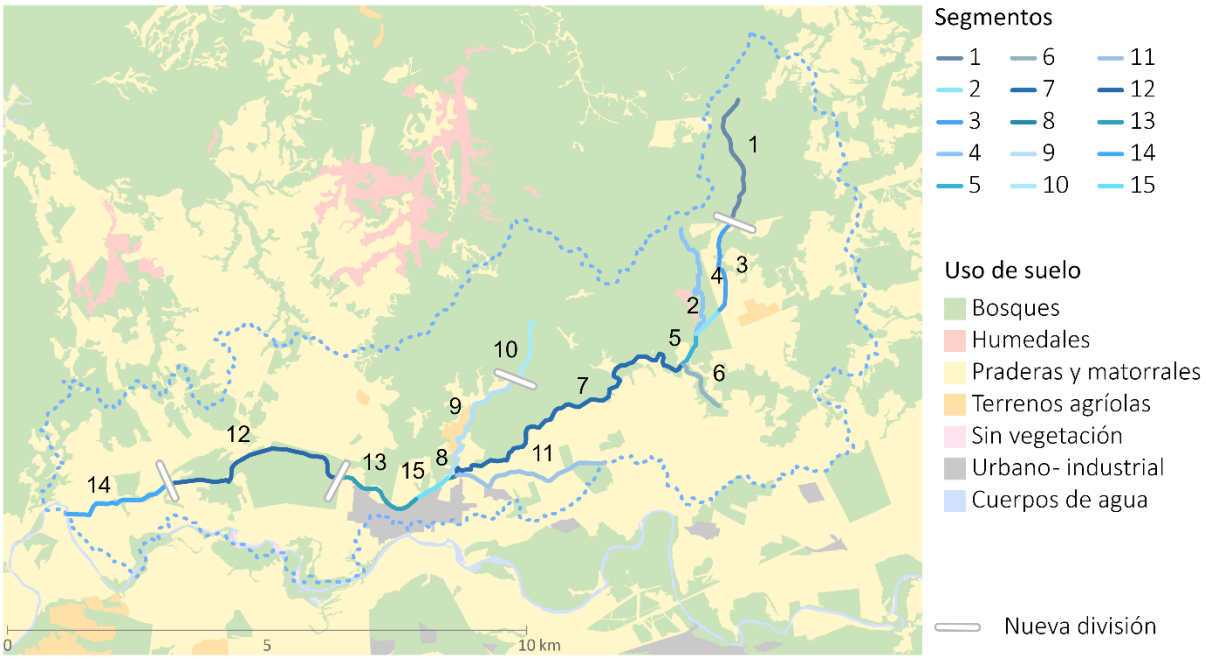


Figura A5. 10. *Cobertura de uso de suelo. La línea negra indica la división de segmentos al considerar esta variable espacial. Fuente: Elaboración propia.*

Perfil longitudinal (DEM, Google Earth Pro): **Figura A5. 11**

- **Río Quechuco**: Los segmentos definidos hasta este punto presentan condiciones relativamente constantes de pendiente. Se observaron solo dos segmentos que requieren división adicional (**Figura 10**).
- **Resultados**: 17 segmentos

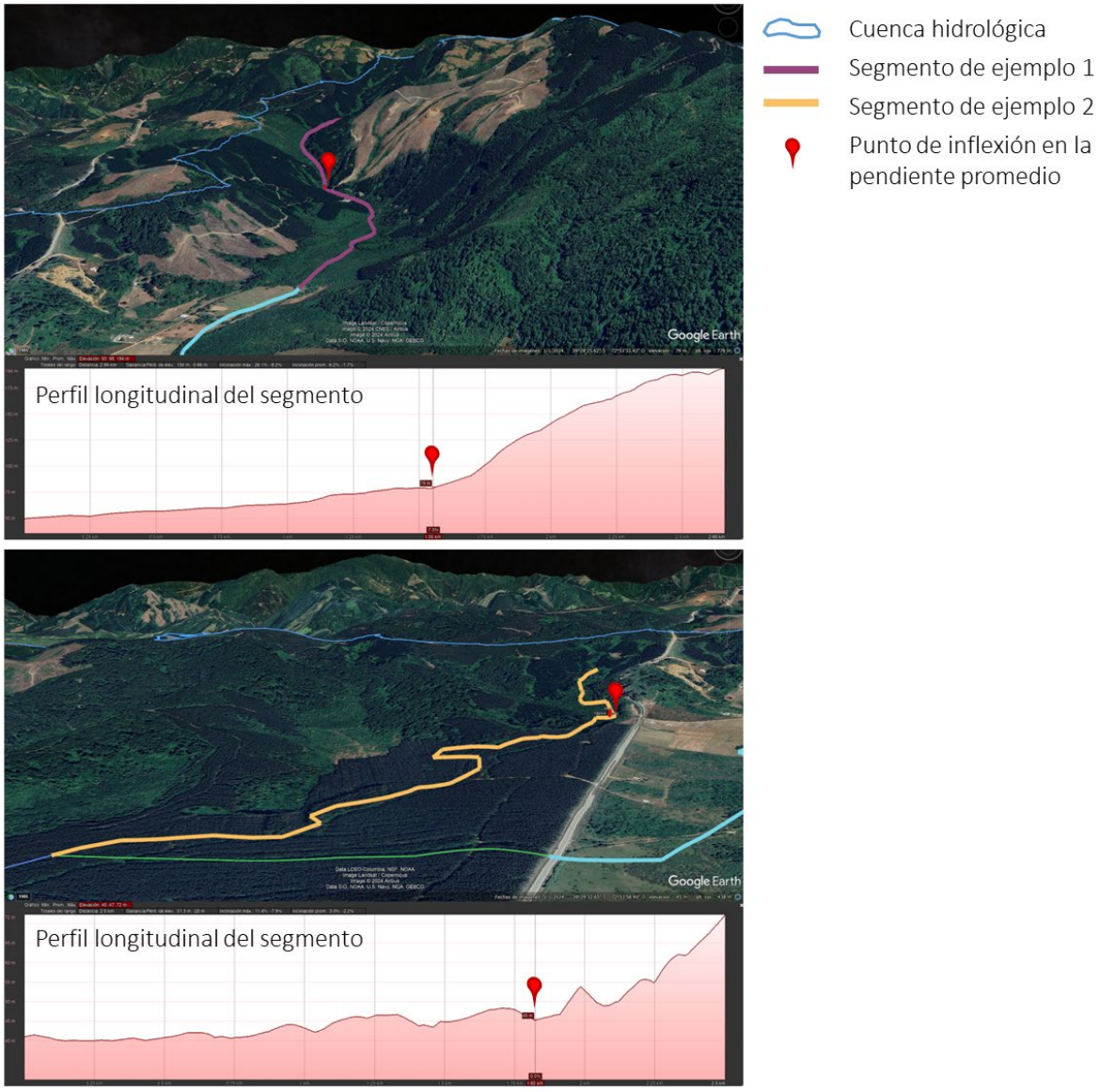


Figura A5. 11. *Ejemplos de perfiles longitudinales y puntos de cambios en la pendiente general. Fuente: Elaboración propia en base a imagen de Google Earth Pro.*

Paso 2: Definición del grado de confinamiento.

Para este paso se requieren un análisis de los segmentos utilizando Google Eath Pro. La **Figura A5. 12** se muestran los segmentos que la obra tiene una relación de proximidad "**dentro**" y "**aguas arriba**".

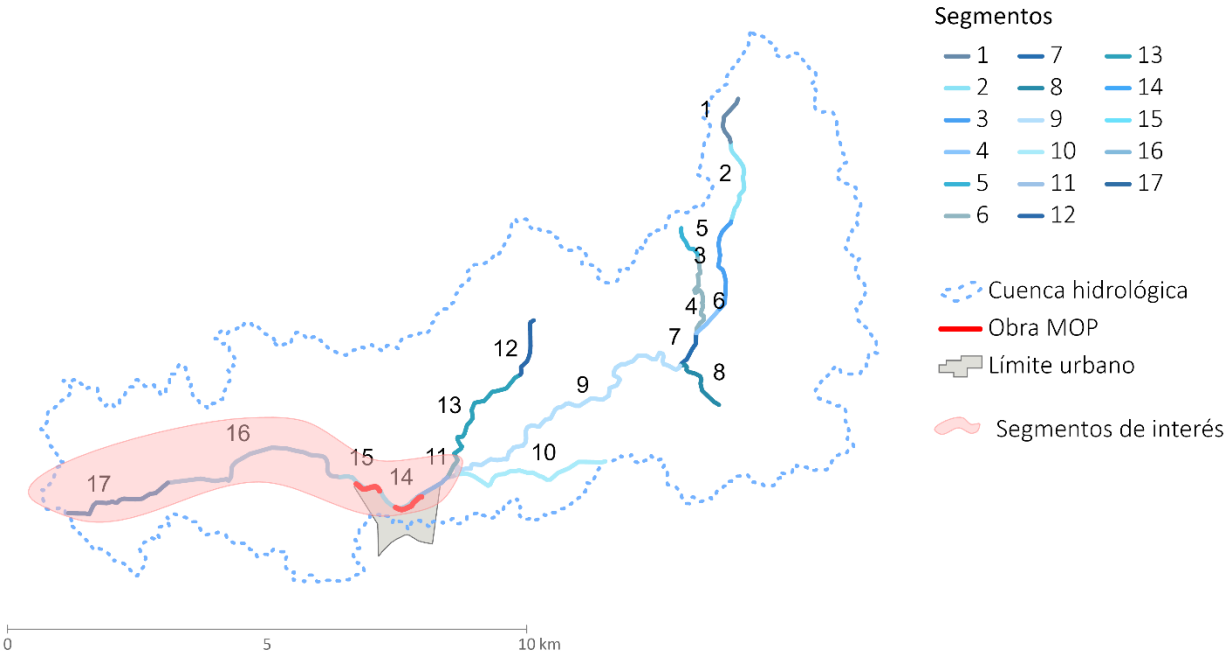


Figura A5. 12. *Segmentos en dónde la obra tiene una relación de proximidad de tipo "adentro" o "aguas arriba" con algún humedal. Identificación de segmentos acotados para caracterizar en mayor detalle: S_14, S_15 y S_16. Fuente: Elaboración propia.*

En estas secciones se calculan valores promedio del **ancho de la planicie de inundación** y **ancho del cauce activo**. Se establecen las secciones de forma homogénea que permita obtener un valor representativo del segmento. En este caso, la longitud de los segmentos varía entre 692 y 4098 metros y las secciones están separadas por una distancia aproximada de 100 a 150 metros. Para cada sección, se estudia al perfil de elevación para medir las variables (**Figura A5. 13**). Luego se calcula un promedio para el segmento completo.

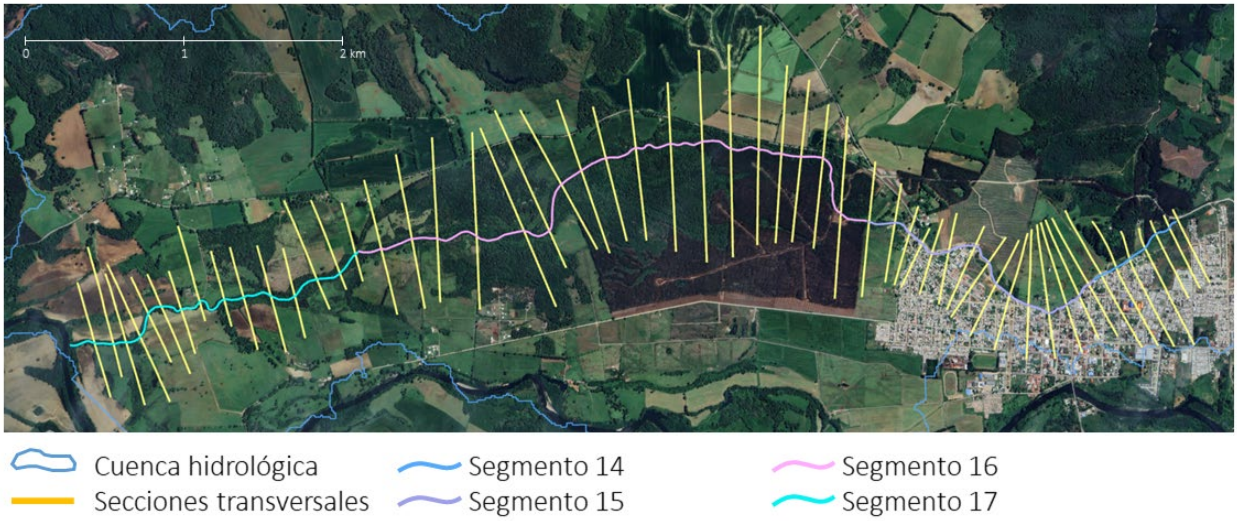


Figura A5. 13. *Secciones transversales en los segmentos donde la obra tiene un tipo de proximidad "dentro" y "aguas arriba". Fuente: Elaboración propia en base a imagen de Google Earth Pro.*

La **Tabla A5. 3** muestra las mediciones de las secciones transversales de cada segmento. Para cada sección se midieron las variables de ancho de planicie de inundación (VFW, valley floor width en inglés) y el ancho del cauce lleno (CBW: channel bankfull width).

Tabla A5. 3*. Mediciones de las secciones transversales de cada segmento. VFW: ancho de la planicie de inundación. CBW: ancho de cauce lleno. Fuente: Elaboración propia.*

Segmento S_14			**Segmento SS_15**			**Segmento S_16**			**Segmento S_17**		
Sección	VFW	CBW	Sección	VFW	CBW	Sección	VFW	CBW	Sección	VFW	CBW
T_01	300	10.2	T_08	759	8.5	T_23	788	14.3	T_41	352	9.4
T_02	275	7.9	T_09	795	9.4	T_24	375	11.7	T_42	434	16.3
T_03	280	11.6	T_10	737	12.4	T_25	358	12.5	T_43	561	11.5
T_04	742	12.1	T_11	826	10.5	T_26	511	20.8	T_44	510	8.6
T_05	567	14.4	T_12	421	10.9	T_27	482	17.4	T_45	499	9.3
T_06	527	13.3	T_13	351	13.1	T_28	430	19.2	T_46	407	8.2
T_07	606	11.8	T_14	406	12.8	T_29	367	18	T_47	316	8.1
			T_15	566	20	T_30	749	20	T_48	362	9.9
			T_16	137	16.5	T_31	404	23.9	T_49	214	10.5
			T_17	521	30.1	T_32	476	22.9	T_50	358	11
			T_18	229	14.6	T_33	542	32.8	T_51	236	7.8
			T_19	378	21.3	T_34	408	48.2	T_52	328	11.8
			T_20	288	25.9	T_35	478	26	T_53	408	10.6
			T_21	320	14.5	T_36	600	43.1	T_54	492	10.4
			T_22	475	18.9	T_37	246	32.4	T_55	311	13.2
						T_38	502	18.5	T_56	254	14.7
						T_39	579	31			
						T_40	310	22.4			
Promedios	**471**	**11.6**		**614**	**11.1**		**473**	**16.3**		**439.9**	**10.2**

La **Tabla A5. 4** resume los valores promedios de las variables medidas en este paso.

Tabla A5. 4. *Promedios para cada segmento de variables medidas en el paso 2. Fuente: Elaboración propia.*

Segmento	**Ancho de la planicie de inundación**	**Ancho del cauce lleno**	**Índice de confinamiento**	**Grado de confinamiento**	**Clase de confinamiento**
Segmento S_14	471.0	11.6	40.6	40 %	No confinado
Segmento S_15	613.6	11.1	55.3	20 %	No confinado
Segmento S_16	473.0	16.3	29.1	0%	No confinado
Segmento S_17	439.9	10.2	43.1	0%	No confinado

Paso 3: Definición de la geometría planar

Para identificar la geometría planar del canal entre las categorías presentadas en el **Instructivo**, es necesario calcular algunas variables (**Tabla A5. 5**) intermedias como la longitud del cauce a lo largo de la vaguada (**Ver Glosario**) y la dirección general del cauce. Estas variables se utilizan para calcular el índice de sinuosidad, índice de trenzado, índice de anastomosamiento (**Tabla A5. 6**). Los índices mencionados se contrastan con los rangos y criterios establecidos en el Instructivo de Segmentación (**Anexo 4, Tabla A4.2**.) para entonces definir el tipo de geometría planar (**Anexo 4, Figura A4.8**).

Tabla A5. 5. *Valores de variables de cada segmento: longitud, pendiente y número de canales. Fuente: Elaboración propia.*

Segmento	Longitud	Pendiente	Número de canales
Segmento S_14	692	0.14 %	1
Segmento S_15	1871	0.32 %	1
Segmento S_16	4098	0.10 %	1
Segmento S_17	2285	0.18 %	1

Tabla A5. 6. *Valor de los índices calculados para cada segmento en este paso. Estos índices permiten identificar el tipo de geometría planar.*

Segmento	Índice de sinuosidad	Índice de trenzado	Índice de anastomosamiento	Geometría planar
Segmento S_14	1.03	1	1	Recto
Segmento S_15	1.08	1	1	Sinuoso
Segmento S_16	1.08	1	1	Sinuoso
Segmento S_17	1.14	1	1	Sinuoso

Paso 4: Otras discontinuidades y división final de segmentos.

Para considerar las discontinuidades naturales (**Tabla A5. 7**) y artificiales (**Tabla A5. 8**) se revisaron imágenes satelitales desde el año 2005 usando la función de línea temporal de Google Earh Pro para observar cambios.
Se observaron cambios en el avance de urbanización de la ciudad, también la construcción de defensas fluviales y puentes. Nos planteamos la siguiente pregunta para cada caso de discontinuidad o intervención en el río:

- ¿Esta discontinuidad cambia el tipo de geometría planar definida en el Paso 3?
    - No: Mantener la división final del paso 3.
    - Si: Subdividir los segmentos con discontinuidades.

Tabla A5. 7. *Tipos de discontinuidades naturales que pueden indicar una subdivisión adiciona en el Paso 4. Fuente: Elaboración propia.*

Tipo de discontinuidad hidrológica	¿Aplica en el caso del Río Quechuco?
Ingreso de tributarios	Considerado en paso anterior
Aluviones, derrumbes causados por procesos coluviales	No hay
Abanicos o conos aluviales causados por procesos aluviales	No hay
Cascadas	No hay
Represamientos naturales	No hay
Cambios abruptos de pendiente en el perfil longitudinal	Considerado en paso anterior
Cambios en el ancho del valle, planicie de inundación y/o canal	Considerado en paso anterior

Tabla A5. 8. *Tipos de discontinuidades artificiales que pueden indicar una subdivisión adiciona en el Paso 4. Fuente: Elaboración propia.*

Tipo de discontinuidad hidrológica	¿Aplica en el caso del Río Quechuco?
Efluentes industriales.	Considerado en paso anterior
Estructuras de atravieso, puentes, terraplén	Existen puentes, pero no cambian la geometría planar
Desvíos y extracción de caudal.	No hay
Canalizaciones, protección de orillas, compuertas.	Existen defensas fluviales, pero no ha cambiado la geometría planar
Alteración en disponibilidad y distribución de sedimentos (extracción de áridos)	Existen defensas fluviales, pero no ha cambiado la geometría planar
Intervenciones preexistentes en la cuenca con impactos acumulativos y sinérgicos	Extracción de áridos en planicie de inundación, pero no ha cambiado aún la geometría planar

Clasificación

Con las categorías obtenidas en el proceso de segmentación se determinan los tipos de río.

Tipología de río

El proceso de segmentación genera valores de variables geomorfológicas para cada unidad (segmento). La **Tabla A5. 9** presenta los valores de los segmentos seleccionados.

Tabla A5. 9. *Caracterización geomorfológica de los segmentos identificados en el caso del Río Quechuco. Fuente: Elaboración propia.*

Paso	Segmentos	S_14	S_15	S_16	S_17
Paso 2	Ancho planicie inundación (m)	471	481	478	378
	Ancho cauce lleno (m)	12	16	24	11
	Grado de confinamiento	40 %	20 %	0 %	0 %
	Índice de confinamiento	40.6	30.1	19.8	35.3
	Clase confinamiento	No confinado	No confinado	No confinado	No confinado
Paso 3	Longitud segmento (m)	692	1871	4098	2285
	Longitud valle (m)	675	1727	3795	2000
	Elevación máxima (msnm)	31	30	24	20
	Elevación mínima (msnm)	30	24	20	16
	Pendiente (%)	0.14%	0.32%	0.10%	0.18%
	Número de canales	1	1	1	1
	Sinuosidad	1.03	1.08	1.08	1.14
	Entrelazamiento	1	1	1	1
	Anastomosamiento	1	1	1	1
	Geometría planar	recto	sinuoso	sinuoso	sinuoso
	Tipología de río	No confinado recto	No confinado sinuoso	No confinado sinuoso	No confinado sinuoso

Tramos homogéneos

En el caso del río Quechuco, los segmentos estudiados (S_14, S_15, S_16 y S_17) se agrupan en dos tramos homogéneos según su tipología:

- Tramo A: No confinado recto (compuesto por S_14).
- Tramo B: No confinado sinuoso (compuesto por (S_15, S_16 y S_17).

Tramo(s) de interés para el literal s)

La elección de el o los tramos homogéneos de interés se realiza en base al resultado de la clasificación fluvial. Los tramos de interés se emplean como base para posteriormente delimitar el polígono del humedal, siguiendo los principios establecidos en la Ley 21.202. Una vez que se ha delimitado el humedal, se evalúa si este es susceptible de ser considerado según lo indicado en el literal s)

De acuerdo a lo indicado en el Instructivo, se aplican dos filtros:

- Tramos homogéneos asociados al **límite urbano**
- Tramos homogéneos con alguna **relación de proximidad** con la obra MOP.

En el caso del Río Quechuco resultan dos tramos (**Figura A5. 14**): uno compuesto por el segmento 14 (Tramo A) que tiene a la obra **dentro** y otro compuesto por los segmentos 15, 16 y 17 (Tramo B) que tienen a la obra **aguas arriba** por el cauce.

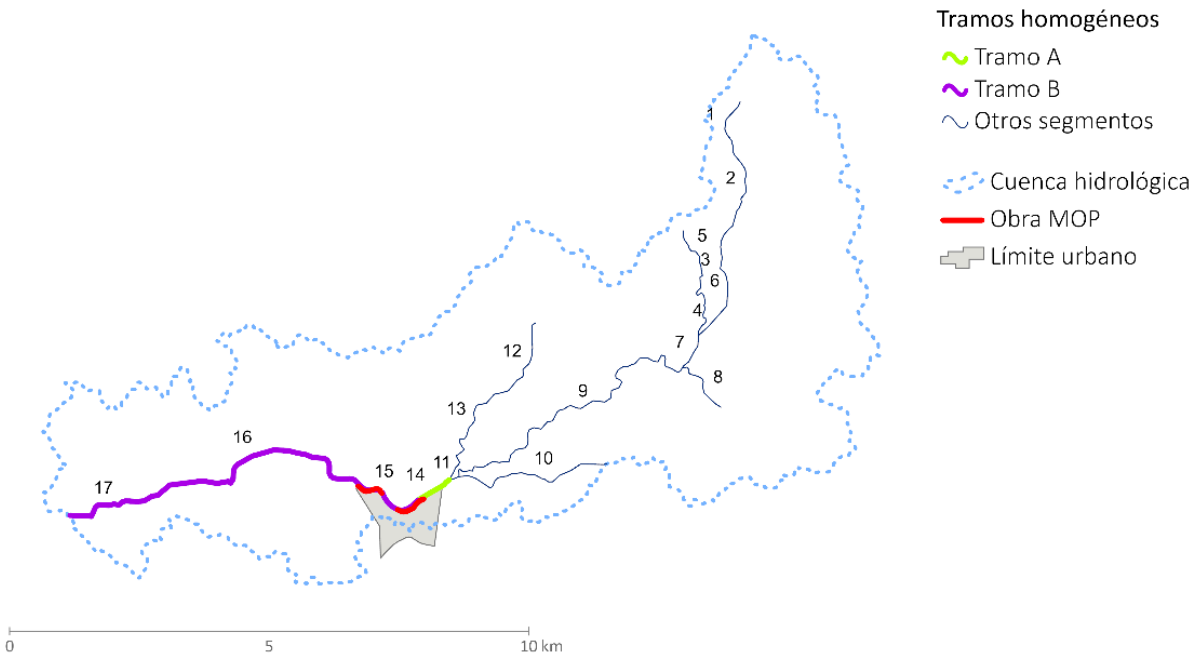


Figura A5. 14. *Tramos que cumplen con ambos filtros. Fuente: Elaboración propia.*

El caso del Río Quechuco es un ejemplo de cómo la segmentación y clasificación de la red fluvial puede entregar sustento técnico en base a la geomorfología fluvial, que justifique la delimitación aguas arriba y aguas abajo por un río.

En la **Figura A5. 15** se contrastan los tramos seleccionados mediante esta metodología con el polígono referencial del Inventario Nacional de Humedales

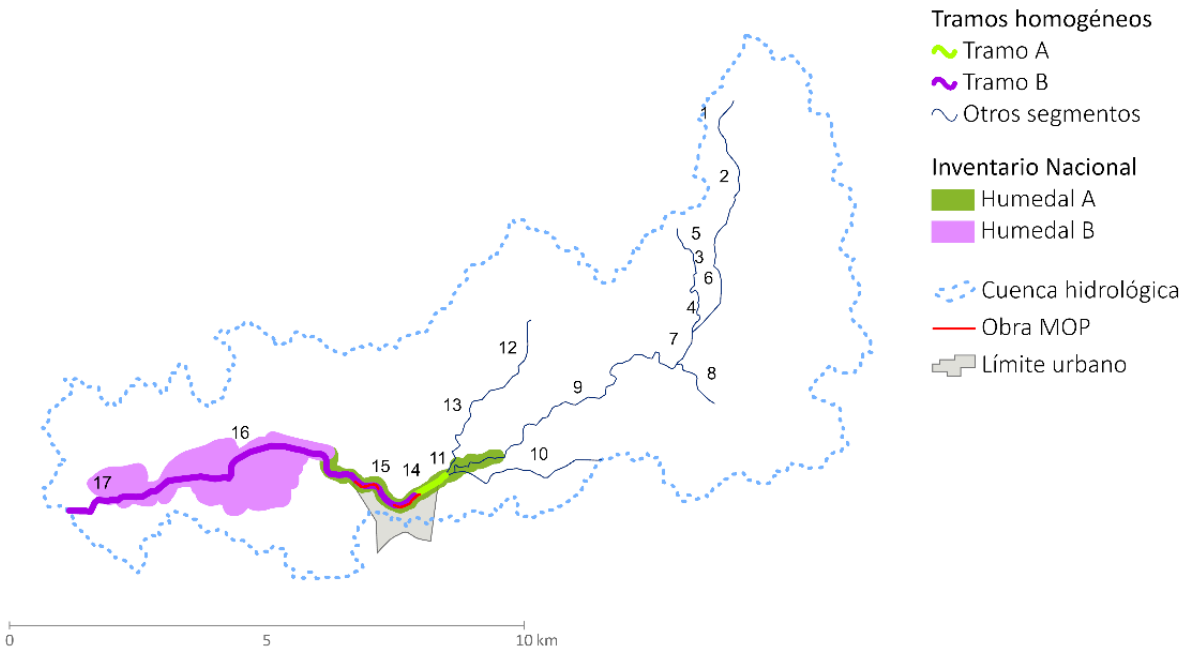


Figura A5. 15. *Tramos homogéneos seleccionados contrastados con los polígonos referenciales del Inventario Nacional. Fuente: Elaboración propia.*

Definición y caracterización del área de sustento

En el caso de los humedales de tipo río, la caracterización del área de sustento se define por la cuenca aportante al humedal. Esta superficie es modelada como parte del proceso de segmentación (**Figura A5. 16**).

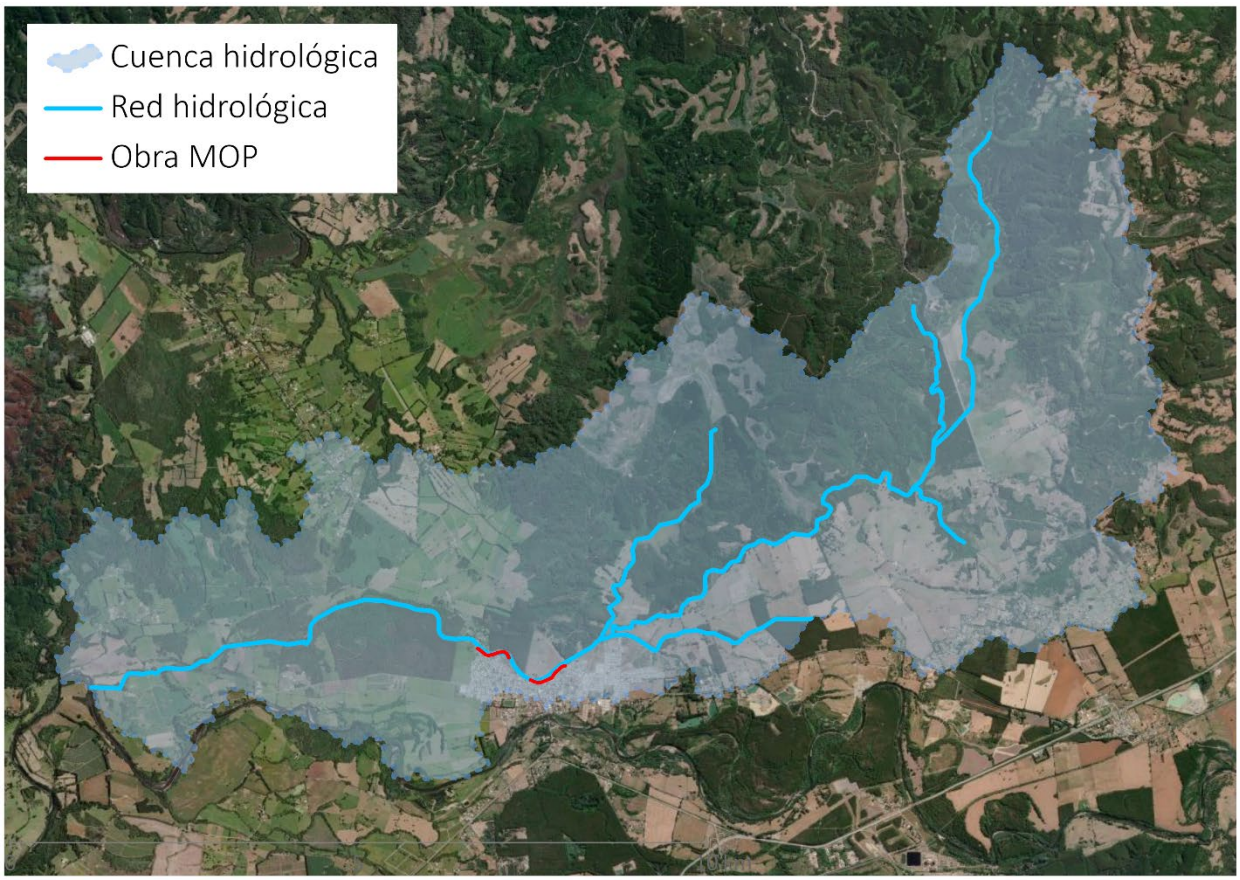


Figura A5. 16. *Definición del área de sustento - cuenca hidrológica aportante. Fuente: Elaboración propia.*

ANEXO 6 | Aplicación práctica del procedimiento para caracterizar el humedal de interés, su área de sustento y subcuenca: Caso Humedal Urbano La Marina, Puerto Varas

Identificación del Humedal de Interés

El humedal La Marina corresponde a un Humedal Urbano (HU) declarado por solicitud municipal. El HU se ubica en la región de Los Lagos, Provincia de Llanquihue y comuna de Puerto Varas. Según la Ficha Técnica del HU este corresponde a un humedal natural palustre, ribereño y lacustre, tiene una superficie de 2,3 ha y se ubica parcialmente dentro del límite urbano de la ciudad de Puerto Varas. La cartografía oficial del Humedal Urbano La Marina se muestra en la **Figura A6. 1**.

Al ser un humedal declarado como HU, no es necesario llevar a cabo el proceso de segmentación y clasificación fluvial ni tampoco de delimitación. Esto ya que existe un polígono definido por el MMA colocado bajo protección oficial y los objetos de protección serán el humedal, sus flujos ecosistémicos, sus componentes y las interacciones entre estos. En este contexto, la siguiente tarea asociada corresponde a la caracterización del polígono del humedal y se describe a continuación.

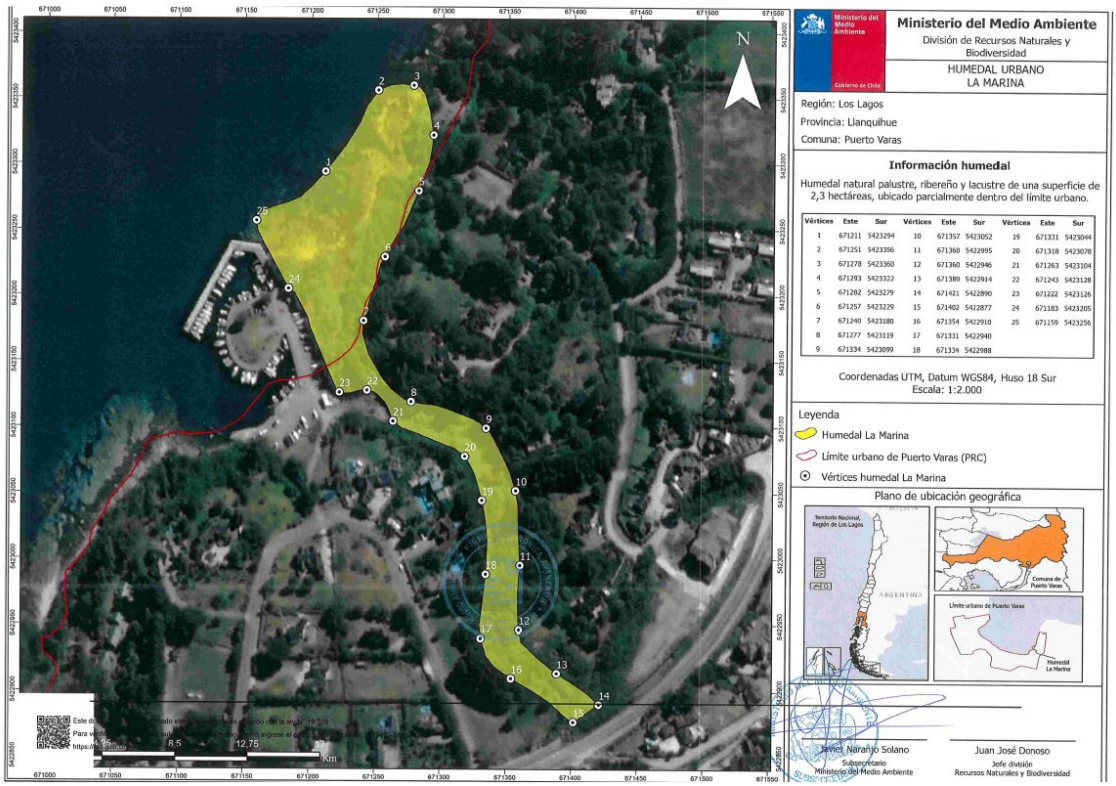


Figura A6. 1.*Cartografía Humedal Urbano La Marina. Fuente: Ministerio del Medio Ambiente (2021)*

Caracterización del humedal

Como el Humedal La Marina se encuentra declarado Humedal Urbano bajo la Ley 21.202, cuenta con una Ficha Técnica y un expediente público que describe distintos aspectos físicos y ecológicos de este. La ficha se encuentra disponible en: https://sistemahumedales.mma.gob.cl/HumedalesUrbanos/DetailsPublico/14.

La caracterización del humedal deberá basarse en esta información y en el caso de ser necesario podrá complementarse con información del expediente del proceso de declaración y/o información pública.

Clasificación Hidro-geomorfológica

El humedal corresponde a uno del tipo palustre, ribereño y lacustre. Este está conformado por un estero principal que comienza en la cota más alta y alimenta el sistema palustre hasta llegar al lago Llanquihue. En el trayecto, se suman diversas vertientes que brotan de las laderas de alta pendiente próximas al estero principal. El borde lacustre se mantiene saturado por la influencia del lago. Entendiendo esto, es posible afirmar que **el régimen hidrológico de saturación del HU La Marina queda dominada por el aporte de escorrentía superficial y sub-superficial del estero y las vertientes aledañas como también por las variaciones de la altura de agua del lago Llanquihue.** *Siguiendo la clasificación propuesta por MMA – ONU Medio Ambiente (2022) en base las tipologías de humedales de Novitzki (1982), el HU La Marina corresponde a un* ***humedal en pendiente de agua superficial.***

En cuanto a la geomorfología, en la orilla del lago existen morrenas glaciares que disminuyen la fuerza del oleaje, embalsan el humedal hacia aguas arriba y sirven de refugio y superficie de alimentos para aves acuáticas. Estas corresponden a depósitos de sedimentos finos glaciolacustres.

Según las características hidrológicas del humedal es posible caracterizar el hidroperiodo en base a series históricas de precipitación (**Figura A6. 2**) y en función de la altura de agua del lago Llanquihue (**Figura A6. 3**).

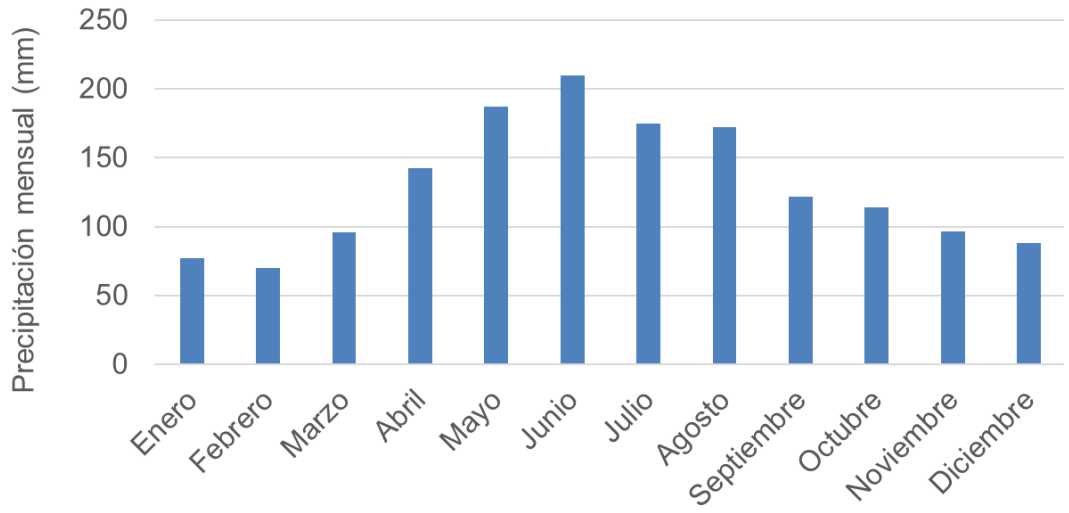


Figura A6. 2. *Precipitaciones mensuales promedio para estación meteorológica DGA "El Tepual". Periodo de tiempo entre los años 1980 y 2023. Fuente: Elaboración en base a información de la DGA.*

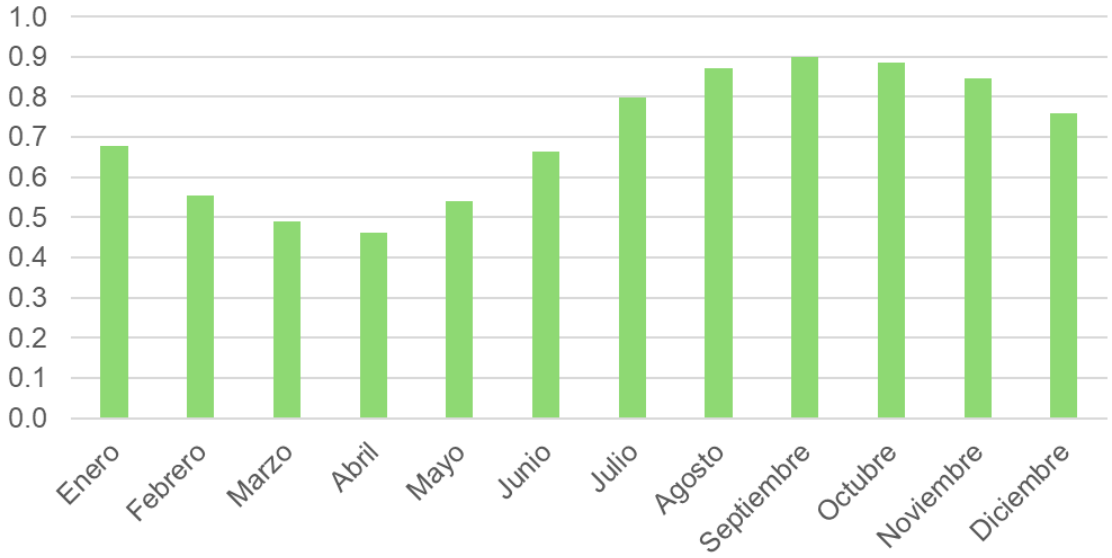


Figura A6. 3. *Elevación promedio mensual del espejo de agua del lago Llanquihue en el sector la Poza. Periodo de tiempo entre los años 1993 y 2021. Fuente: Elaboración en base a información de la DGA.*

Ya que el humedal La Marina tiene dos forzantes de su hidrología, su régimen de saturación tiene en primer lugar un aumento debido al aumento de precipitaciones en los meses de mayo, junio y julio y por otro lado esta saturación se prolonga, específicamente en la zona lacustres, debido al aumento de las alturas del lago Llanquihue en los medos de julio a noviembre.

Caracterización de la biota

Según lo descrito en la ficha técnica, el humedal La Marina presenta 3 ecosistemas diferentes según los tipos de humedal que lo conforman: 1) Humedal Ribereño: En su mayor extensión. 2) Humedal

Palustre: En la parte cercana al lago. 3) Humedal Lacustre: En el borde lago. La ubicación y fotografías de cada uno de estos ecosistemas se muestra en la **Figura A6. 4**.

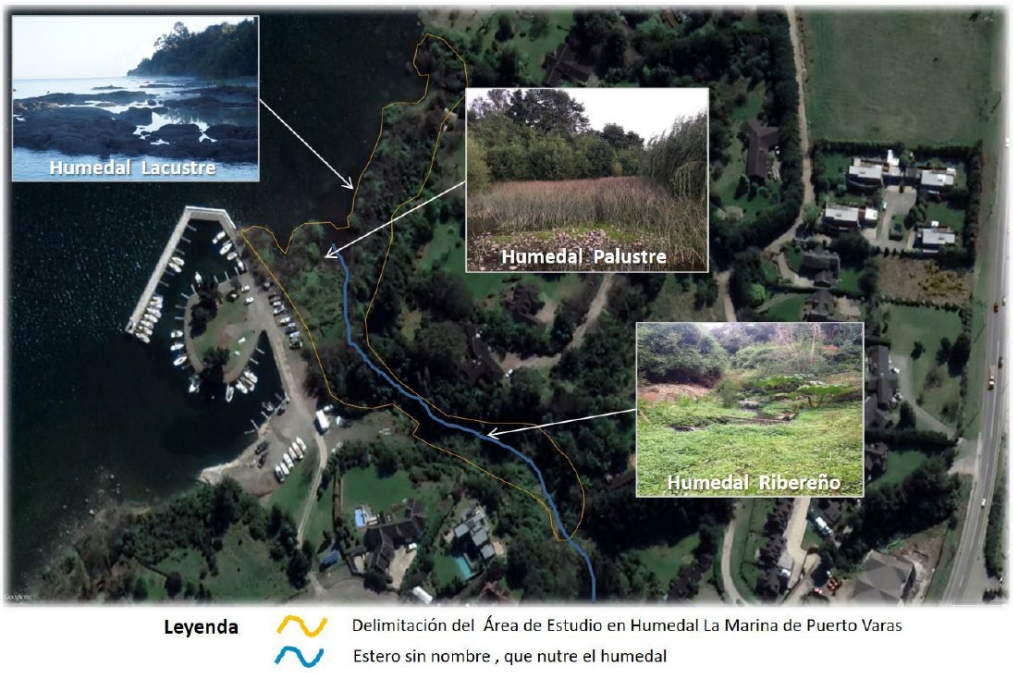


Figura A6. 4. *Tipos de humedales que conforman el Humedal Urbano La Marina. Fuente: Ficha técnica de solicitud de declaración (Municipalidad de Puerto Varas, 2021).*

Flora y Vegetación

El área de estudio pertenece al Bioclima Templado Hiperoceánico y a la Formación de Bosque Laurifolio. Específicamente corresponde al piso vegetacional "Bosque Laurifolio Templado Interior de *Nothofagus dombeyi* y *Eucryphia cordifolia*" (Luebert y Pliscoff 2006). Forma parte de la Ecorregión del Bosque Lluvioso Valdiviano, incluida entre las ecorregiones más amenazadas del mundo por la Iniciativa 200 de WWF (World Wildlife Fund).

La ficha técnica correspondiente a la Declaratoria de Humedal Urbano La Marina (https://sistemahumedales.mma.gob.cl/HumedalesUrbanos/DetailsPublico/14) describe a las formaciones vegetacionales que caracterizan al humedal como flora de tipo herbazal, palustre e hidrófita en las cotas más bajas, donde el borde lago influencia, delimita y satura el sistema. Adicionalmente, en el borde lago se han propagado y dominan las especies boscosas alóctonas o exóticas. Aguas arriba, contiguo al estero que recorre el humedal, se mantiene la condición de herbazal y los suelos saturados. Este ecosistema humedal también presenta un relicto de bosque nativo asociado a un antiguo hualve.

Según el informe de Línea de Base del Componente Vegetación y Flora Vascular realizado por Latitud Silvestre SPA (2019) para el Humedal Urbano La Marina y disponible en el Portal de Humedales del MMA, las formaciones vegetacionales del humedal están conformadas por:

- *Comunidad de bosque nativo tipo hualve:* remanente alterado del bosque nativo original que se extiende por las laderas que bordean el curso de agua que desemboca en el lago. Se

encuentra dominada por especies de hábito arbóreo y de origen nativo como el arrayán (*Luma apiculata*) y el notro (*Embothrium coccineum*) y presenta una escasa cobertura de herbáceas nativas como el helecho costilla de vaca (*Blechnum chilense*). Este hualve atraviesa el estero principal en la parte media y acompaña a este último en forma continua hasta las cotas más altas del humedal sobre suelos de escaso drenaje.

- *Comunidad de herbazal:* conformada por dos estratos; uno dominado por la especie alóctona sauce mimbre (*Salix viminalis*) y otro dominado por las herbáceas *Carex excelsa y Cyperus xanthostachyus* junto a la presencia de las herbáceas de hábito bajo *Ranunculus repens* y *Myosotis azorica.* En los márgenes de esta formación se desarrolla una elevada cobertura de "quila" (*Chusquea sp.)*.

- *Comunidad de bosque alóctono:* bosque cuya vegetación natural ha sido reemplazada por especies de origen alóctono. Se encuentra dominada por especies de hábito arbóreo y de origen fitogeográfico alóctono: "aliso" (*Alnus glutinosa*) y "sauce" (*Salix babylonica*). Probablemente este tipo de comunidad consiste en un hualve degradado puesto que aún existen escasas especies representantes del bosque pantanoso original, como lo son *Luma apiculata* y *Blechnum chilense.* No obstante, se ha producido un reemplazo de la mayoría de las especies nativas por alóctonas.

- *Comunidad de herbazal palustre:* comunidad herbácea que coloniza cuerpos de agua o riberas del cuerpo de agua. Formada por herbáceas bajas ubicadas en la ribera de lago que se encuentra sometida a inundaciones recurrentes, sobre todo cuando el nivel del lago está alto durante el invierno. La primera asociación está dominada por las especies herbáceas *Limosella australis, Crassula peduncularis* y *Eleocharis pachycarpa*. La segunda asociación, consiste en el herbazal palustre inmerso en el cuerpo de agua dominada por la especie "totora" (*Schoenoplectus californicus*).

La **Figura A6. 5** muestra fotografías tomadas *in situ* en el Humedal La Marina, que se encuentran en el estudio realizado por Latitud Silvestre SPA (2019).



Bosque Nativo tipo hualve



Herbazal



Bosque alóctono



Herbazal palustre

Figura A6. 5. *Fotografías de las formaciones vegetacionales tomadas in situ en el Humedal La Marina. Fuente: Latitud Silvestre SPA (2019).*

En el área de estudio se describió un total de 92 especies florísticas en la zona, distribuidas en 48 Familias y 78 géneros (66 Familias para Magnoliopsida, 21 para Liliopsida, cuatro Equisetopsida y un representante de División Bryophyta no determinado). La familia con mayor representación es la de las ciperáceas (Cyperaceae) con 8 especies. Este corresponde a un grupo de plantas características de los ecosistemas de humedal adaptadas a condiciones edáficas con saturación de humedad (tanto plantas palustres en márgenes como plantas acuáticas dentro del cuerpo o curso de agua). También destaca la presencia de dos especies de origen fitogeográfico endémico de Chile, que son la hierba perenne epífita o terrestre *Fascicularia bicolor* (chupalla) y la hierba anual *Cuscuta pusilla* (cabello de angel).

Ninguna comunidad consiste en bosque nativo de preservación, puesto que las formaciones descritas no constituyen actualmente hábitat de especies vegetales protegidas legalmente, ni existen especies bajo las categorías de conservación de acuerdo con clasificación UICN. No obstante, existe la presencia de comunidades de vegetación boscosa que cumplen con la definición de bosque nativo según lo expuesto en la Ley 20.283, su reglamento y la guía de evaluación ambiental (CONAF, 2014). De acuerdo con esto, la tala o destrucción de bosque nativo en el área de proyecto requiere un Plan de manejo corta y reforestación de bosque nativo.

El listado detallado de las especies de Flora Vascular que es posible encontrar en el humedal La Marina se muestra en la Ficha Técnica y el expediente público. Este listado podrá ser útil para seleccionar AECs e indicadores.

Fauna

La fauna presente en el área de estudio se caracteriza por una elevada presencia de especies endémicas, algunas con rangos de distribución muy restringidos. Los principales grupos de vertebrados registrados en la zona corresponden a anfibios, aves y mamíferos (Latitud Silvestre SPA, 2019).

Anfibios

Según la línea de base del componente fauna de vertebrados realizada por Latitud Silvestre SPA (2019) que se encuentra en el expediente público, y el *"Informe de estudio especializado de flora y fauna de la cuenca del Lago Llanquihue"* (Fernández *et al.* 2008), con respecto a los anfibios (clase Amphibia), pese a ser menos abundantes en comparación a las aves, por ejemplo, es el grupo con mayor número de endemismos reportados en la zona, es decir, con especies que solo pueden ser encontradas en Chile o en ciertas regiones del país. Esto, sumado a su limitada capacidad de dispersión y movilidad, también las hace más vulnerables. En la zona se han registrado 5 especies, el sapito de cuatro ojos (*Pleurodema thaul*), rana arbórea o rana verde (*Hylorina sylvatica*), ranita o sapito de Darwin (*Rhinoderma darwini*), rana moteada (*Batrachyla leptopus*) y rana de antifaz (*Batrachyla taeniata*), todas especies nativas (**Tabla A6. 1**).

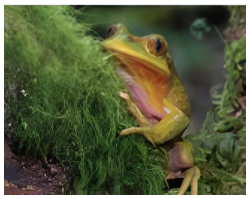
Tabla A6. 1. *Riqueza potencial de anfibios anuros para el Humedal La Marina. Fuente: Latitud Silvestre SPA 2019; Fernández et al. 2008.*

Familia	Nombre común	Nombre científico	Origen
CYCLORAMPHINAE	Rana arbórea	*Hylorina sylvatica*	Nativo
CERATOPHRYDAE	Rana moteada	*Batrachyla leptopus*	Nativo
CERATOPHRYDAE	Rana de antifaz	*Batrachyla taeniata*	Nativo
LEIUPERIDAE	Sapito de cuatro ojos	*Pleurodema thaul*	Nativo
RHINODERMATIDAE	Ranita de Darwin	*Rhinoderma darwini*	Nativo

La **Figura A6. 6**. muestra fotografías de las especies de anfibios mencionadas, tomadas del libro *"Fauna de los Bosques Templados de Chile"* (Celis-Diez *et al.* 2011).



Sapito de cuatro ojos *(Pleurodema thaul)*



Rana arbórea o verde *(Hylorina sylvatica)*



Ranita de Darwin *(Rhinoderma darwini)*



Rana moteada *(Batrachyla leptopus)*



Rana de antifaz *(Batrachyla taeniata)*

Figura A6. 6. *Fotografías de anfibios anuros que se encuentran potencialmente en el humedal La Marina. Fuente: Celis-Diez et al. 2011*

En cuanto al estado de conservación, la ranita de Darwin se encuentra catalogada como Vulnerable (VU) desde la Región del Maule hasta la Región de La Araucanía, mientras que las demás especies se encuentran clasificadas en la categoría de Preocupación Menor (LC).

Aves

El grupo de las aves posee la mayor riqueza y abundancia de especies en el área de interés, destacando por diferentes tipos de patos, garzas, aves de pajonal y aves costeras. El trabajo de Latitud Silvestre SPA (2019) señala un listado potencial de 83 especies que podrían habitar o ser encontradas en el lugar **(Tabla A6. 2)** de las cuales 79 son especies nativas y 2 introducidas, estas corresponden a la Paloma (*Columba livia)* y al Gorrión (*Passer domesticus)***.** También se ha observado la presencia de aves migratorias en el lugar, como la Gaviota de Franklin (*Leucophaeus pipixcan)* y el Playero de Baird *(Calidris bairdii)* que llegan en primavera viajando desde el Hemisderio Norte. Cabe señalar, que en el humedal se registran signos de actividad reproductiva y nidificación en árboles del bosque nativo y en el herbazal palustre.

Tabla A6. 2*. Riqueza potencial de aves para el Humedal La Marina (Fuente: Latitud Silvestre SPA, 2019).*

Familia	Nombre común	Nombre científico	Origen
PODICIPEDIDAE	Pimpollo	*Rollandia rolland*	Nativo
	Blanquillo	*Podiceps occipitalis*	Nativo
	Picurio	*Podilymbus podiceps*	Nativo
	Huala	*Podiceps major*	Nativo
ARDEIDAE	Garza grande	*Ardea alba*	Nativo
	Garza chica	*Egretta thula*	Nativo
	Garza cuca	*Ardea cocoi*	Nativo
	Garza boyera	*Bubulcus ibis*	Nativo
	Huairavo	*Nycticorax nycticorax*	Nativo
	Huairavillo	*Ixobrychus involucris*	Nativo
THERESKIORNITHIDAE	Bandurria	*Theristicus melanopis*	Nativo
ANATIDAE	Cisne de cuello negro	*Cygnus melancoryphus*	Nativo
	Pato jergón grande	*Anas georgica*	Nativo
	Pato jergón chico	*Anas flavirostris*	Nativo

	Pato real	*Anas sibilatrix*	Nativo
	Pato colorado	*Anas cyanoptera*	Nativo
	Pato cuchara	*Anas platalea*	Nativo
CATHARTIDAE	Jote cabeza colorada	*Cathartes aura*	Nativo
	Jote cabeza negra	*Coragyps atratus*	Nativo
ACCIPITRIDAE	Vari	*Circus cinereus*	Nativo
	Peuco	*Parabuteo unicinctus*	Nativo
	Aguilucho	*Geranoaetus polyosoma*	Nativo
	Traro	*Caracara plancus*	Nativo
FALCONIDAE	Tiuque	*Milvago chimango*	Nativo
	Cernícalo	*Falco sparverius*	Nativo
RALLIDAE	Pidén	*Pardirallus sanguinolentus*	Nativo
	Tagüita	*Gallinula melanops*	Nativo
	Tagua chica	*Fulica leucoptera*	Nativo
	Tagua	*Fulica armillata*	Nativo
	Tagua de frente roja	*Fulica rufifrons*	Nativo
CHARADRIIDAE	Queltehue	*Vanellus chilensis*	Nativo
	Chorlo de doble collar	*Charadrius falklandicus*	Nativo
SCOLOPACIDAE	Pitotoy grande	*Tringa melanoleuca*	Nativo
	Pitotoy chico	*Tringa flavipes*	Nativo
	Zarapito de pico recto	*Limosa haemastica*	Nativo
	Playero de Baird	*Calidris bairdii*	Migratorio
	Becacina	*Gallinago magellanica*	Nativo
LARIDAE	Gaviota dominicana	*Larus dominicanus*	Nativo
	Gaviota de Franklin	*Leucophaeus pipixcan*	Migratorio
	Gaviota cáhuil	*Chroicocephalus maculipennis*	Nativo
PHALACROCORACIDAE	Yeco	*Phalacrocorax brasilianus*	Nativo
COLUMBIDAE	Paloma	*Columba livia*	Introducido
	Torcaza	*Patagioenas araucana*	Nativo
	Tórtola	*Zenaida auriculata*	Nativo
PSITTACIDAE	Cachaña	*Enicognathus ferrugineus*	Nativo
TYTONIDAE	Lechuza	*Tyto alba*	Nativo
STRIGIDAE	Tucúquere	*Bubo magellanicus*	Nativo
	Concón	*Strix rufipes*	Nativo
	Chuncho	*Glaucidium nanum*	Nativo
CAPRIMULGIDAE	Gallina ciega	*Caprimulgus longirostris*	Nativo
TROCHILIDAE	Picaflor	*Sephanoides sephaniodes*	Nativo
ALCEDINIDAE	Martín pescador	*Megaceryle torquata*	Nativo
PICIDAE	Pitío	*Colaptes pitius*	Nativo
	Carpinterito	*Veniliornis lignarius*	Nativo
FURNARIIDAE	Churrete	*Cinclodes patagonicus*	Nativo
	Churrete chico	*Cinclodes oustaleti*	Nativo
	Churrete acanelado	*Cinclodes fuscus*	Nativo
	Trabajador	*Phleocryptes melanops*	Nativo

	Colilarga	*Sylviorthorhynchus desmursii*	Nativo
	Rayadito	*Aphrastura spinicauda*	Nativo
	Tijeral	*Leptasthenura aegithaloides*	Nativo
RHINOCRYPTIDAE	Hued-hued del Sur	*Pteroptochos tarnii*	Nativo
	Chucao	*Scelorchilus rubecula*	Nativo
	Churrín de la Mocha	*Eugralla paradoxa*	Nativo
	Churrín del Sur	*Scytalopus magellanicus*	Nativo
TYRANNIDAE	Run-run	*Hymenops perspicillata*	Nativo
	Colegial	*Lessonia rufa*	Nativo
	Diucón	*Xolmis pyrope*	Nativo
	Siete colores	*Tachuris rubrigastra*	Nativo
	Fío-fío	*Elaenia albiceps*	Nativo
	Cachudito	*Anairetes parulus*	Nativo
HIRUNDINIDAE	Golondrina chilena	*Tachycineta meyeni*	Nativo
	Golondrina dorso negro	*Pygochelidon cyanoleuca*	Nativo
TROGLODYTIDAE	Chercán de las vegas	*Cistothorus platensis*	Nativo
	Chercán	*Troglodytes aedon*	Nativo
COTINGIDAE	Rara	*Phytotoma rara*	Nativo
TURDIDAE	Zorzal	*Turdus falcklandii*	Nativo
ICTERIDAE	Tordo	*Curaeus curaeus*	Nativo
	Trile	*Agelasticus thilius*	Nativo
THRAUPIDAE	Cometocino patagónico	*Phrygilus patagonicus*	Nativo
	Diuca	*Diuca diuca*	Nativo
EMBERIZIDAE	Chincol	*Zonotrichia capensis*	Nativo
PASSERIDAE	Gorrión	*Passer domesticus*	Introducido
FRINGILLIDAE	Jilguero	*Sporagra barbata*	Nativo

En términos de movilidad, todas las especies identificadas se agrupan bajo una alta capacidad de desplazamiento, lo que implica que pueden moverse grandes distancias en poco tiempo por sí mismas. Sin embargo, la especie churrín del Sur (*Scytalopus magellanicus*), posee una movilidad media, lo que significa que estos individuos tienen la capacidad de moverse distancias intermedias o cortas y que pueden ser más vulnerables a alteraciones en su hábitat natural. Con respecto al estado de conservación, dos especies, la bandurria (*Theristicus melanopis*) y la torcaza (*Patagioenas araucana*) se encuentran clasificadas en la categoría de Preocupación Menor (LC) (DS 16 MMA 2016; DS 6 MMA 2017). A continuación, se muestran fotografías de algunas de las especies de aves mencionadas, tomadas del libro *"Fauna de los Bosques Templados de Chile"* (Celis-Diez *et al.* 2011) y de registros fotográficos presentes en "Aves en el sur de Chile: Avistamiento y Fotografía de aves en el sur de Chile" (https://www.avesenelsur.cl):



Bandurria



Torcaza



Churrín del sur



Gaviota de Franklin



(Theristicus melanopis)
Playero de Baird
(Calidris bairdii)

(Patagioenas araucana)
Rayadito
(Aphrastura spinicauda)

(Scytalopus magellanicus)
Martín pescador
(Megaceryle torquata)

(Leucophaeus pipixcan)
Becacina
(Gallinago magellanica)

Figura A6. 7. *Algunas especies de aves que podría encontrarse en el Humedal La Marina. Fuente: Celis-Diez et al. 2011 y https://www.avesenelsur.cl.*

Mamíferos

En cuanto al grupo de los mamíferos, la revisión en conjunto de los estudios de Latitud Silvestre SPA (2019) y de Fernández *et al.* (2008), permite identificar 17 especies potenciales a encontrar en la zona de interés, de las cuales 11 corresponden a especies nativas y 6 a introducidas **(Tabla A6. 3).** Dentro de las especies introducidas, el visón americano (*Mustela vison*) es una de las especies exóticas invasoras que se encuentran en Chile que más daño causa a la fauna nativa según reporta el SAG Los Lagos (2023), el cual ejecutó junto al GORE de la región el "Plan de Erradicación del Visón" durante los años 2019-2013, con el propósito de proteger la biodiversidad local cuyo hábitat o poblaciones se ven amenazadas por animales introducidos como el visón, especie que no tiene depredador natural, lo cual facilita su reproducción y, por lo tanto, las posibilidades de avanzar hacia otras regiones del país y seguir afectando otros ecosistemas.

Tabla A6. 3. *Riqueza potencial de mamíferos para el Humedal La Marina. Fuente: Latitud Silvestre SPA 2019; Fernández et al. 2008).*

Familia	Nombre común	Nombre científico	Origen
CANIDAE	Zorro Chilla	*Pseudalopex griseus*	Nativo
CERVIDAE	Pudú	*Pudu puda*	Nativo
CRICETIDAE	Ratón lanudo común	*Abrothrix longipilis*	Nativo
CRICETIDAE	Ratón oliváceo	*Abrothrix olivaceus*	Nativo
CRICETIDAE	Ratón de cola larga	*Oligoryzomys longicaudatus*	Nativo
FELIDAE	Puma	*Puma concolor*	Nativo
LEPORIDAE	Liebre	*Lepus capensis*	Introducido
LEPORIDAE	Conejo	*Oryctolagus cuniculus*	Introducido
MICROBIOTHERIIDAE	Monito del monte	*Dromiciops gliroides*	Nativo
MUSTELIDAE	Quique	*Galictis cuja*	Nativo
MUSTELIDAE	Chingue	*Conepatus chinga*	Nativo
MUSTELIDAE	Huillín	*Lontra provocax*	Nativo
MUSTELIDAE	Visón	*Mustela vison*	Introducido
MURIDAE	Guarén	*Rattus norvergicus*	Introducido
MURIDAE	Rata negra	*Rattus rattus*	Introducido
MURIDAE	Laucha doméstica	*Mus musculus*	Introducido
VESPERTILIONIDAE	Murciélago ceniciento	*Lasiurus cinereus*	Nativo
VESPERTILIONIDAE	Murciélago oreja de ratón	*Myotis chiloensis*	Nativo

Según el Listado de Especies Clasificadas desde el 1º al 18º Proceso de Clasificación RCE (actualizado a enero de 2024), 6 especies se encuentran en alguna categoría de conservación, estando 2 de ellas amenazadas (es decir, en las categorías EN y VU). Estas últimas corresponden al huillín o nutria de río (*Lontra provocax)* clasificada actualmente En Peligro (EN) y al pudú *(Pudu puda*) clasificada como Vulnerable (VU). Por otra parte, el monito del monte (*Dromiciops gliroides*) se encuentra Casi Amenazada (NT), especie que además hay que considerar, sobre todo para las actividades de monitoreo, que hiberna durante el invierno. Además, el ratón lanudo común (*Abrothrix longipilis*), el quique (*Galictis cuja*) y el murciélago oreja de ratón (*Myotis chiloensis*) se encuentran en la categoría de Preocupación Menor (LC).

En la **Figura A6. 8**, se muestran fotografías de algunas de las especies de mamíferos mencionadas, tomadas del libro *"Fauna de los Bosques Templados de Chile"* (Celis-Diez *et al.* 2011):



Huillín
(Lontra provocax)

Pudú
(Pudu puda)

Monito del monte
(Dromiciops gliroides)

Quique
(Batrachyla leptopus)

Figura A6. 8. *Algunas especies de mamíferos que podría encontrarse en el Humedal La Marina. Fuente: Celis-Diez et al. 2011.*

Definición y caracterización del área de sustento

Según lo descrito anteriormente, el HU La Marina corresponde a uno en pendiente de agua superficial. El régimen hidrológico de saturación de la zona ribereña y palustre se encuentra dominado por el aporte superficial del estero principal y otras vertientes aledañas. Por otro lado, la zona lacustre se encuentra influenciada por las variaciones de altura de agua del lago Llanquihue. En este sentido, **la fuerza motora del régimen de saturación del HU La Marina proviene de dos componentes: (1) La microcuenca hidrológica aportante de escorrentía superficial y (2) el Lago Llanquihue. Ambos componentes formarán el área de sustento del humedal.**

Para delimitar la microcuenca aportante de escorrentía superficial es posible utilizar el Modelo de Elevación Digital (DEM) y en base a las curvas de nivel delimitar manualmente la cuenca o bien usar un geoproceso automático en algún software de información geográfica. Para este caso de ejemplo se utilizó el DEM ALOS PALSAR de 12,5 m de resolución y usando SAGA y QGIS se delimitó la cuenca y su red hidrográfica. El resultado obtenido se muestra en la **Figura A6. 9**. Este se muestra de forma comparativa con la subcuenca del lago Llanquihue delimitada por DGA.

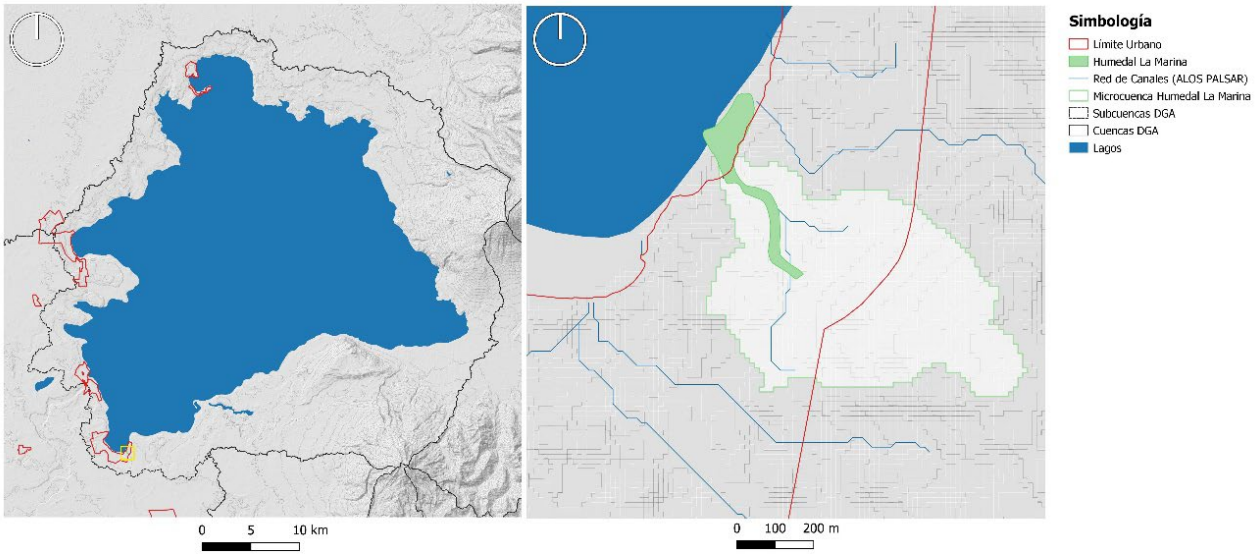


Figura A6. 9. *Subcuenca del lago Llanquihue y microcuenca del Humedal Urbano La Marina y su red hidrográfica. Fuente: Elaboración propia.*

La cuenca aportante al humedal La Marina tiene una superficie cercana a 34 ha. Por otro lado, la subcuenca DGA del lago Llanquihue tiene un área total de 160.426 ha, es decir, la cuenca aportante al humedal La Marina representa solo el 0,021% de la subcuenca DGA. La pendiente media del cauce principal de la cuenca del humedal La Marina es de 3%.

En cuanto al uso de suelo, según la información de coberturas vegetacionales de CONAF (**Figura A6. 10**), se reconocen tres usos en la cuenca aportante: Áreas Urbanas e Industriales (12,4 ha), Praderas y Matorrales (18,9 ha) y Bosques (2,4 ha), la distribución porcentual de cada uso de suelo es del, 36,8%, 56,1% y 7,1%, respectivamente.

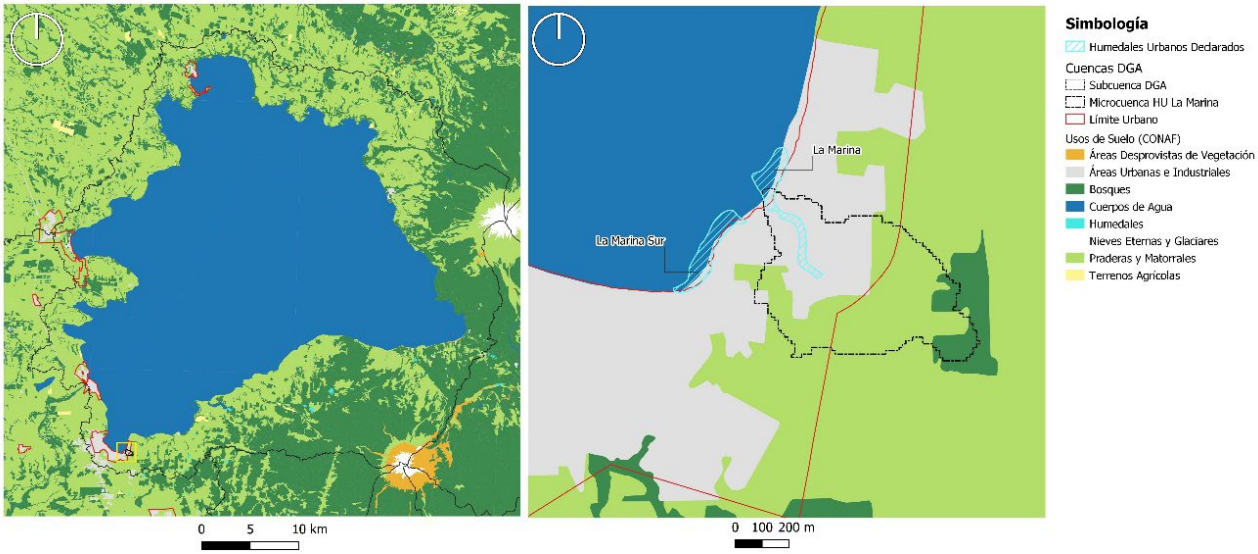


Figura A6. 10. *Usos de suelo en la subcuenca del lago Llanquihue. Fuente: Elaboración propia.*

Caracterización de la subcuenca como unidad territorial

Identificación de ecosistemas y su conectividad

Dentro de la subcuenca del lago Llanquihue existen diversas áreas protegidas y otras medidas de conservación que pueden indicar dónde se encuentran ecosistemas relevantes. La **Figura A6. 11** muestra la ubicación geográfica de estos y se listan a continuación:

- Parque Nacional Vicente Pérez Rosales
- Reserva Forestal Llanquihue
- Santuario de la Naturaleza Humedales del río Maullín
- Humedales Urbanos: Quebrada Gramado, La Marina Sur, La Marina, Parque Humedal Baquedano y Villa El Lago,
- Reserva de la Biósfera – Bosques Templados Lluviosos
- Sitio Prioritario Ley 19.300 – Río Maullín
- Iniciativa de Conservación Privada – Fundo Los Guindos

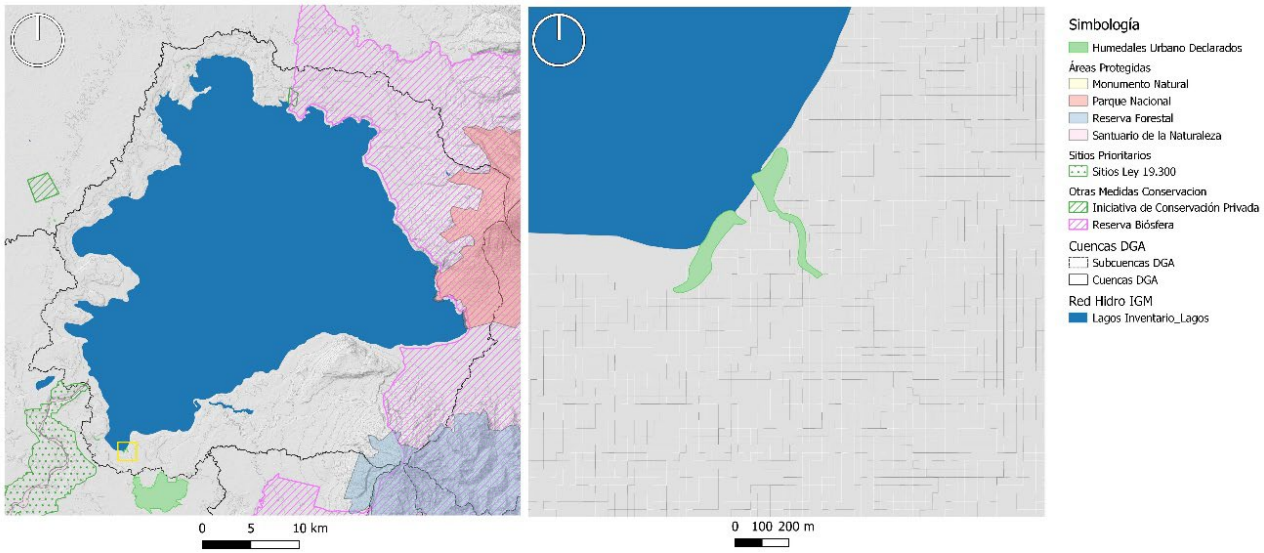


Figura A6. 11. *Áreas protegidas, sitios prioritarios y otras medidas de conservación en la subcuenca del lago Llanquihue. Fuente: Elaboración propia.*

En cuanto a la potencial conectividad con otros humedales cercanos, la **Figura A6. 12** muestra la ubicación de los polígonos reconocidos en el Inventario Nacional de Humedales y los Humedales Urbanos declarados. El humedal principal de la subcuenca DGA corresponde al lago Llanquihue, el cual como se vio anteriormente, es parte del área de sustento del humedal La Marina, adicionalmente se observan una serie de humedales asociados al límite urbano cercanos, todos estos reconocidos como palustres permanentes en el inventario. En cuanto a los humedales urbanos declarados, cercano al humedal La Marina se encuentra el humedal La Marina Sur, también ubicado en el borde del Lago Llanquihue.

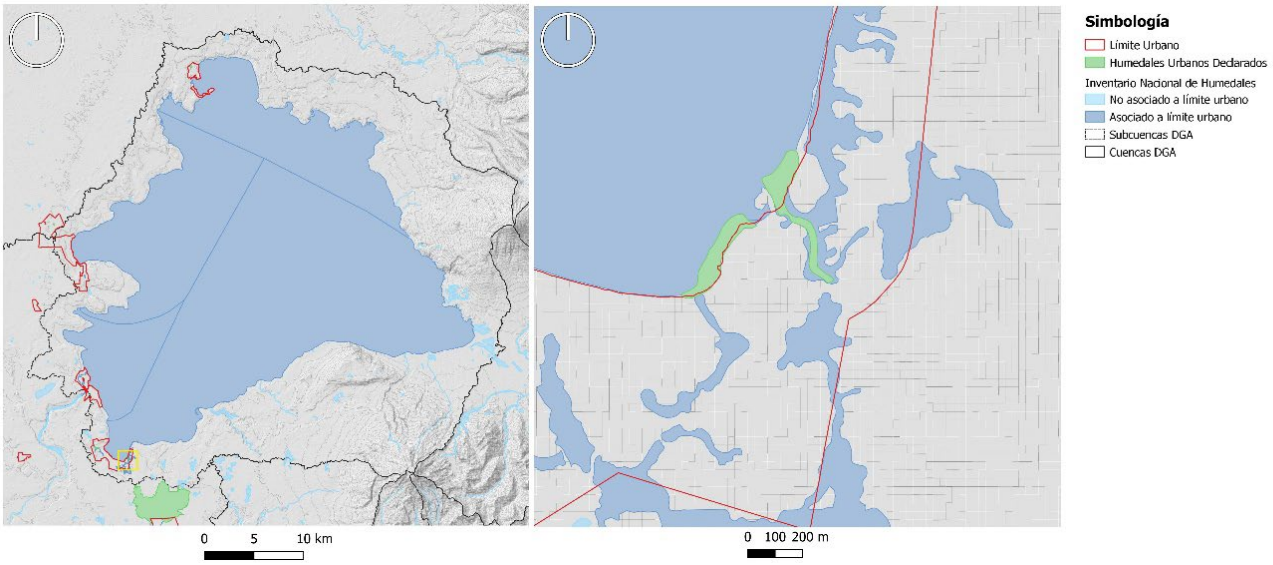


Figura A6. 12. *Inventario Nacional de Humedal y Humedales Urbanos declarados en la subcuenca del Lago Llanquihue. Fuente: Elaboración propia.*

Identificación de amenazas y presiones

La ficha técnica del humedal La Marina reconoce las siguientes amenazas:

- Relleno de humedales urbanos
- Desarrollo de áreas residenciales
- Especies exóticas invasoras
- Alteración y cambio en la delimitación de ecosistemas
- Modificación de la barra terminal

Gran parte de estas se deben al cambio de uso de suelo debido a la urbanización. Con el fin de ubicar geográficamente esta amenaza la **Figura A6. 13** destaca los usos de suelo "Áreas Urbanos e Industriales" y los límites urbanos reconocidos en los respectivos PRC.

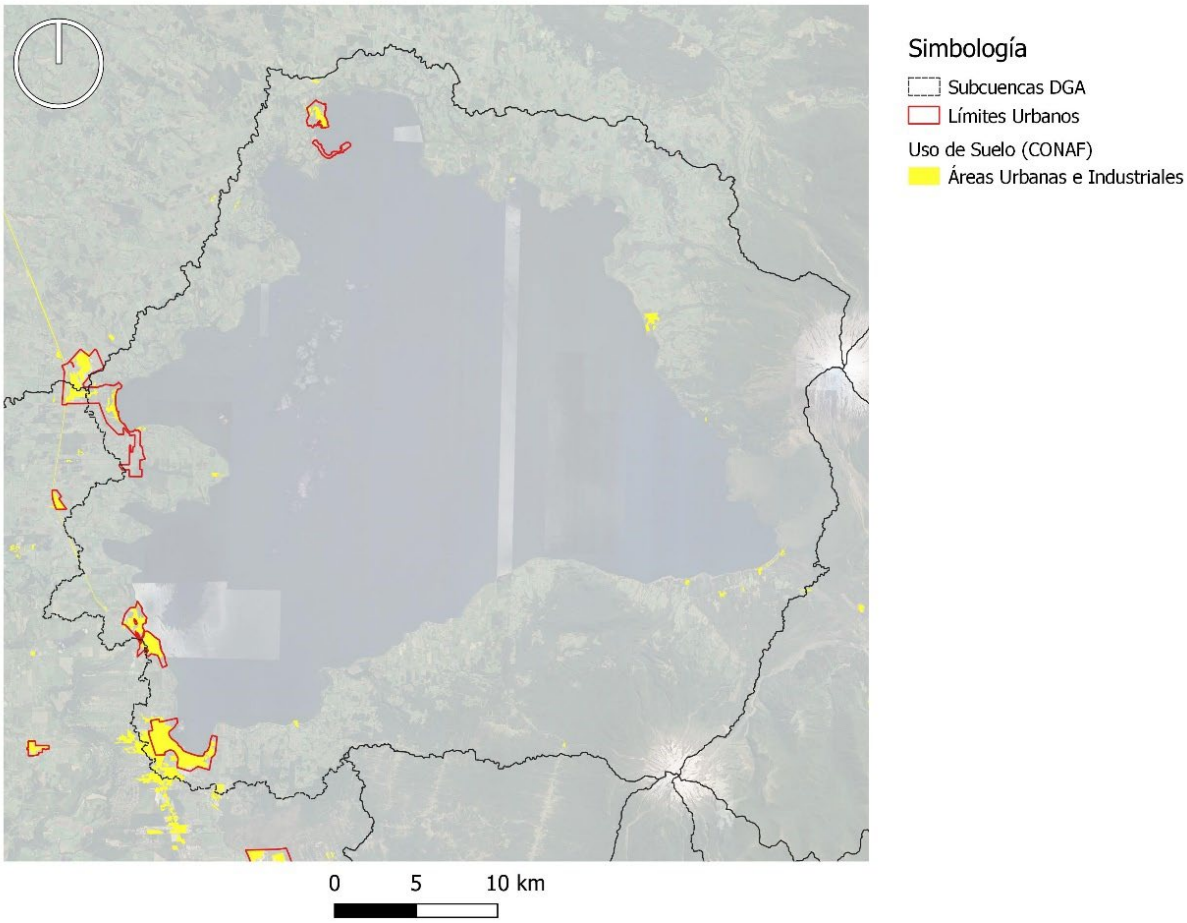


Figura A6. 13. *Urbanización y cambio de uso de suelo en la subcuenca del lago Llanquihue. Fuente: Elaboración propia en base a información MMA.*

En cuanto a las especies exóticas invasoras de fauna, se reconoce a la acuicultura (**Figura A6. 14**) como un uso industrial influyente. Adicionalmente se ha identificado como un aporte significativo de nutrientes al lago acelerando los procesos de eutroficación, sumado a otros aportes difusos como el uso de fertilizantes en la agricultura.

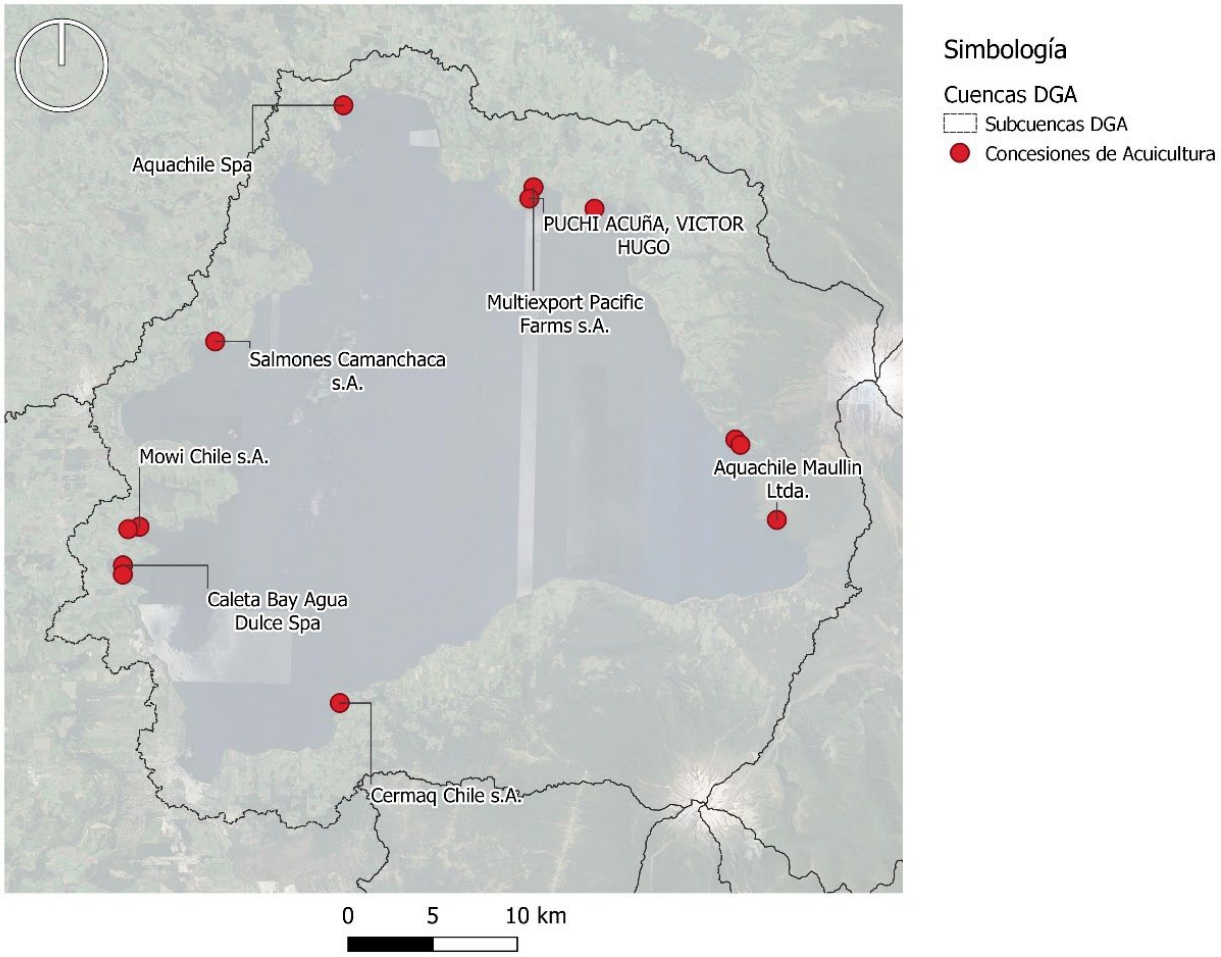


Figura A6. 14. *Concesiones de acuicultura en el lago Llanquihue. Fuente: Elaboración propia en base a información de SUBPESCA.*

El lago Llanquihue también es un atractivo turístico de la región, es por esta razón que la carga y usos aumentan en temporada alta (enero y febrero). Esta zona se encuentra reconocida como una Zona de Interés Turístico (ZOIT) por la subsecretaría de turismo (**Figura A6. 15**).

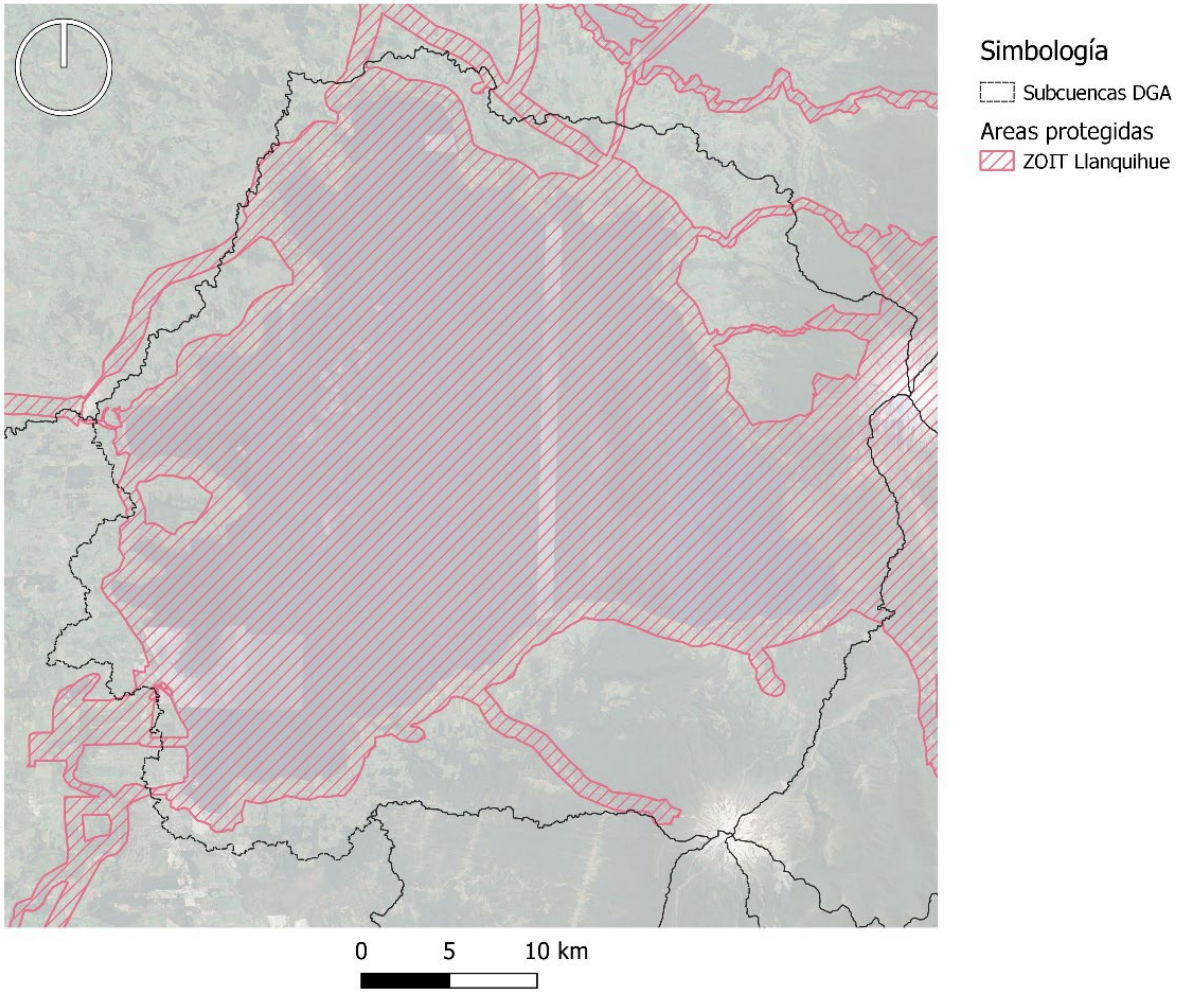


Figura A6. 15. *Zona de Interés Turístico Lago Llanquihue. Fuente: Elaboración propia en base a información de la subsecretaría de turismo.*

Identificación de planes de gestión territorial y/o ambiental.

La **Figura A6. 16** muestra el PRC vigente para la ciudad de Puerto Varas. Cabe destacar que el humedal se encuentra ubicado en una zona de Alto riesgo para asentamientos humanos (Zona R-2).

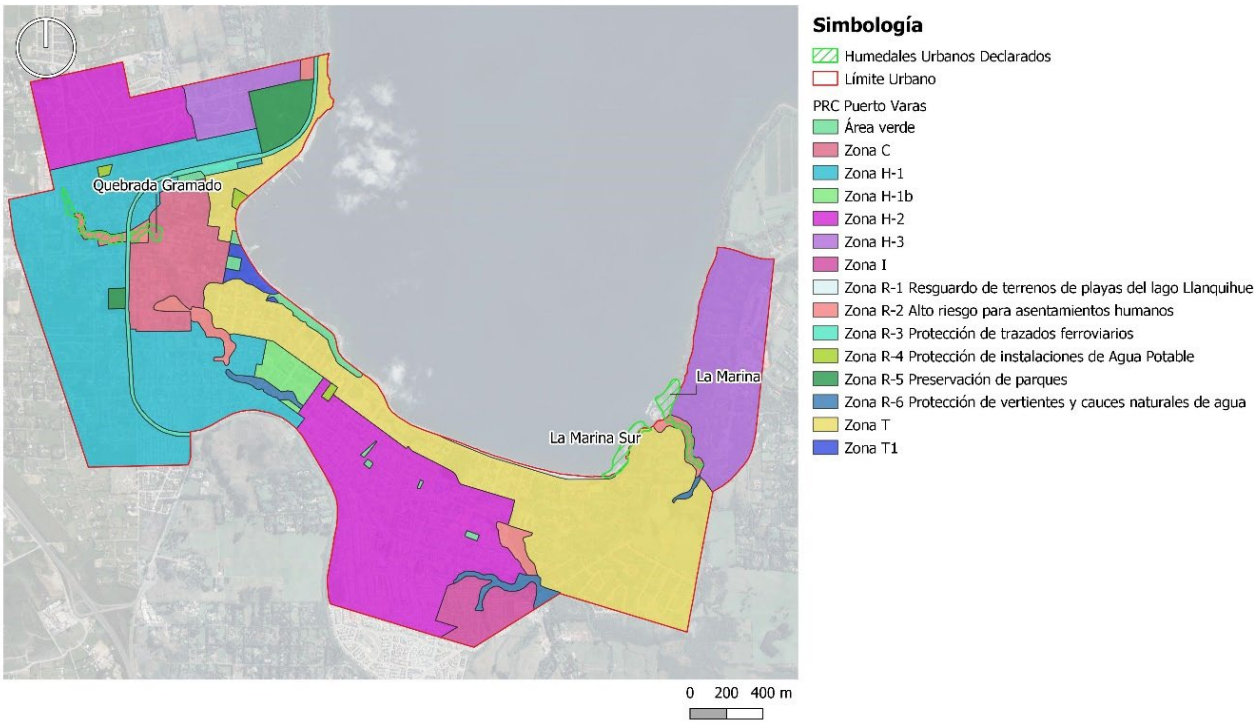


Figura A6. 16. *Plan Regulador Comunal de Puerto Varas. Fuente: Elaboración propia en base a información del MINVU.*

Es importante destacar que el lago Llanquihue cuenta con una Norma Secundaria de Calidad del Agua (NSCA) para la protección de sus aguas. El objetivo general es mantener la calidad de las aguas del lago Llanquihue y prevenir la eutroficación antrópica, proporcionando instrumentos de gestión para aportar a la mantención de su actual condición oligotrófica.

La NSCA considera cuatro zonas de vigilancia (**Figura A6. 17**) para efectos de monitoreo y fiscalización. Para cada área se establecen los niveles de calidad del agua definidos en la **Figura A6. 18**. El cumplimientos y monitoreo de estos parámetros se rige bajo el Programa de Vigilancia definido. Parte del Humedal Urbano La Marina se ubica en el Área de Vigilancia denominada LL-V Puerto Varas. En este sentido, como mínimo, los parámetros de calidad del agua deberán mantenerse en los rangos respectivos definidos.

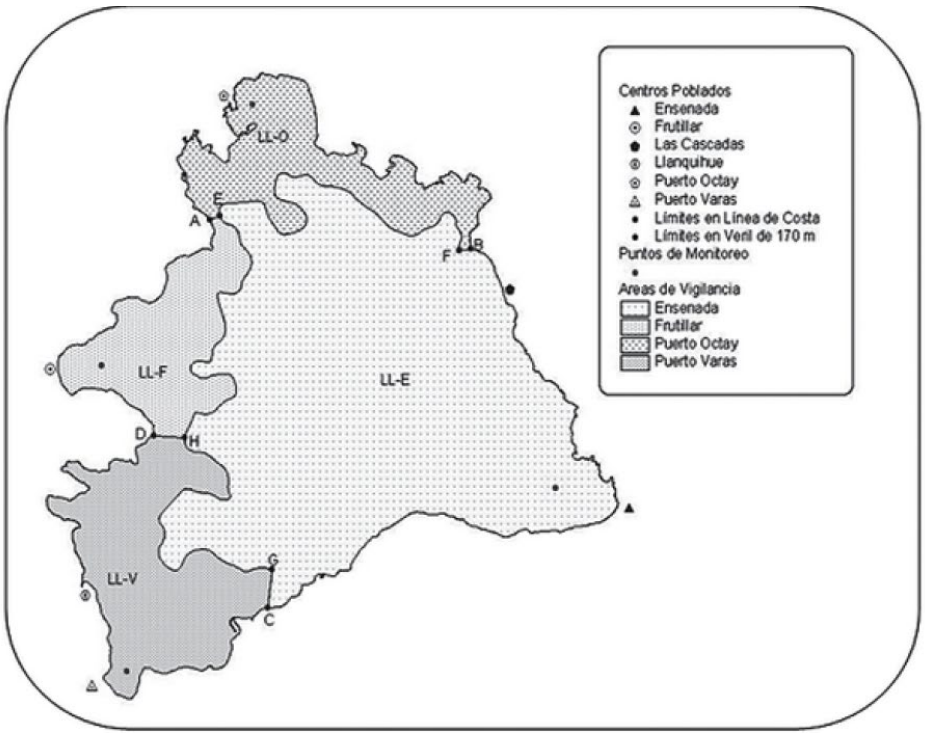


Figura A6. 17. *Áreas de Vigilancia de la NSCA del Lago Llanquihue. Fuente: DECRETO 122 - Establece normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas del lago Llanquihue.*

		Áreas de Vigilancia			
Parámetros	Unidad	LL-O Puerto Octay	LL-F Frutillar	LL-E Ensenada	LL-V Puerto Varas
Conductividad	µS/cm	110	110	110	110
pH		6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
Oxígeno disuelto	mg/l	≥8,5	≥ 8,5	≥ 8,5	≥ 8,5
Oxígeno disuelto	% de Saturación	≥ 85	≥ 85	≥ 85	≥ 85
Turbiedad	NTU	2,1	2,1	2,4	2,5
Sílice	mg/l	1,83	1,84	1,77	1,80
DQO	mg/l	4,8	4,9	6	5
Transparencia	M	≥ 13,5	≥ 14,0	≥ 16,0	≥ 12,5
Nitrógeno total	mg/l	0,12	0,14	0,13	0,13
Fósforo total	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01
Clorofila "a"	µg/l	1,4	1,4	1,4	1,4

Figura A6. 18*. Niveles de Calidad del Agua por Área de Vigilancia del lago Llanquihue. Fuente: DECRETO 122 - Establece normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas del lago Llanquihue.*

ANEXO 7 | Preguntas orientadoras para seleccionar indicadores

Dada la enorme diversidad de humedales, tanto por las condiciones biogeográficas como por su estado actual de conservación o degradación, es necesario guiar una óptima selección de indicadores. La selección debe ser flexible y adecuada para responder la siguiente interrogante:

- ¿Cuáles son los indicadores necesarios en cada AEC para entender la condición actual y proyección de un humedal particular?

Se proponen preguntas de orientación en cinco grupos: caracterización general, relación con otros AEC, amenazas, normativa vigente y factibilidad (**Figura A7. 1**).

No es necesario responder todas estas preguntas, más bien, están diseñadas para priorizar ciertos indicadores.



Figura A7. 1. *Grupos de preguntas para orientar la selección de indicadores para diferentes Atributos Ecológicos Clave (AECs). Fuente: Elaboración propia.*

Atributo ecológico clave: Calidad del agua [68]

Indicadores:

Oxígeno disuelto	Saturación de oxígeno	Demanda bioquímica de oxígeno	Demanda química de oxígeno	Nitrógeno total	Amoniaco	Nitrato y nitrito	Fósforo total	Temperatura	pH	Conductividad eléctrica	Salinidad
Potencial óxido reducción	Sulfatos	Cloruros	Sólidos disueltos totales	Sólidos suspendidos totales	Transparencia	Hidrocarburos (fijos y volátiles)	Macro-invertebrados bentónicos				

Caracterización general

- ¿Existen condiciones de la cuenca que configuren la calidad del agua (ej. geología, termas).
- ¿Existe variabilidad estacional natural en la calidad del agua del humedal?
- ¿Se observan condiciones anormales en el espejo de agua? (ej. color verde o café, olor desagradable, espuma, manchas).
- ¿Hay influencia de mareas? ¿Qué parámetros son afectados?
- ¿Qué bioindicadores [1] permiten evaluar el estado actual del humedal? (macroinvertebrados bentónicos)

Relación con otros AEC

- ¿Existen especies que destacan por su sensibilidad a los cambios fisicoquímicos del agua? (ej. anfibios, peces).
- ¿Existen especies dependientes directamente del espejo de agua?

Amenazas

- ¿Cuál es el estado trófico del cuerpo de agua?
- ¿Se reportan presiones asociadas a la carga de nutrientes?
- ¿Existen puntos de descarga de RILEs en o cercanos al cuerpo de agua?
- ¿Existen descargas de aguas lluvias urbanas hacia el humedal?
- ¿Se observan especies tolerantes a la contaminación?

Normativa existente

- ¿Existen Normas Primarias de Calidad de Agua?
- ¿Existes Normas Secundarias de Calidad de Agua?
- ¿Existen Normas de Emisión?
- ¿Que parámetros se monitorean en estas normas?

Factibilidad

- ¿Cuál es el costo y tiempo de medir estos parámetros?
- ¿Qué frecuencia, duración o estacionalidad requiere la medición de los parámetros?
- ¿Se dispone del tiempo adecuado para el monitoreo requerido?
- ¿Cuáles de estos parámetros se pueden medir en conjunto?

[68] Un bioindicador es un organismo vivo cuya presencia indica que la calidad de agua es suficientemente buena para su desarrollo. Por lo general, son especies de macroinvertebrados (ej. Insectos o crustáceos) que son especialmente sensibles a la contaminación. Es decir, su presencia indica la ausencia de contaminación.

Atributo ecológico clave: Cantidad de agua [69]

Indicadores:

- Magnitud mensual de las condiciones del
- Magnitud y duración de los extremos
- Tiempo de ocurrencia de caudal
- Frecuencia y duración de los pulsos de flujo alto
- Tasa y frecuencia de cambio en el

Caracterización general

- ¿Cuál es el factor forzante predominante?
- ¿Cómo varía cuantitativamente el hidroperiodo?
- ¿Cómo se define cualitativamente el hidroperiodo del humedal?
- ¿Que tipo de régimen tiene la cuenca? (pluvial, nival, mixto)
- ¿Cuál es el uso de suelo predominante en la cuenca del humedal? ¿Ha experimentado cambios en el tiempo?

Relación con otros AEC

- ¿Cuándo se dan las condiciones ambientales normales (CAN) y qué condición del agua está asociada a esta?
- ¿De qué manera afecta la cantidad del agua y su temporalidad a la calidad del agua?
- ¿Existen flujos relevantes para la geomorfología del humedal?
- ¿Qué flujos permiten un balance entre procesos de erosión, transporte y almacenamiento de sedimentos?
- ¿Cómo se relaciona el hidroperiodo con la estructura de la vegetación ribereña y acuática?
- ¿Existe fauna que requiera condiciones del hidroperiodo para su subsistencia? (ej. frecuencia, duración, extremos, temporalidad).

Amenazas

- ¿Existen presiones que alteren el hidroperiodo del humedal? (ej. extracción de agua, operación hidroeléctrica).

Normativa existente

- ¿Existen algún decreto de escasez hídrica, declaración de agotamiento de aguas superficiales, decretos de reserva, área de restricción de aguas subterráneas, zonas de prohibición de aguas subterráneas u otro?

Factibilidad

- ¿Existen estaciones fluviométricas, pluviométricas o monitoreo de pozos que permitan cuantificar la magnitud y variabilidad temporal del factor forzante?
- ¿Es posible monitorear en terreno alguna variable asociada al factor forzante del hidroperiodo?
- ¿Existen modelaciones, o es posible modelar los procesos que dominan el hidroperiodo?

[69] Este AEC representa el régimen hidrológico natural, descrito también como la conectividad temporal. Ésta corresponde la dimensión en el tiempo del modelo de ríos con cuatro dimensiones: tres espaciales (longitudinal, transversal y vertical) y una temporal, que es el régimen de hidrológico natural (Poff et al. 2019).

Atributo ecológico clave: Calidad del suelo

Indicadores:

Horizontes del perfil de suelo	Potencial óxido reducción	Conductividad eléctrica	pH	Fósforo	Nitrógeno	Densidad aparente	Granulometría	Conductividad hidráulica o coeficiente de permeabilidad

Caracterización general

- ¿Existe una serie de suelo del CIREN que describa el tipo de suelo?
- ¿Qué aspectos de la cuenca configuran la formación del suelo? (ej. clima, geología, uso del suelo).
- ¿Cuales son las caracteristicas dominantes de la estructura del suelo? (ej. profundidad, roca madre, composición arena-limo-arcilla).
- ¿Hay presencia de raíces superficiales y profundas que indiquen la existencia de granulometría, densidad favorable al desarrollo de vegetación?
- ¿Cuál es la capacidad del suelo para infiltrar y retener agua? (ej. efecto de la granulometría, densidad).

Relación con otros AEC

- ¿Cuál es la temporalidad de la saturación del suelo?
- ¿Cuales son las fuentes de materia orgánica vegetal o animal? (ej. bosque en la cuenca, vegetación acuática).
- ¿Cuál es la condición adecuada para la flora y fauna que se desarrolla en este humedal? (pH, REDOX, nutrientes, granulometría).
- ¿De qué forma afectarían derrames o vertidos de contaminantes a la química del suelo? (ej. aceite de maquinaria, RILES).

Amenazas

- ¿Hay actividades pre existentes que alteren la calidad del suelo? (ej. descarga de RILES, rellenos, impermeabilización).
- ¿Hay presencia de actividad ganadera que provoque compactación del suelo?
- ¿Existe extracción de áridos en el humedal o su cuenca aportante?
- ¿Hay presencia de acumulación de residuos, basurales, escombros o vertederos?
- ¿Existen monocultivos de especies exóticas cercanos al humedal?
- ¿Existe contaminación por productos agrícolas? (ej. persticidas, fertilizantes).

Normativa existente

- ¿Existen leyes, decretos, ordenanzas o programas que determinen algún requerimiento con respecto a la calidad del suelo? (ej, recuperación de suelo, medidas de compensación, desertificación, suelos agrícolas y forestales).

Factibilidad

- ¿Es posible realizar una calicata o muestra con barreno?

Atributo ecológico clave: Estructura de la vegetación ribereña

Indicadores:

- Vegetación funcional en la franja ribereña
- Extensión lineal de la vegetación

Caracterización general

- ¿Existe naturalmente una franja ribereña? ¿Si no existe, es posible establecer o restuarar?
- ¿Cual es el ancho de la franja ribereña funcional?
- A simple vista ¿Hay una transición gradual de vegetación en la orilla? (ej, plantas acuáticas, juncos, arbustos, árboles).
- ¿Existen especies de flora en alguna categoría de conservación ?
- ¿Existen especies endémicas?

Relación con otros AEC

- ¿Cual es la porcentaje (longitudinal) de la franja ribereña que puede sostener funciones ecológicas? (ej. prevencion de erosión, sustento para comunidades biologicas, conectividad lateral, corredores biologicos, amortiguación ante incendios y contaminación).
- ¿Existen formaciones vegetales que proveen habitat, constituyen refugio y/o lugar de reproducción para especies especialistas de flora o fauna? (ej. totoral, juncos, algas).
- ¿La composición de la vegetación ribereña es mixta o mono-especifica? (ej, sólo sauces en la orilla vs. sauces, arrayanes, juncos).

Amenazas

- ¿Existen plantaciones de especies forestales exóticas (ej. pino, eucaliptus) que lleguen directamente a la orilla del humedal?
- ¿Existen defensas fluviales que impidan el desarrollo de vegetación ribereña?
- ¿Existe una demanda de la población local por "mantener despejada" la franja ribereña? (ej. percepción de seguridad, estética o limpieza)

Normativa existente

- ¿Existen leyes, normas, decretos, planes reguladores que determinen algún requerimiento con respecto a la franja ribereña? (ej. Ley de Bosque Nativo, D701, PRC o PRI).

Factibilidad

- ¿Es posible acceder a la orilla del humedal para medir la longitud y ancho de la franja ribereña?

Atributo ecológico clave: Flora hidrófila [70]

Indicadores:

Riqueza específica	Abundancia total y específica	Proporción o % de especies nativas /	Presencia de especies en categoría de	Presencia de formaciones vegetales frágiles	Índice de Braun-Blanquet

Caracterización general

- ¿Corresponde la vegetación presente al tipo vegetacional esperado para esta zona geográfica y tipo de humedal?
- ¿Hay predominancia de especies exóticas con respecto a las nativas?
- ¿Hay flora acuática y palustre en el humedal?
- ¿Hay especies en categoría de conservación?
- ¿Existen especies endémicas?

Relación con otros AEC

- ¿Se observan diferentes estratos vegetacionales? ¿Hay predominancia de algún estrato?
- ¿Existen especies que cumplen funciones ecológicas específicas para el suelo hídrico? (eg. fijación de nitrógeno, formación de estructura).
- ¿Existen especies que constituyen alimento específico para otras especies? (ej. aves, mamíferos).

Amenazas

- ¿Existen plantas acuáticas invasoras? (ej. loto, cola de zorro, lirio acuático, *Egeria sp*.).
- ¿Existen actividades que modifiquen la vegetación? (ej. extración de totoral, áridos, tránsito de vehículos, rellenos).
- Para el caso de turberas, ¿existe extracción de pompon o musgo sphagnum?

Normativa existente

- ¿Existen Normas Primarias de Calidad de Agua, Normas Secundarias o Normas de Emisión que favorezcan o perjudiquen el desarrollo de vegetación acuática y palustre?

Factibilidad

- ¿Es posible acceder a la orilla del humedal vía terrestre o acuática para realizar muestreo de flora?

[70] Referencia artículo 1°, letra o) del Decreto Supremo N°82, de 2010, que aprueba Reglamento de suelos, aguas y humedales, del Ministerio de Agricultura. El artículo 8°, letra d) del Decreto N°15, de 2020, que establece Reglamento de la Ley N° 21.202, que modifica diversos cuerpos legales con el objeto de proteger los humedales urbanos, del Ministerio del Medio Ambiente, también hace mención a la vegetación hidrófita, pero para evitar confundir este término con las plantas hidrófitas, se usará en la Guía de Área de Influencia de Humedales en el SEIA (2023) término de vegetación hidrófila para referirse a la vegetación de humedal en sentido amplio.

Atributo ecológico clave: Peces

Indicadores:

- Riqueza específica
- Abundancia total y específica
- Presencia de especies en categoría de
- Evidencia de reclutamiento

Caracterización general

- ¿Que especies deberían estar presentes en este tipo de humedal?
- ¿Qué ciclo de vida poseen los peces presentes? ¿Existe hábitat específico para el desarrollo de estas etapas? (ej. reproducción, desove, migración
- ¿Se observan peces a simple vista en las orillas, pozones o zona profunda del espejo de agua?
- ¿Hay antecedentes de especies introducidas? (ej. salmones, truchas, peces de acuario, tortugas)
- ¿Hay especies en categoría de conservación?
- ¿Existen especies endémicas?
- ¿Se ven juveniles del año (young of the year YOY)?

Relación con otros AEC

- ¿Existen condiciones específicas de calidad de agua que favorezcan o perjudiquen el desarrollo de especies nativas?
- ¿Las condiciones de cantidad de agua (volumen, temporalidad), permiten sostener el ciclo de vida de las especies nativas?
- ¿Existen especies de peces que constituyen alimento específico para otras especies? (ej. aves, mamíferos).

Amenazas

- A escala de cuenca, ¿existen barreras que generen fragmentación a escala de metapoblación?
- ¿Existen antecedentes o registros de especies introducidas? (ej. salmon, trucha, peces de acuario, tortuga, castor, visión).
- ¿Existe práctica de pesca deportiva / recreativa en el humedal?
- ¿Existen descargas industriales o de aguas servidas?
- ¿Hay desarrollo de pisciculturas próximas al humedal?
- ¿De qué manera afecta la Ley de Pesca a las especies nativas presentes?

Normativa existente

- ¿Existen Normas Primarias de Calidad de Agua, Normas Secundarias o Normas de Emisión que favorezcan o perjudiquen el desarrollo de vegetación acuática y palustre?
- ¿Existe alguna estrategia o plan nacional de conservación asociada a alguna especie en particular?

Factibilidad

- ¿Es posible acceder a la orilla y/o zona profunda para realizar muestreos?
- ¿Se puede contar con personal y equipo especializado para muestrear fauna íctica? (ej. cercanía a universidades, centros técnicos, consultoras especializadas)? ¿Cuál sería el costo en cuanto a equipamiento y operarios?
- ¿Cual es la frecuencia y duración del muestreo requerido para obtener una caracterización adecuada?

Atributo ecológico clave: Aves

Indicadores:

- Riqueza específica
- Abundancia total y específica
- Presencia de especies en categoría de
- Presencia de áreas de nidificación
- Presencia de áreas de descanso de

Caracterización general

- ¿Hay especies residentes permanentes?
- ¿Hay especies con migración local?
- ¿Hay sitios de descanso o reproducción de aves migratorias?
- ¿Hay sitios de nidificación?
- ¿Hay especies especialistas de humedal? (ej. aves de pajonal, aves acuáticas).
- ¿Hay especies sensibles al ruido? ¿Existen estudios sobre estas especies?
- ¿Hay especies en categoría de conservación?
- ¿Hay especies endémicas?
- ¿Se ven juveniles del año (young of the year YOY).

Relación con otros AEC

- ¿Hay especies granívoras y frugívoras que contribuyan a la dispersión de semillas?
- ¿Existen especies que constituyen alimento específico para otras especies? (ej. otras aves, mamíferos).

Amenazas

- ¿Hay especies domésticas o asilvestradas? (ej. perros y gatos domésticos).
- ¿Hay vegetación invasora que afecte la avifauna nativa?
- ¿Hay antecedentes o registros de visón o castor?
- ¿Hay infraestructura que afecte el movimiento de la avifauna? (ej. tendido eléctrico, proyectos eólicos contaminación lumínica).
- ¿Hay actividades antrópicas que afecten la avifauna? (ej. caza ilegal, turismo desregulado, tránsito de vehículos).

Normativa existente

- ¿Existe alguna estrategia o plan nacional de conservación asociada a alguna especie particular?
- ¿Existe alguna prohibición de caza de alguna especie en particular?

Factibilidad

- ¿Es posible realizar monitoreo mediante herramientas gratuitas como eBird?
- ¿Es posible realizar muestreo de áreas de nidificación en la(s) temporada adecuada?
- ¿Es posible realizar un muestreo de especies migratorias en la(s) temporada adecuada?

Atributo ecológico clave: Anfibios y reptiles

Indicadores:

- Riqueza específica
- Abundancia relativa
- Presencia de especies en categoría de
- Evidencia de reclutamiento

Caracterización general

- ¿Qué ciclo de vida poseen los anfibios presentes? ¿Existe hábitat específico para el desarrollo de estas etapas? (ej. dispersión reproducción, desove).
- ¿Hay especies en categoría de conservación?
- ¿Hay especies endémicas?
- ¿Se ven juveniles del año (young of the year, YOY).

Relación con otros AEC

- ¿Existen especies que constituyen alimento específico para otras especies? (ej. aves, mamíferos).

Amenazas

- ¿Existen barreras que generen fragmentación a escala de metapoblación?
- ¿Hay especies invasoras que compitan por recursos con anfibios nativos? (ej. rana africana, tortugas).
- ¿Hay actividades que destruyen o deterioren habitat de anfibios como pozas temporales y zonas ribereñas? (ej. extracción de áridos, desvío de cauce).

Normativa existente

- ¿Existe alguna estrategia o plan nacional de conservación asociada a alguna especie particular?
- ¿Hay algún tipo de categoría de conservación regional?

Factibilidad

- ¿Es posible realizar muestreo en la(s) temporada adecuada?
- ¿Se puede contar con personal y equipo especializado para muestrear anfibios anuros?¿Cuál sería el costo en cuanto a equipamiento y personas?
- ¿Cual es la frecuencia y duración del muestreo requerido para obtener una caracterización adecuada?

Atributo ecológico clave: Mamíferos

Indicadores:

- Riqueza específica
- Abundancia total y específica
- Presencia de especies en categoría de
- Evidencia de reproducción o crianza

Caracterización general

- ¿Qué mamíferos deberían estar presentes en esta zona geográfica?
- ¿Existen registros directos o indirectos de mamíferos? (ej. avistamiento, heces, huellas, cuevas,madrigueras, estudios con fototrampeo).
- ¿Hay especies sensibles al ruido? ¿Existen estudios sobre estas especies?
- ¿Hay especies en categoría de conservación?
- ¿Hay especies endémicas?
- ¿Hay registros de individuos juveniles o crianza?

Relación con otros AEC

- ¿Existen mamíferos nativos que actúen como depredadores tope? (ej. puma, zorros).

Amenazas

- ¿Existen actividades antrópicas que afecten a los mamíferos nativos? (ej. caza ilegal, turismo desregulado, tránsito de vehículos).
- ¿Hay especies domésticas o asilvestradas? (ej. perros y gatos domésticos).
- ¿Hay potencial de introducción de especies exótica? (ej. desarrollo urbano, faenas).
- ¿Hay antecedentes o registros de visón o castor?
- ¿Hay especies exóticas que afecten negativamente a los mamiferos nativos? (ej. depredación, competencia por recursos, transmisión de enfermedades).

Normativa existente

- ¿Existe alguna estrategia o plan nacional de conservación asociada a alguna especie particular? (ej. Zorro de Darwin, Huemul).

Factibilidad

- ¿Cuál es la demanda de tiempo para desarrollar un monitoreo que sea representativo?

Atributo ecológico clave | Conectividad hidrogeomorfológica [71]

Indicadores:

- Conectividad longitudinal
- Conectividad lateral
- Patrón del canal
- Sección transversal
- Sustrato del lecho

Caracterización general

- ¿Cual es la ubicación del humedal dentro de la red hidrológica? (ej. cuenca alta, media o baja).
- ¿El humedal corresponde a un cuerpo de aguas corrientes (ej. río, arroyo) o aguas detenidas (ej. lago, embalse)?
- ¿Con qué otros cuerpos de agua está conectado o podría estar conectado el humedal?
- ¿Qué procesos geomorfológico predomina? (ej. erosión, transporte o almacenamiento de sedimentos).
- ¿Existen condiciones adecuadas de granulometría para sostener un balance entre los procesos geomorfológicos?
- ¿El tamaño de los sedimentos es mixto o predomina algún tamaño? (ej. bolones, grava, arena, arcilla)
- ¿Existe conexión con zonas de aporte de materia orgánica y material leñoso de gran tamaño? (ej. laderas, bosques).

Relación con otros AEC

- ¿De qué manera afecta hidroperiodo del humedal a la geomorfología?
- ¿Existen barreras artificiales o naturales al flujo de agua y sedimentos? (ej. represas, cascadas, derrumbes).
- ¿La conectividad del humedal permite la provisión de alimento para fauna? (ej. materia orgánica alóctona proveniente de ecosistemas terrestres, vegetación ribereña, vegetación bentónica).

Amenazas

- ¿La sección transversal es natural o posee algún grado de artificialidad? (ej. canalización, enrocado riberas, rectificación).
- ¿Existe un sustrato en las orillas o el lecho que sea levantado fácilmente como sedimento en suspensión? (aumento de la turbidez).
- ¿Existen faenas de extracción de áridos legal o ilegal?
- ¿Existen antecedentes o registro de castor?

Normativa existente

- ¿Existen planes a escala de cuenca como Planes Estratégicos de Gestión Hídirca?
- ¿Existen planes de riesgo y de contingencia ante derrumbes, inundaciones o aluviones?

Factibilidad

- ¿Existen imágenes satelitales (Google Earth) con buena visibilidad? (sin nubosidad).
- ¿Existen fotos aéreas históricas con buena visibilidad? (ej. fuentes IGM y SAF).
- ¿Es posible acceder a las orillas y el lecho del cuerpo de agua?

[71] Ver Rinaldi et al. 2015

Atributo ecológico clave: Conectividad del paisaje

Indicadores:

- Tamaño de los parches de hábitat
- Forma de los parches
- Presencia de corredores biológicos

Caracterización general

- ¿Cual es el grado de fragmentación del paisaje en la cuenca aportante al humedal?
- ¿Existen registros históricos sobre fragmentación del paisaje?
- En caso de humedal tipo río: ¿El curso de agua y sus riberas funcionan como corredor biológico que conecte diferentes parches hábitat?
- ¿Existen áreas protegidas aledañas al humedal que sustenten parches y corredores biológicos? (ej. parques nacionales, reservas nacionales).
- ¿Existen estudios sobre el cambio de NDVI en el tiempo?
- ¿Cómo es el efecto borde en los parches de hábitat? (ej. relación del perímetro al área del parche).

Relación con otros AEC

- ¿Hay especies de flora y fauna que dependen específicamente de los corredores biológicos para sostener metapoblaciones? (ej. aves de sotobosque, anfibios, mamíferos acuáticos, peces).
- ¿Existen barreras para movilidad de fauna? (ej. cercos, carreteras).

Amenazas

- ¿Existen actividades que generen sostenidamente fragmentación del paisaje? (ej. expansión urbana, desarrollo forestal)

Normativa existente

- ¿Existen zonas de conservación próximas al humedal? (ej. Parque o Reserva Nacional, Santuario de la Naturaleza, Zonas de Interés Turístico).
- ¿Existen instrumentos de valoración o protección del paisaje? (ej. Reservas de la Biósfera o Paisaje de Conservación).

Factibilidad

- ¿Existen imágenes satelitales actuales e históricas con buena visibilidad? (sin nubosidad)
- ¿Existen fotos aéreas históricas con buena visibilidad? (ej. fuentes IGM y SAF).

ANEXO 8 | Descripción de obras de conservación y construcción

Tabla A8. 1. Contenidos del anexo: procedimientos de trabajo. Fuente: Elaboración propia

Etapa	Contenidos
Etapa de instalación	Procedimientos de trabajo generales
Etapa de finalización	Procedimientos de trabajo generales
Etapa de ejecución: obras de conservación	Procedimientos de trabajo obras de conservación vial
	Procedimientos de trabajo obras de conservación fluvial
Etapa de ejecución: obras de construcción	Procedimientos de trabajo obra tipo puente
	Procedimientos de trabajo obra tipo camino

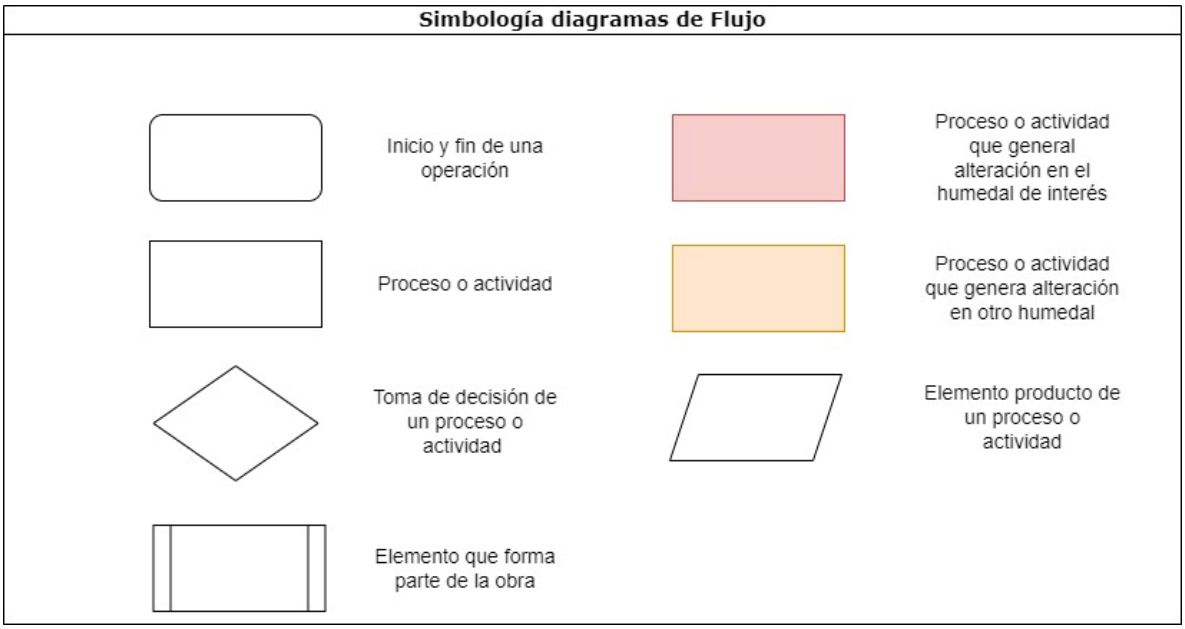


Figura A8. 1. *Simbología empleada en diagramas de flujo de descripción de procedimientos de trabajo. Fuente: Elaboración propia.*

Etapa de instalación de la empresa constructora y entrega de terrenos

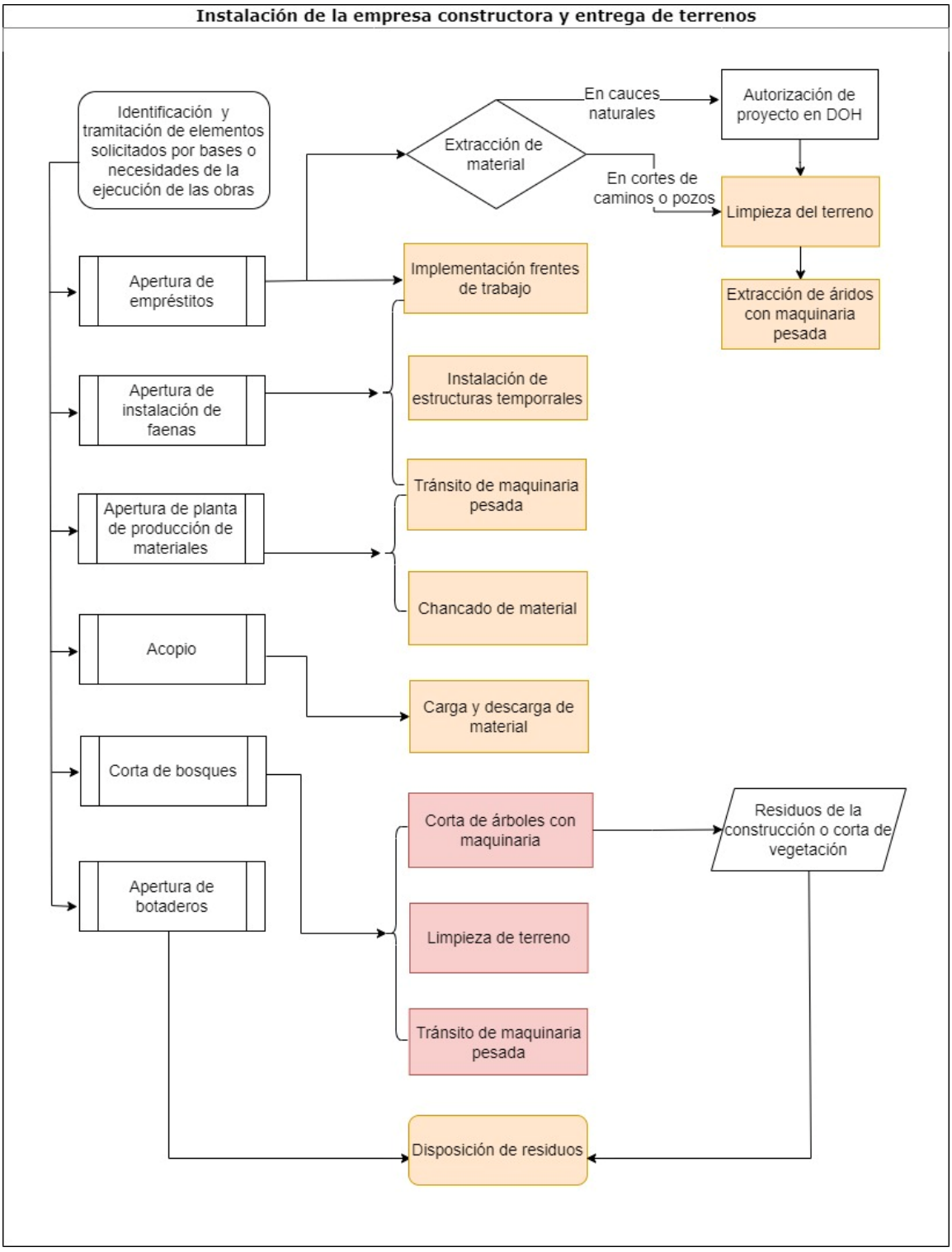


Figura A8. 2. *Instalaciones tramitadas al inicio del contrato. Fuente: Elaboración propia.*

Procedimientos de trabajo generales

Instalación de faenas

Abarca el conjunto de estructuras cuyo propósito es darle operatividad administrativa y logística a la obra. En la instalación de faenas se incluyen oficinas, áreas de estacionamiento, comedores, baños para el personal, talleres de mantención de vehículos o maquinaria, entre otros. Dado que el objetivo es dar apoyo administrativo y logístico a la ejecución de obra, es frecuente que la instalación de faenas se encuentre localizada en las cercanías de la obra o en un lugar estratégico para dirigirse a todos los frentes de trabajo. La instalación de faenas debe procurar seguir las indicaciones establecidas en el MC Vol. N°9, destacando:

- Evitar la alteración de recursos al interior de áreas precisadas en el Catálogo de Áreas Protegidas y Sitios Prioritarios del MC Vol. Nº 9.
- Evitar la afectación de sitios donde subsiste flora o fauna en categoría de conservación.
- Evitar la afectación de terrenos con procesos erosivos, riesgo de alteraciones geofísicas o riesgos de inundación, como vegas y bofedales.
- Reducir la proximidad con poblados, caseríos, aldeas o villorrios garantizando una lejanía de al menos 1.000 (m) con ellos.
- Ordenamiento interno de las distintas dependencias, para lo cual se deberá considerar terrenos que permitan una ocupación eficiente del espacio.
- Implementación de un sistema de recolección de los residuos provenientes de los trabajos de mantenimiento mecánico de maquinarias, como también los que resulten del desarme de esta, puesto que estos desechos contienen, por lo general, derivados del petróleo y otras sustancias químicas incompatibles con el medio ambiente.

Para cumplir con las exigencias establecidas, se prepara un plan de manejo específico de instalación de faenas y campamentos, dónde se detalla la localización de la instalación, su área de influencia con su respectiva caracterización, planos, distancias hacia servicios de la comunidad, cantidad de baños a utilizarse y método de mantención de estos, localización de comedores, gestión de residuos, identificación de potenciales impactos y su valoración y medidas de prevención, mitigación, reparación y/o compensación según corresponda . De manera general, los residuos de esta instalación son tratados a través del servicio municipal correspondiente. En caso de generar residuos peligrosos, estos son almacenados en bodegas ideadas para ellos y su disposición final es tramitada con una empresa externa autorizada sanitariamente para este fin, declarando este proceso a través del portal de ventanilla única RETC.

Apertura de empréstitos

Este elemento corresponde a la zona física y sus instalaciones cuyo propósito es la extracción de áridos, roca o cualquier material necesario para la construcción. De acuerdo con el MC, se distinguen tres tipos diferentes de empréstitos de acuerdo con su localización: de cauces naturales, de cortes de camino y en pozo. Estos son detallados a continuación:

Empréstito en cauces naturales: Utilizado frecuentemente para la extracción de áridos, relleno orgánico o integral, materiales empleados comúnmente en la ejecución de obras viales. En el MC

VN°9 se mencionan medidas específicas que debe contener el proyecto de extracción, el cual debe ser aprobado por la DOH. Dentro de las medidas mencionadas se encuentran:

- Demostrar a través de estudios de hidráulica fluvial que la modalidad de extracción y el volumen son compatibles con el escurrimiento normal del cauce.
- Elaborar un levantamiento topográfico del cauce, así como también del área propuesta para la extracción de material.
- No efectuar excavaciones que dejen el cauce con depresiones localizadas o que generen desvíos o impedimentos para el normal escurrimiento de las aguas.
- No se deberán proyectar empréstitos cercanos a puentes, riberas protegidas o estructuras que puedan verse alteradas por las excavaciones.
- La distancia mínima aceptable será de 500 (m) aguas arriba y 500 (m) aguas abajo desde las obras correspondientes al empréstito hasta puentes, defensas fluviales u obras de captación de aguas.
- Se debe evitar el emplazamiento en terrenos susceptibles a procesos erosivos, inestabilidad geotécnica o riesgos de inundación
- La extracción deberá obedecer a un perfil de escurrimiento de tipo trapezoidal.
- Los camiones deben estar provistos de lonas que cubran íntegramente el material particulado que trasladan.
- Se deben tomar las medidas necesarias a fin de no generar contaminación acústica, ni atmosférica que pueda alterar la salud y calidad de vida de población cercana.

Empréstitos en cortes de caminos y en pozos: Dado que esta operación no se ejecuta en cauces, no se requiere la presentación de un proyecto de extracción ante la DOH. No obstante lo anterior, sí se requiere la presentación de un plan de manejo y la autorización tanto municipal como de la inspección. Dentro de las medidas que se deben abordar en el plan de manejo para este tipo de empréstitos se encuentran:

- Definir taludes que permitan una correcta restauración del lugar, sin exceder los 45° de pendiente.
- Definir y aplicar cierres en la extracción que impidan el paso de personas y/o animales.
- No generar extracción en ensanches de un corte del camino fuera de los límites definidos por el perfil tipo de proyecto
- No generar extracción de pozos existentes contiguos a la faja del camino, a menos que exista otro empréstito alternativo, y que conjuntamente esta extracción genere una mejora definitiva de la zona (drenaje o paisaje).
- Instalar letreros dentro del empréstito que indiquen prohibición de disponer desechos.
- Los camiones deben estar provistos de lonas que cubran íntegramente el material particulado que trasladan.
- No se permite la explotación de pozos de empréstitos en terrenos clasificados como suelos agrícolas de Capacidad de Uso I a III.
- Se deben tomar las medidas necesarias a fin de no generar contaminación acústica, ni atmosférica que pueda alterar la salud y calidad de vida de población cercana.

Para la elección del empréstito a utilizar el primer factor de priorización corresponde a las características del material, dado que en las bases de un contrato o las necesidades estructurales de la obra se solicitan tamaños y propiedades específicas. El segundo factor de priorización corresponde a la costumbre la cercanía con la obra y la facilidad para transportar material desde el empréstito.

Previo a la explotación de empréstito, se deberá tramitar su autorización por parte del municipio al cual corresponda, además de la aprobación del respectivo plan de manejo específico de apertura, uso y abandono, considerando para ambos casos la cantidad de material a extraer. Dentro de lo presentado en el plan de manejo para este elemento se considera la ubicación de este, la distancia a zonas y servicios de la población, distancia a áreas protegidas, identificación y caracterización del área de influencia, identificación y valoración de potenciales impactos, medidas de prevención, mitigación, reparación y/o compensación según sea requerido y descripción de las principales actividades. Cabe considerar que es frecuente que la carga de combustibles de los camiones que realizan el transporte de material pueda se realice en el empréstito cuando corresponde a un pozo En estos casos se habilita una zona de almacenamiento temporal de residuos peligrosos en caso de generarse un derrame de combustible. Por otro lado, el recorrido generado desde el empréstito hasta el lugar de acopio o de las obras también es considerado dentro del área de influencia identificada en el plan de manejo y requiere una autorización municipal para el tránsito de la maquinaria pesada.

Apertura de plantas de producción de materiales

Las plantas de producción de materiales son instalaciones destinadas a la preparación de asfalto, hormigón, chancado, u otras para la construcción de diversas estructuras. En algunos casos, las planta para elaboración de hormigón son móviles, trasladándolas según se estime necesario. En todos los casos, las plantas de materiales deben ser instaladas frecuentemente en lugares cercanos a la obra o cercanos al lugar de extracción, con la finalidad de agilizar la logística de transporte de los materiales para la ejecución de las obras y minimizar la emisión de material particulado, ruido y vibraciones generadas por tránsito. La localización de la planta deberá cumplir con todas las exigencias indicadas para la instalación de faenas. Además, se debe presentar un plan de manejo la inspección fiscal antes de iniciar los trabajos. Dentro de los requerimientos exigidos en el MC Vol. °9 se encuentran:

- Intentar reducir lo máximo posible la contaminación acústica, atmosférica generadas por la operación de la planta. Las emisiones atmosféricas deberán regirse por la normativa ambiental vigente asociada a este tema.
- Se deben especificar los métodos de control de emisiones atmosféricas y de ruido que se utilizarán.
- Las instalaciones deben contar con dispositivos especiales diseñados para evitar la contaminación del ambiente, como aquellos producidos por desechos sólidos, derrames de materias tóxicas o peligrosas, emisiones de gases, ruidos y partículas transportables por el viento.

Acopios

Son generados para almacenar de manera temporal algún tipo de material que sea necesario dentro de la ejecución de obras, desde su extracción y transporte hasta su utilización. En muchas ocasiones

los acopios se localizan en las cercanías de la obra con la finalidad de otorgar acceso más rápido al material. Con la misma finalidad, para el caso de la construcción de caminos, también se pueden generar acopios dentro de las plantas de producción de materiales o en los empréstitos. En el caso de defensas fluviales con enrocado, las rocas son acopiadas en canchas cercanas a las obras. Los acopios no requieren un plan de manejo específico, pero sí deben incluirse en los planes de manejo de empréstitos o de instalación de faenas, en caso de que estas incluyan zonas de acopio.

Apertura de botaderos

Corresponden a espacios físicos destinados a la disposición ya sea temporal o final de materiales que no generen daño ambiental y que provengan de la construcción o mantención de una obra. No son aceptados en las áreas destinadas a botaderos la disposición de producto derivado del petróleo, como aceites, asfaltos, etc., con excepción de las mezclas asfálticas provenientes de pavimentos. Tampoco es aceptada la disposición final de residuos peligrosos, los cuales deben ser almacenados en bodegas especializadas para ello hasta su tramitación de disposición final con empresa externa autorizada por la autoridad sanitaria. Para la operación de botaderos, se debe presentar un Plan de Manejo especial, el cual debe ser aprobado por la inspección fiscal. Dentro de los criterios solicitados por el MC Vol. N°9 para la localización de botaderos se encuentran:

- Evitar la alteración de áreas protegidas
- Elegir áreas con una distancia no inferior a 200 m del eje de cualquier camino público y a 500 (m) de zonas pobladas.
- Procurar que en la zona no se encuentren vestigios evidentes de arrastre por aguas lluvia y erosión, de manera de evitar el arrastre de material depositado hacia cuerpos de agua próximos al lugar.
- Los pozos para botaderos no deberán ubicarse aguas arriba de pozos de captación de agua subterránea en un perímetro de 1.000 (m).
- Se debe evitar áreas donde existan niveles freáticos cercanos a la superficie, así como también zonas afectas a inundaciones, tales como: quebradas, vegas, pantanos y bofedales.
- Se debe evitar la afectación de sitios donde subsiste flora o fauna en categoría de conservación.
- Evitar la afectación de quebradas, sean estas temporales o permanentes.
- Evitar alterar, en forma significativa, la fisonomía original del terreno y no interrumpir los cursos de aguas superficiales.
- Los materiales estériles, tales como bolones, sobretamaño y escombros, deben ser recubiertos con suelos orgánicos provenientes de los escarpes, u otra vegetación de prendimiento natural de la zona. Este recubrimiento no podrá tener un espesor inferior a 20 cm.

Corta de bosques

En muchas obras es necesario realizar corta de vegetación que se encuentra en el sector, ya sea por limpieza, por impedir la visión de las señales de tránsito o por la ejecución de distintas faenas. Esta actividad requiere de un Plan de Manejo especial, denominado Plan de Manejo de Corta y Reforestación de Bosque. Debe presentar como contenido los antecedentes generales, incluido el

tipo administrativo y legal del área que será cortada, así como también aquella que será reforestada, la descripción del área y sus principales componentes ambientales, los objetivos de la corta, el programa de actividades que será llevado a cabo, los planos de los predios involucrados y el procedimiento de fiscalización. Una vez presentado y aprobado el plan de manejo por CONAF y la inspección fiscal, se procede a la implementación del plan. Este finaliza con la reforestación del área con plantación de especies nativas. Este último proceso consta de la habilitación del terreno, la preparación del suelo, controles de malezas, transporte de las plantas, plantación, fertilización, medidas de protección de la reforestación y finalmente la mantención.

Etapa de finalización de los trabajos

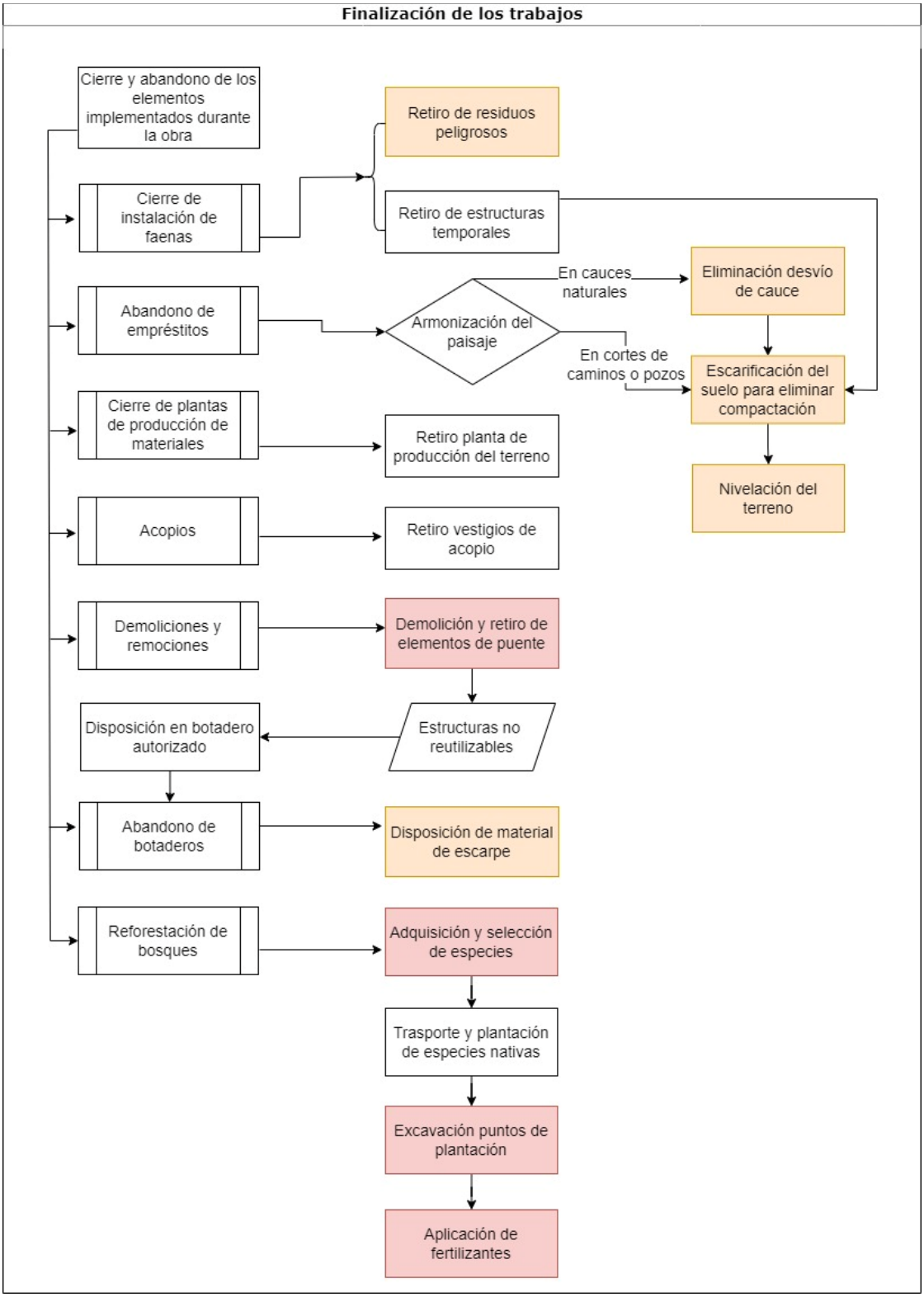


Figura A8. 3. *Cierre de elementos habilitados al inicio del contrato. Fuente: Elaboración propia.*

Procedimientos de trabajo generales

Cierre de la instalación de faenas

Al finalizar los trabajos y una vez que ya no sea necesario el uso de la instalación de faenas, se debe limpiar en su totalidad el lugar, asegurando la reparación de aquellos lugares en los que se hubiese generado un cambio. En este sentido, se deben rellenar con material del mismo terreno las excavaciones, dejándolas a un nivel uniforme con respecto al terreno. De haberse generado un cambio en la vegetación de la zona, esta debe ser recuperada o en su defecto restituida. Es frecuente que los suelos se compacten producto del tránsito de maquinaria o vehículos, por lo que se debe considerar el escarificado del terreno para permitir el crecimiento natural de la vegetación. En caso de presentarse material contaminado o residuos peligrosos, estos deben ser dispuestos a través de empresas con autorización sanitaria para este fin, obteniendo un certificado de disposición final. Finalmente, se deben retirar todos los elementos que hubiesen sido instalados por la empresa, es decir, señales de tránsito, basureros, materiales, bodegas, container, baños químicos, etc.

Abandono de empréstitos

Al finalizar los trabajos dentro de un empréstito, se deben retirar todos aquellos elementos que fueron instalados como cierres perimetrales de la zona, letreros, zonas de carga de combustible, baños químicos, maquinaria, basureros, entre otros, asegurando dejar el área limpia. En caso de ser un empréstito de pozo, se deben dejar los taludes con una pendiente similar a la que se presente en la zona aledaña. Cuando se encuentre material de escarpe producto de la ejecución de los trabajos, este debe ser depositado en los taludes de la zona de extracción, con un espesor de 30 cm para apoyar el crecimiento de cobertura vegetal que se da naturalmente. De no contar con material de escarpe, se podrá disponer sobre los taludes terreno de cualquier naturaleza (TCN) en reemplazo a fin de cumplir con el objetivo mencionado. Excavaciones pequeñas deben ser rellenadas con material del terreno, considerando mantener un nivel uniforme en la totalidad de la superficie. Como se mencionó en la sección “Apertura de empréstitos”, en muchas ocasiones la carga de combustible para la maquinaria pesada se realiza en ese lugar, habilitando una zona especial que asegure la no contaminación del suelo en caso de derrames. De haber ocurrido un derrame, se debe retirar y disponer el material contaminado a través de una empresa con autorización sanitaria. Si el empréstito fue explotado en un cauce natural, se debe asegurar que el escurrimiento de las aguas quede en condiciones iguales o mejores que las que se presentaban antes de la intervención. De la misma forma, se debe asegurar que la zona quede en adecuadas condiciones de drenaje.

Cierre de plantas de producción de materiales

Una vez finalizada la ejecución de los trabajos y el requerimiento de la planta de producción de materiales, se deben limpiar los lugares que fueron parte del desarrollo de las actividades, incluyendo el retiro de basura domiciliaria, residuos peligrosos, letreros, baños, demarcaciones, etc. Las condiciones del lugar deberán ser restituidas de manera de dejar en condiciones similares o mejores que a la original. En caso de que la zona utilizada hubiese correspondido a suelo agrícola, se deben tomar las medidas necesarias para recuperar la capacidad que el suelo presentaba. Finalmente, se debe generar una limpieza dentro de todo el lugar, asegurando el retiro de cualquier elemento que fuese parte del desarrollo de las actividades, es decir, basura domiciliaria, letreros, baños, demarcación de lugares, etc.

Acopios

Los lugares habilitados como acopio temporal de materiales se deben dejar completamente libres de cualquier elemento asociado a la obra. Se deben retirar las señales, cierres perimetrales, y cualquier vestigio procedente de la obra.

Demoliciones y remociones

Para los casos en los que la obra se asocie a un reemplazo de puente, se hace necesaria la demolición de la estructura existente. Los trabajos de demolición deben procurar que la sección hidráulica del cauce quede libre de cualquier estructura hasta los 0,90 m bajo el fondo del lecho, de manera de permitir el libre flujo de las aguas y evitar obstrucciones cuando se ejecute una nueva obra de reemplazo.

El proceso comienza con el retiro de los elementos superpuestos en la superficie como letreros, señales de todo tipo, pasamanos, vallas metálicas. Luego se procede a realizar la demolición de elementos de hormigón superficiales. Paralelamente, se realizan los movimientos de tierras necesarios para generar los accesos y permitir el ingreso de equipos y maquinarias al cauce para el retiro de los productos de la demolición. Posteriormente se procede a la demolición de la losa de la superestructura del puente por medios mecánicos, principalmente excavadoras y camiones. Una vez retirado todo resto de material del proceso anterior, se continúa con la demolición de los estribos a cada extremo el puente con la finalidad de dar cabida a las nuevas estructuras en caso de ser requerido, así como también la demolición y remoción de cepas, dados de fundación y pilotes. Lo anterior es retirado como se mencionó al inicio, hasta los 0.90 m bajo el fondo del lecho. La demolición de los puentes existentes en tiempos razonables requerirá de un periodo de 2 a 3 meses (MOP, 2023).

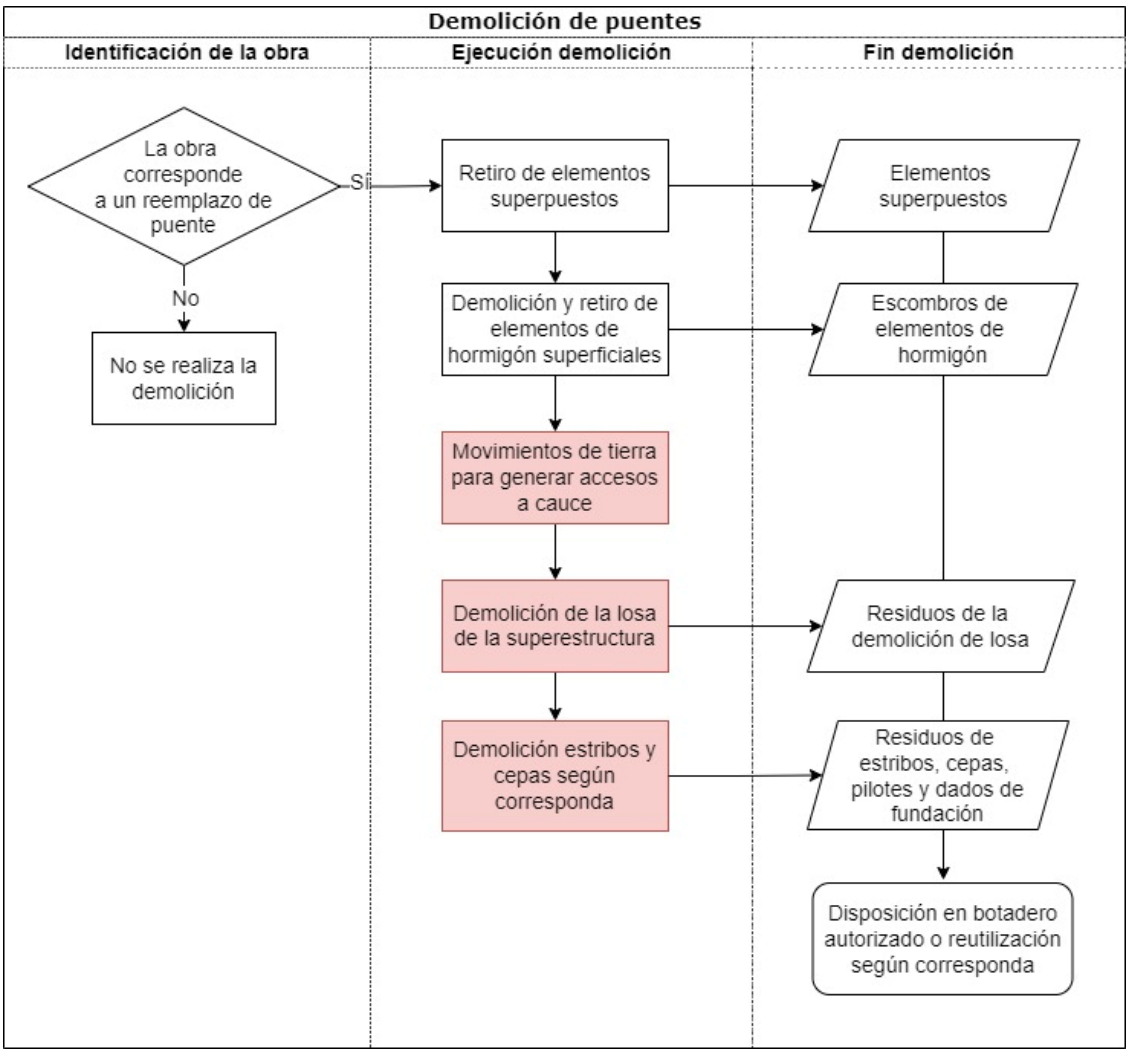


Figura A8. 4. *Diagrama de flujo para procedimiento: demolición de puentes. Fuente: Elaboración propia.*

Abandono de botaderos

Al realizar el cierre del botadero, se debe asegurar que el entorno del lugar haya quedado ordenado, siguiendo las siguientes indicaciones del MC Vol. °9:

- Las pendientes del lugar deben quedar en armonía con el sector aledaño, no pudiendo superar de todas formas una inclinación del 35% en taludes.
- Cuando sea dispuesto material de escarpe en el botadero, este deberá presentar espesor de 20 a 30 cm en el lugar a fin de facilitar el crecimiento de la vegetación que pusiese crecer en la zona. En caso de no poder presentar este espesor, se deberá complementar con terreno de cualquier naturaleza (TCN).
- En caso de presentarse hundimientos del terreno, se deben tomar las medidas necesarias a fin de revertir esta situación y dejar el paisaje lo más armónico posible.
- Para botaderos que sigan operando una vez finalizados los trabajos, no se solicitan medidas ambientales antes descritas, sin embargo, se solicitará que el dueño del terreno haya regularizado el terreno para realizar actividades de botadero.

- Finalmente, se debe presentar una carta de cierre notarial, en la cual el propietario del terreno acepta las condiciones finales en las que se dio cierre a la actividad dentro de la ejecución de la obra.

Reforestación de bosques

Una vez presentado y aprobado el Plan de Manejo por Conaf y la inspección fiscal, se procede a la parte de este que considera la reforestación a través de la plantación de especies nativas. Esta actividad incluye la habilitación del terreno, la preparación del suelo, controles de malezas, transporte de las plantas, plantación, fertilización, medidas de protección de la reforestación y finalmente la mantención. Para priorizar el correcto crecimiento de las especies reforestadas, esta actividad se realiza una vez finalizados todos los trabajos en y aledaños al sector dónde se reforestará.

Etapa de ejecución: obras de conservación

Procedimientos de trabajo para obras de conservación viales

Tabla A8. 2. *Listado de obras de conservación vial descritas. Fuente: Elaboración propia.*

Categoría	Tipo de obra	Subtipo de obra	Obra
Obra vial (DV)	Control de la nieve	Limpieza	Despeje de nieve.
	Mantenimiento vial	Limpieza	Limpieza de fosos, contrafosos y canales
		Limpieza	Limpieza de faja.
		Reconstrucción	Reconstrucción de la plataforma.
		Reconstrucción	Reconstrucción y conservación de descarga de agua.
		Reposición	Reemplazo de soleras.
		Reposición	Reposición de carpeta de concreto asfáltico.
		Reposición	Reposición de losas de hormigón.
		Reposición	Reposición de tablero de madera sobre vigas metálicas.
		Conservación	Conservación de alcantarillas.
		Conservación	Caminos de grava y suelos naturales.
		Conservación	Recebo de carpetas y bermas granulares.
		Conservación	Reparación de calzada con material integral.
		Conservación	Conservación y reparación de balsas de madera.
		Conservación	Conservación y reparación de puentes de hormigón y/o estructuras metálicas.
		Conservación	Conservación de islas, pasarelas y casetas de espera.
		Conservación	Conservación de lechos y obras fluviales
		Bacheo	Bacheo superficial.
		Bacheo	Bacheo superficial en frío en pavimentos de hormigón.
		Bacheo	Bacheo de carpetas granulares.
		Sellos	Sellos bituminosos.
		Montaje	Montaje de puentes modulares de emergencia.

Despeje de nieve

Tipo	:	Control de la nieve
Subtipo	:	Limpieza

Descripción: Esta operación implica despejar la nieve de la superficie del camino utilizando medios mecánicos para garantizar un viaje seguro y sin obstáculos para todos los usuarios de la vía.

Procedimientos de trabajo: La operación de retirada de nieve debe iniciarse cuando la acumulación de esta supere los 200 mm en altura. Es fundamental garantizar que los procedimientos y equipos utilizados para la remoción de nieve no causen daños a las superficies pavimentadas, especialmente al asfalto, ni a cualquier otro elemento de la vía. El contratista es responsable de cualquier daño a la vía o a terceros causado por el uso de equipos inadecuados.

La remoción de nieve debe cubrir toda la plataforma del camino, incluidos calzadas y bermas. Cuando el camino pasa por zonas rurales, y si hay suficiente espacio, se debe acumular nieve a los lados del camino. En este caso, el equipo quitanieves debe moverse a una velocidad segura. Sin embargo, es fundamental garantizar que no se acumule nieve en accesos públicos y privados, cruces, intersecciones y otras zonas similares. En zonas urbanas o donde no haya espacio a los lados, la nieve retirada deberá transportarse a lugares de acopio autorizados.

El proceso de eliminación debe dejar la superficie del pavimento expuesta. Cuando se requiera el uso de productos anticongelantes para evitar la adhesión del hielo al pavimento, no deben quedar residuos de hielo. Sin embargo, si no se utilizan productos anticongelantes, es posible que aún se adhieran pequeñas manchas de hielo a la superficie del pavimento.

Necesidad de conservación: Despeje de camino para garantizar el flujo de tránsito y evitar accidentes.

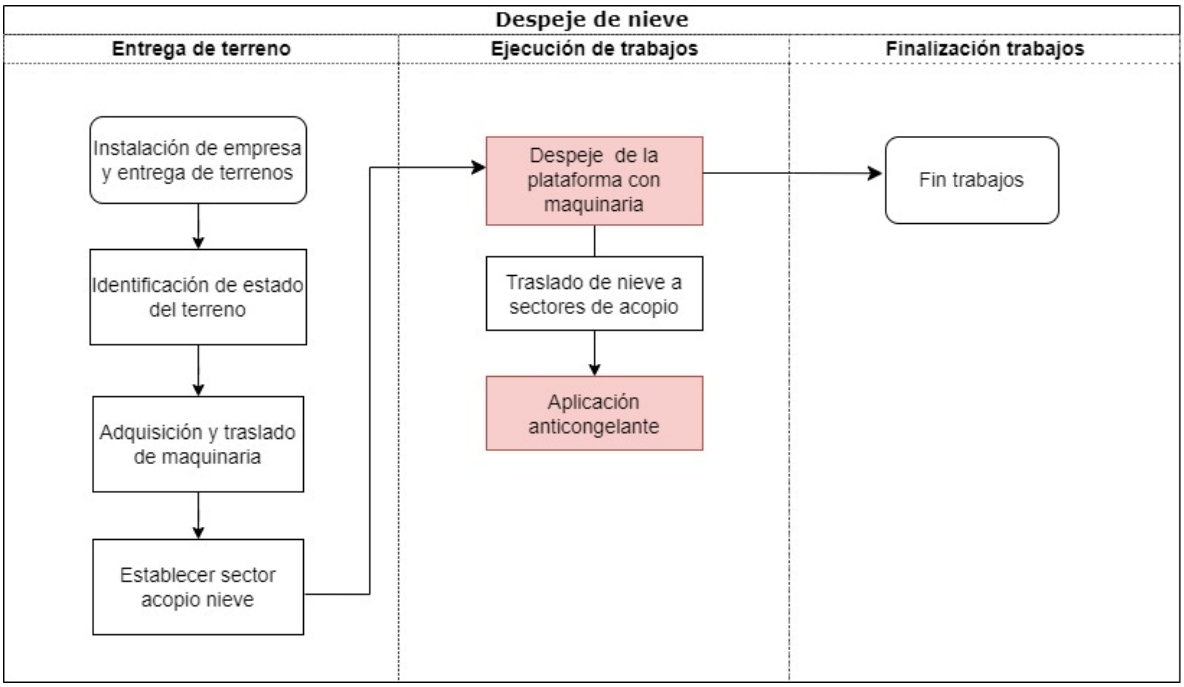


Figura A8. 5. *Diagrama de flujo para obra de conservación: despeje de nieve. Fuente: Elaboración propia.*

Limpieza de fosos, contrafosos y canales

Tipo	:	Mantenimiento vial
Subtipo	:	Limpieza

Descripción: Se remueven de todos los materiales depositados dentro de la sección de escurrimiento de aguas superficiales y hasta 0.50 m fuera del borde superior de fosos, contrafosos, canales de acceso y salida de las alcantarillas, canales de descarga de cunetas y otros canales ubicados en el área de la faja vial que formen parte del sistema de drenaje de la infraestructura vial. La obra incluye elementos de drenaje tanto revestidos como no revestidos. No se consideran canales de riego y desagüe de predios ubicados en la faja vial.

Procedimientos de trabajo: Se deben retirar todos los materiales que se encuentren en las áreas definidas que interfieran con el flujo normal de agua o impidan que el trabajo alcance plenamente su propósito. En este sentido, la zona trabajada debe dejarse en la forma más homogénea y similar a la original. Los taludes de elementos no revestidos deberán tener una inclinación mínima de 1:3 (H:V), a menos que la geometría original indique una inclinación diferente; en ese caso, este último debería mantenerse.

Los equipos y métodos para retirar materiales de los elementos de drenaje deben ser adecuados para evitar modificaciones en la sección de flujo durante la limpieza. La remoción se puede realizar manualmente con la mano de obra y herramientas necesarias, o con maquinaria pesada cuando sea necesario. Los escombros o desechos provenientes de la limpieza de los elementos de drenaje deberán ser transportados a sitios o áreas de disposición autorizados.

Necesidad de conservación: Los principales problemas que afectan estas obras corresponden a disminuciones de la sección de escurrimiento, provocadas principalmente por:

- Acumulación de sedimentos y basura.
- Deslizamientos y/o erosiones en taludes y fondo.
- Agrietamiento del revestimiento y fallas de las conexiones con las obras de descarga.

En la reparación de estos conductos es importante considerar que, generalmente, la sección de flujo original corresponde a una necesidad hidráulica, por lo que es recomendable reconformarlos con una sección al menos igual a la que tenían. En la mayoría de los casos, el nuevo tramo será de mayor tamaño que el original, debiendo adaptarse, lo mejor posible, a las condiciones predominantes en el terreno.

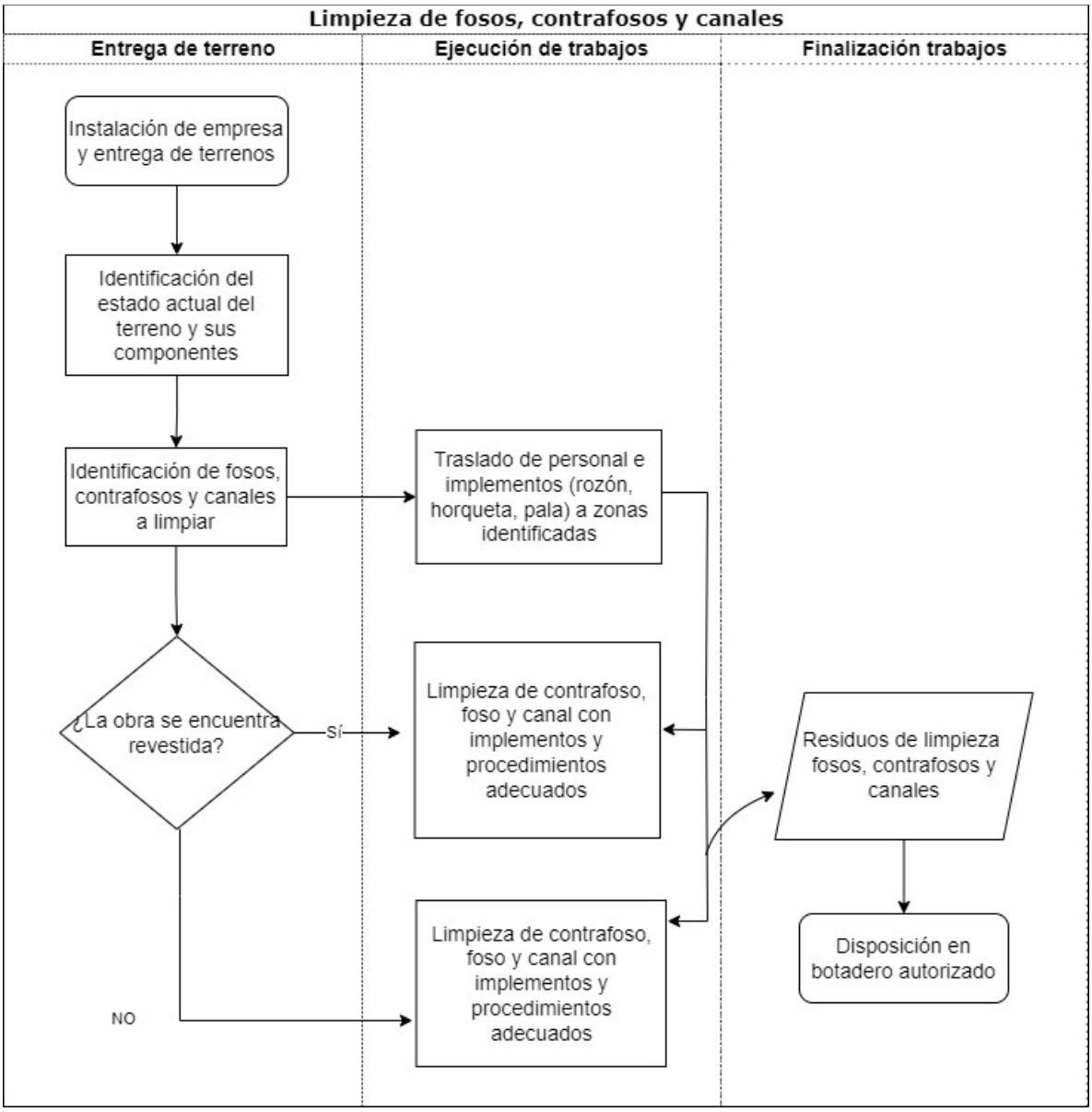


Figura A8. 6. *Diagrama de flujo para obra de conservación: limpieza de fosos, contrafosos y canales. Fuente: Elaboración propia*

Limpieza de faja

Tipo	:	Mantenimiento vial
Subtipo	:	Limpieza

Descripción: El objetivo es ayudar a despejar la faja vial e implica tareas de gestión de la vegetación, como el control selectivo de la vegetación existente, la retirada de ramas elevadas, la tala de árboles y arbustos y la eliminación de todos los restos vegetales resultantes del despeje. Se cubren además todas las actividades relacionadas con la recolección, carga, transporte y disposición de residuos y basuras vegetales en vertederos autorizados, asegurando el cumplimiento de las normas sanitarias y ambientales vigentes.

Por otro lado, se deben considerar áreas y especies protegidas presente en el área de trabajo, por lo que no se deben realizar despejes, talas de árboles o remociones no selectivas de toda la vegetación del área. En este sentido, se debe realizar un estudio para identificar áreas o especies específicas que requieren regulación o eliminación. Para despeje fuera de la faja vial del camino, los contratistas deberán presentar un plan de manejo de forestal a la Corporación Nacional Forestal (CONAF) de ser necesario, cumpliendo con la normativa vigente.

La vegetación existente en taludes de cortes y terraplenes es esencial para evitar deslizamientos y desprendimientos. Para ello se debe generar el corte una altura adecuada para que no obstruya la visibilidad del camino, evitando en lo posible la tala de árboles.

En islas de seguridad o zonas de o encauzamiento del tránsito que giren o se incorporen a la vía, la vegetación no deberá exceder una altura de 0,20 metros. Se deben eliminar por completo los arbustos que crecen dentro de los elementos de drenaje, como fosos, contrafosos y otros. Se deben talar árboles o arbustos con un diámetro de tronco de 150 mm o más, ya que pueden aumentar la gravedad de posibles accidentes. Asimismo, se deberán talar especies con riesgo inminente de caída a la calzada o elementos de la vía.

Procedimiento de trabajo: Se realiza corte selectivo de la vegetación existente dentro de la faja vial que presente una interferencia en la seguridad y/u operación del camino. La operación puede ser llevada a cabo través de las siguientes opciones, según sea necesario: poda mecanizada de la calzada, aplicación de herbicidas para la poda de la calzada, poda manual de la calzada y tala de árboles y arbustos.

Necesidad de conservación: Si bien la vegetación puede ser beneficiosa de muchas maneras, es esencial considerar la seguridad vial y el saneamiento a fin de evitar el crecimiento desproporcionado. Lo anterior dado que el crecimiento descontrolado de la vegetación puede obstruir la visibilidad de las señales viales, reduciendo la seguridad de los usuarios. De manera similar, los árboles cercanos a la via pueden bloquear las señales de tráfico o representar un peligro potencial de caída en la ruta. Por lo tanto, el mantenimiento de limpieza de faja, incluidos los residuos y vegetación identificada, es una tarea de conservación que se lleva a cabo de manera periódica

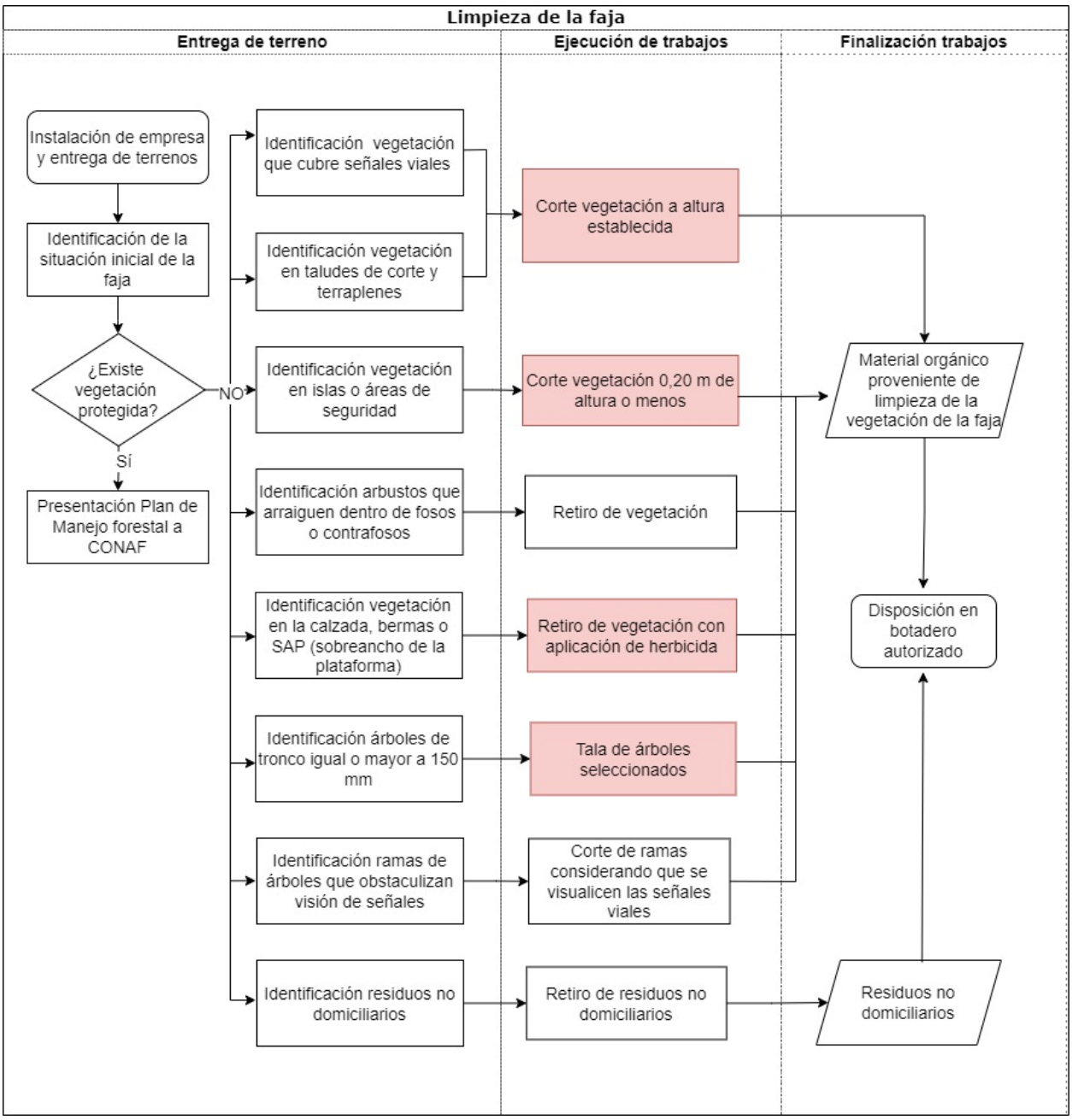


Figura A8. 7. *Diagrama de flujo para obra de conservación: limpieza de faja. Fuente: Elaboración propia.*

Reconstrucción de la plataforma

Tipo	:	Mantenimiento vial
Subtipo	:	Reconformación

Descripción: Se refiere obras destinadas a ejecutarse en la plataforma de subrasante del camino (capa de suelo natural perfilada luego de la excavación) en sectores que presenten socavaciones o erosiones y que se encuentren destruidas o que presenten fallas. Dichos trabajos son realizados de manera preliminar hasta que se realicen obras de carácter definitivo.
Se incluyen también en esta operación los rellenos necesarios en otros tramos dentro de la faja vial por causa de excavaciones, erosiones o deformaciones, según se especifique en el respectivo contrato. De la misma manera, se incluye la reconformación del terraplén de la vía cuando no forma parte de la plataforma de subrasante. Previo a realizar los trabajos de reconformación, en caso de fallas por escurrimientos incontrolados, es necesario asegurarse de que no se repita la causa de la falla. Si no se puede identificar la causa de la falla, es recomendable realizar un estudio para determinar las causas del problema antes de proceder a la remodelación.

Procedimientos de trabajo: Para la ejecución de los trabajos se utilizan suelos inorgánicos, que se encuentren libres de materia vegetal, escombros o residuos. De ser necesario, los materiales de relleno para erosiones pueden incluir grava de cauce, entera o maicillo. El material de relleno del terraplén deberá cumplir con las especificaciones técnicas específicas del proyecto. El proceso en general parte primero por delimitar el área de relleno, verificando la estabilidad de la zona de trabajo. En caso de que la zona no se encuentre del todo estable, se debe excavar a fin de estabilizar. Posteriormente se compacta el área de fundación con rodillo, retirando previamente aquellos materiales que eventualmente puedan generar problemas en este proceso.

La aplicación del relleno se realiza en capas paralelas a la rasante de la vía, con espesor uniforme, cubriendo todo el ancho del perfil transversal a rellenar, y una extensión adecuada en función de los métodos utilizados para esparcir y compactar. Para terraplenes los rellenos se colocan en capas sueltas con un espesor máximo de 30 cm, aplicando compactación con rodillo según las características del suelo. Las partículas más grandes deben eliminarse estrictamente del material de relleno. Por último, los materiales extraídos de la zona deberán ser transportados a sitios de disposición final autorizados.

La aplicación del relleno se realiza en capas paralelas a la rasante de la vía, con espesor uniforme, cubriendo todo el ancho del perfil transversal a rellenar, y una extensión adecuada en función de los métodos utilizados para esparcir y compactar. Para terraplenes los rellenos se colocan en capas sueltas con un espesor máximo de 30 cm, aplicando compactación con rodillo según las características del suelo. La eliminación del sobre tamaño (material que no cumple con en tamaño de especificaciones) deberá ejecutarse estrictamente en el empréstito. Por último, los materiales que sean extraídos de la zona deberán ser transportados a sitios de disposición final autorizados.

Necesidad de conservación: Devolver mantener y/o devolver la conectividad del camino, afectado por socavaciones o erosiones, evitando así un mayor deterioro. Mantener la seguridad vial hacia los usuarios del camino.

A fin de esquematizar los componentes de la plataforma, se presenta en la **Figura A8. 8** una de las láminas del Manual de Carreteras.

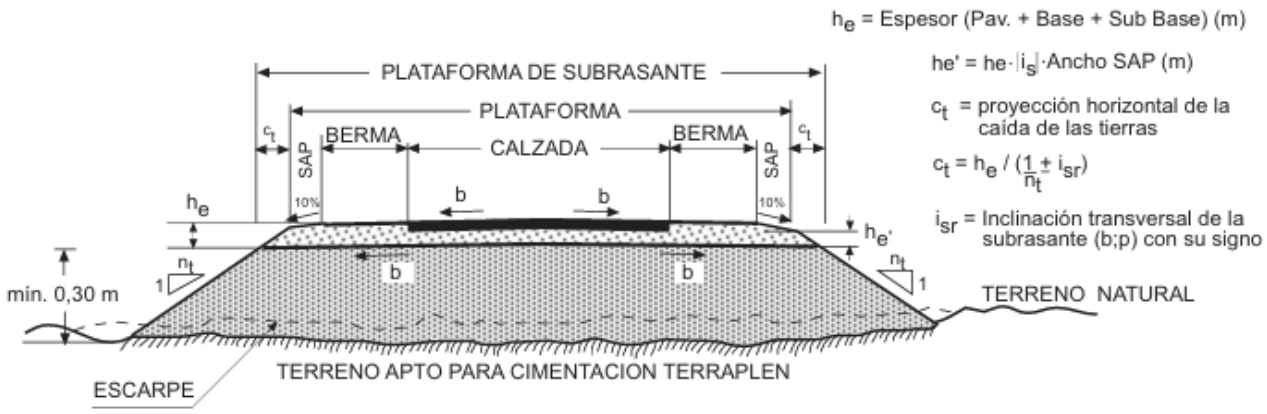


Figura A8. 8. *Componentes de la plataforma. Fuente: Manual de Carreteras, Vol N°3, Instrucciones y criterios de diseño (2022).*

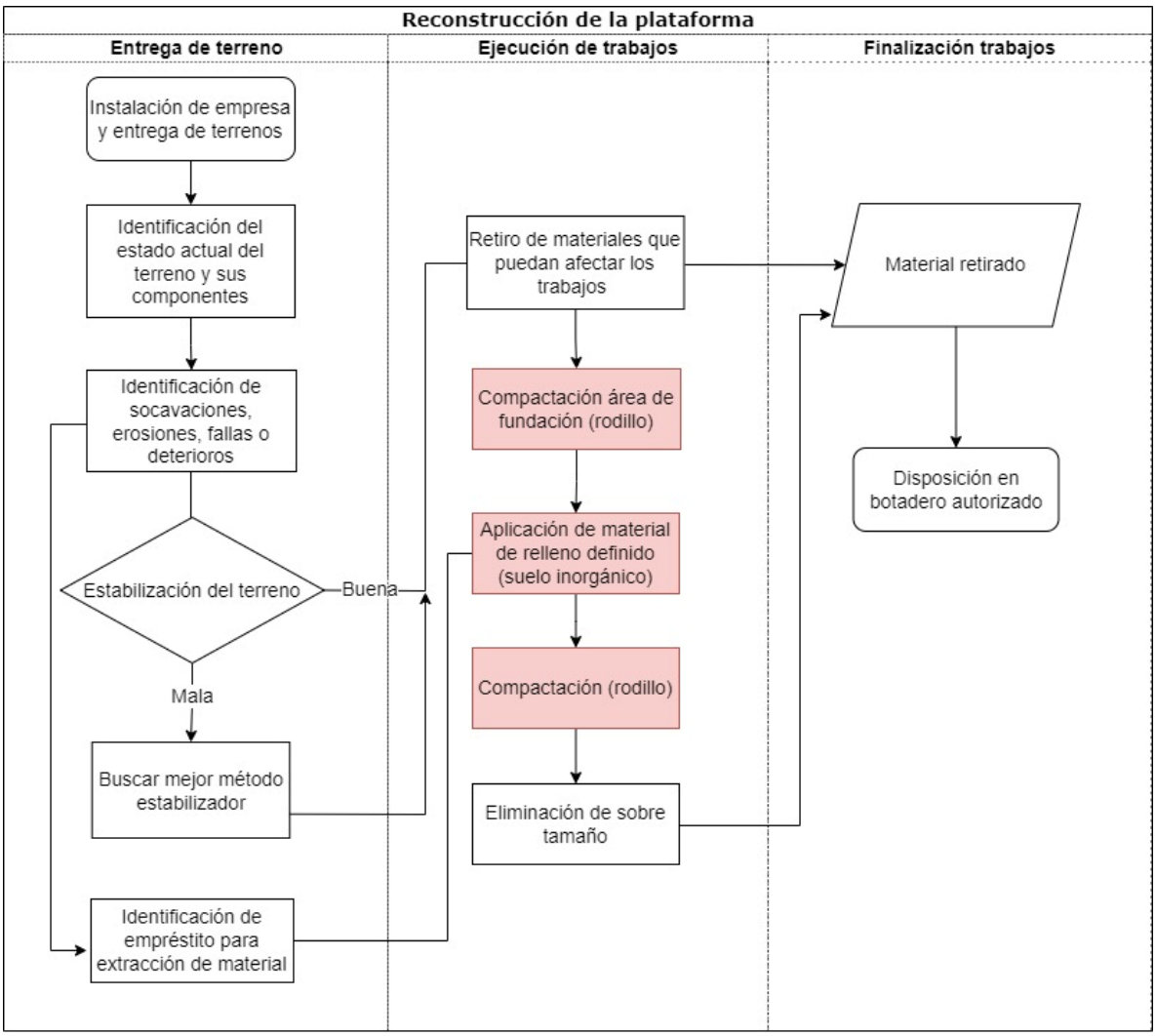


Figura A8. 9. *Diagrama de flujo para obra de conservación: reconstrucción de la plataforma. Fuente: Elaboración propia.*

Reconstrucción y conservación de descarga de agua

Tipo	:	Mantenimiento vial
Subtipo	:	Reacondicionamiento

Descripción: Esta operación consiste en ejecutar los trabajos necesarios para la reconstrucción de las obras de descarga de las aguas que escurren por la plataforma del camino. Abarca la reparación de embudos de hormigón para la captación de agua, bajadas de aguas y las respectivas uniones. La operación también incluye la sustitución parcial de tramos irreparables, así como la instalación de anclajes faltantes.

Procedimientos de trabajo:

- **Reacondicionamiento de embudo para captación de aguas:** Incluye la reparación de las zonas de hormigón dañadas. Para ello se hace necesaria la demolición de la zona afectada, y el remplazo de esta. De ser este último el caso, los trabajos requerirán excavaciones correspondientes para la posterior instalación de elementos de hormigón prefabricados y tubos corrugados especificados

- **Reacondicionamiento de bajada de aguas:** Se refiere a los trabajos de reparación de daños en las bajadas de agua, incluyendo la reposición de algunas de las secciones del tubo de metal corrugado, polietileno de alta densidad u otros. Si fuera necesaria una sustitución o reconstrucción, los trabajos implicarán excavaciones para la posterior instalación de elementos prefabricados de hormigón y tubos corrugados específicos.

- **Reacondicionamiento de zona de evacuación de la descarga de aguas:** Esta operación incluye las tareas de reparación de daños en la zona de llegada del tubo de descarga de agua, independientemente de sus materiales y dimensiones. Si fuera necesario un reemplazo o una reconstrucción, se necesitarán excavaciones para instalar componentes correspondientes prefabricados de hormigón y tubos corrugados específicos.

Necesidad de conservación: Reacondicionar las obras de descarga de las aguas que escurren por la plataforma del camino a fin de no generar problemas en la vía.

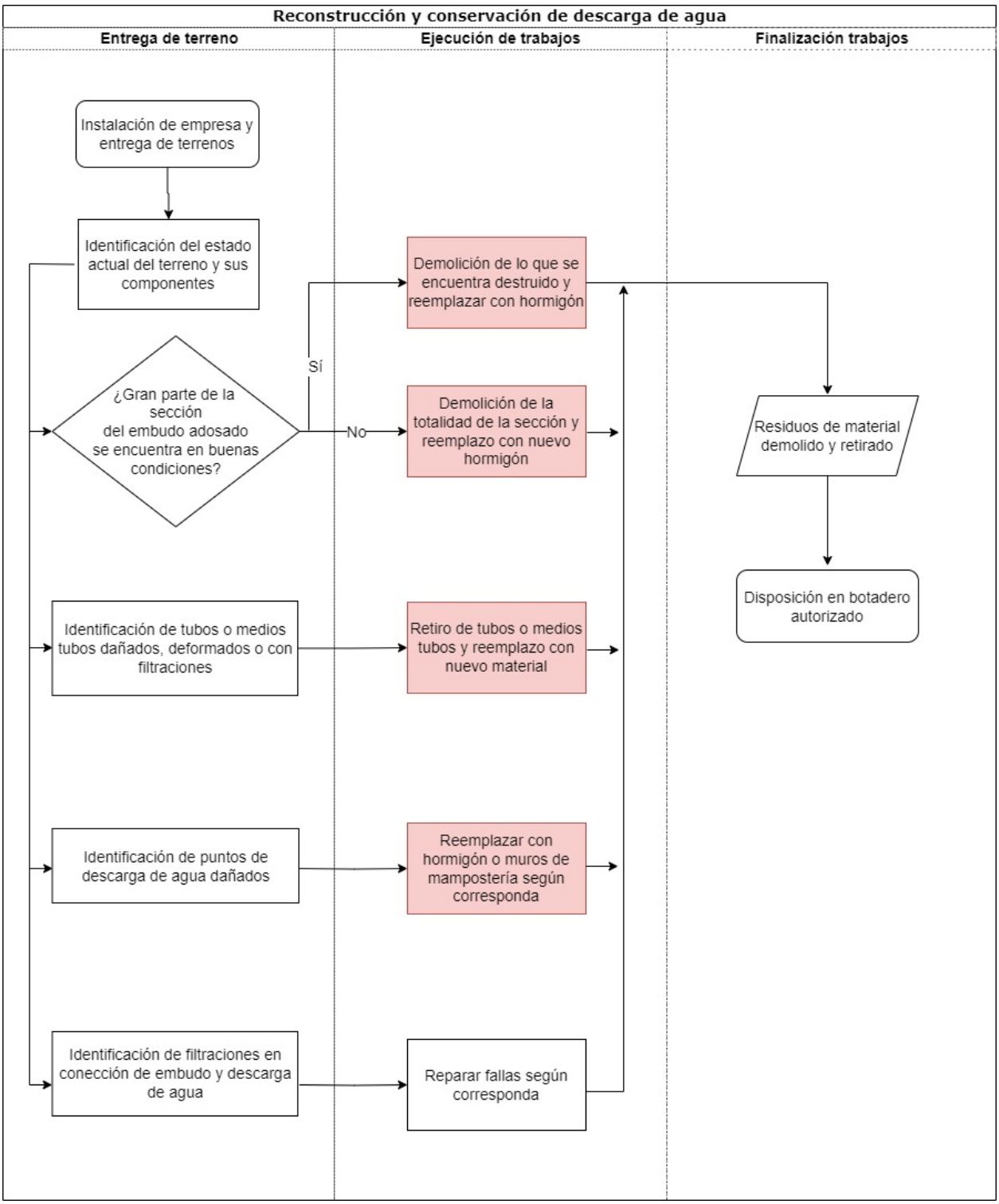


Figura A8. 10. *Diagrama de flujo para obra de conservación: reacondicionamiento de descarga de aguas. Fuente: Elaboración propia.*

Reemplazo de soleras

Tipo	:	Mantenimiento vial
Subtipo	:	Reposición

Descripción: Las soleras son elementos que se pueden se instalados en algún punto de la sección transversal de la plataforma para diferentes finalidades. En zonas rurales tienen una función específica relacionada con evitar la caída de agua por los taludes de terraplenes altos. Para ello se utiliza cualquier tipo de solera recomendado en el Manual de Carreteras; en algunos casos esto podrá especificarse según el tipo de proyecto. Estos elementos se colocan en el sobreancho de la plataforma (SAP), firmemente adheridos a la berma y cuidadosamente sellados en la unión con ésta. La obra de conservación “reemplazo de soleras” se refiere específicamente a los trabajos necesarios para retirar las soleras en mal estado y sustituirlas por otras nuevas que reúnan las mismas características que las originales.

Procedimientos de trabajo: Se deben realizar las excavaciones necesarias para dar cabida a las soleras. Luego se realiza la compactación sobre el sello de la fundación donde se ubicará la base de soporte de hormigón. Antes de colocar el hormigón fresco, se debe humedecer el sello de excavación para evitar la pérdida de agua en la mezcla. Posteriormente se ubican las soleras sobre la base de apoyo de hormigón, rellenando las juntas con un mortero y colocándolas lo más cerca posible entre sí. Por último, se coloca relleno de respaldo a partir de la cara exterior de las soleras, dependiendo del material de la solera.

Necesidad de conservación: Las soleras que se encuentran en la vía muchas veces presentan deterioro o destrucción total debido a factores como el clima, el paso del tiempo y el uso diario. Dado que su función es evitar la caída y escurrimiento de agua por taludes desde terraplenes altos, es de suma importancia la reposición de estos elementos una vez hayan completado su vida útil.

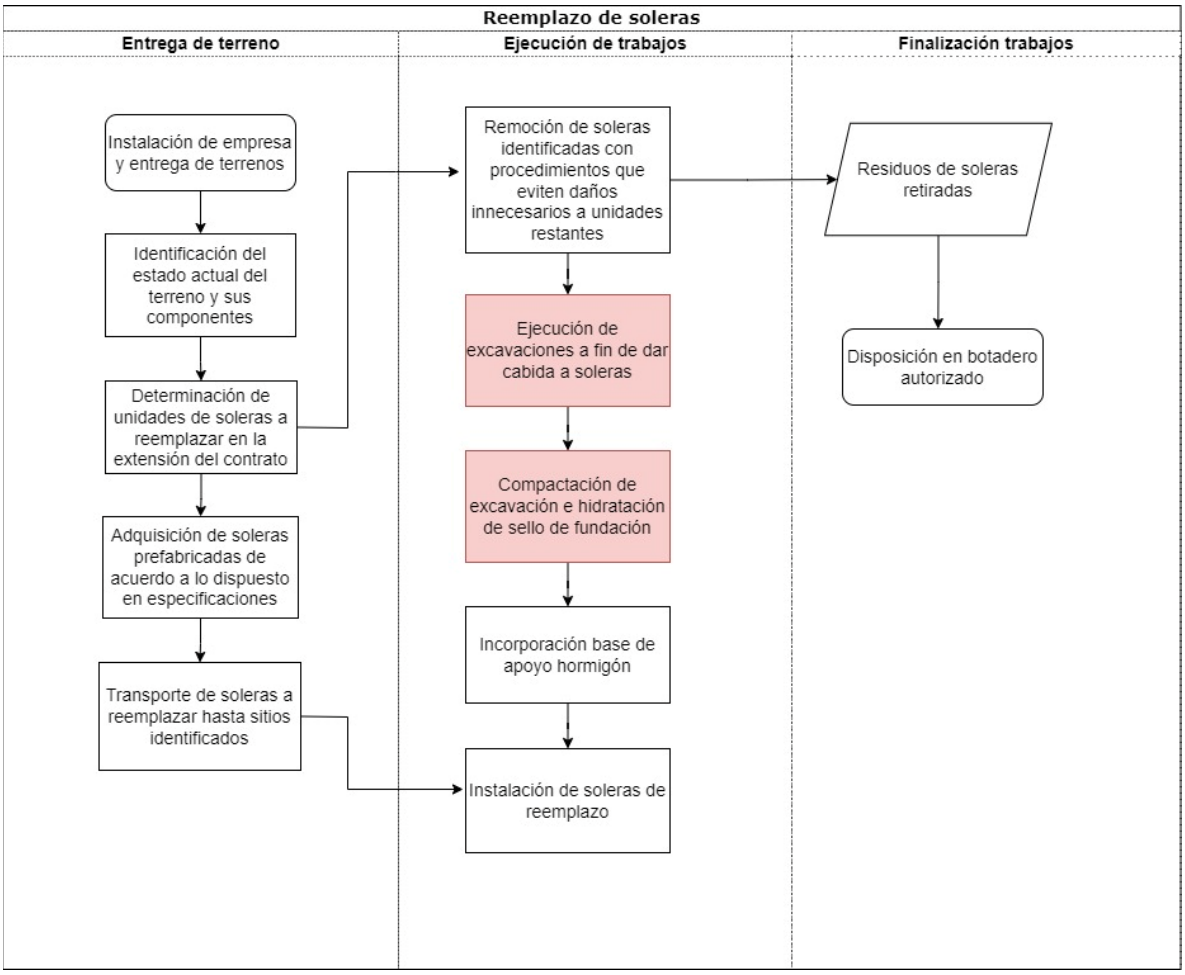


Figura A8. 11. *Diagrama de flujo para obra de conservación: reemplazo de soleras. Fuente: Elaboración propia.*

Reposición carpeta de concreto asfáltico

Tipo	:	Mantenimiento vial
Subtipo	:	Reposición

Descripción: El objetivo es colocar mezcla asfáltica en zonas específicas marcadas en el proyecto. Esto puede implicar reposición del pavimento dañado o reforzar el pavimento existente. Para realizar este trabajo, se deben retirar todos los materiales existentes y llevarlos a un botadero autorizado. Para el concreto asfáltico existente, será necesario excavarlo hasta una cierta profundidad para dejar espacio a la estructura de reposición considerada, de modo que la superficie del concreto asfáltico nuevo quede nivelada con la superficie existente. Para el caso de un refuerzo en el concreto asfáltico, se considera la aplicación de una capa nueva sobre la ya existente, previamente acondicionada (recapado).

Procedimiento de trabajo: Se deben definir los sectores a reponer o recapar, considerando para ello la cantidad de baches y agrietamientos en el pavimento. Posteriormente, se determinan sectores que van a necesitar un fresado de la superficie existente, capa nivelante para pavimentos que se encuentren ahuellados,(marcas en el concreto por tránsito de vehículos) sellado de grietas o bacheo según sea necesario. Se deberán remover los pavimentos asfálticos en aquellos sectores señalados en el proyecto, lo cual se realizará a través de métodos que no involucren el deterioro de otras áreas. El pavimento que será removido será cortado con sierra y el material sobrante será dispuesto en botadero autorizado. Una vez que se termine el proceso de remoción de pavimento, se continuará con la preparación de la superficie, imprimación de la base, riego de liga y preparación de la mezcla asfáltica en caliente, con su respectivo transporte, colocación y compactación.

En cuanto al recapado con asfáltico, se procederá al retiro del pavimento si fuera necesario, seguido de la preparación de la superficie e instalación de geogrilla cuando corresponda, riego de liga y preparación de la mezcla asfáltica en caliente. Después de eso se transportará, colocará y compactará la mezcla

Necesidad de conservación: Las fallas más frecuentes que presentan los pavimentos asfálticos son las grietas (por fatiga, en el bloque, en el borde, longitudinales, transversales), baches, ahuellamientos, deslizamientos de la capa de rodadura, exudación(ascenso del material de asfalto en la mezcla generada), pérdida de áridos, afloramientos de agua, ondulaciones, depresiones, levantamiento, bermas desniveladas y/o separadas. Frente a estas fallas, la conservación de los pavimentos tiene como objetivo devolver al pavimento condiciones similares a las que se presentan en un inicio.

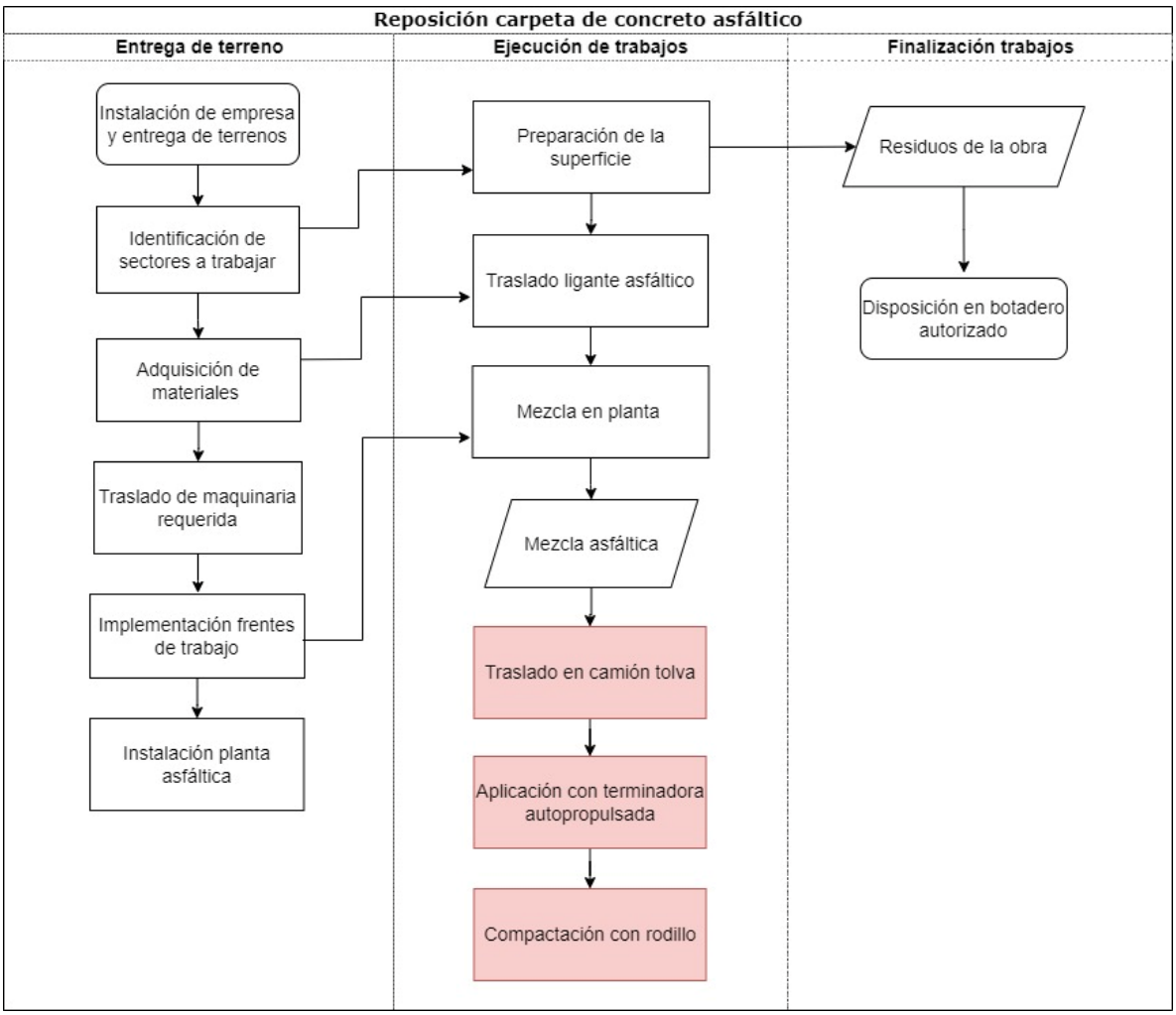


Figura A8. 12. *Diagrama de flujo para obra de conservación: reposición carpeta de concreto asfáltico. Fuente: Elaboración propia.*

Reposición de losas de hormigón

Tipo	:	Mantenimiento vial
Subtipo	:	Reposición

Descripción: Este procedimiento se refiere a la construcción de nuevos pavimentos de hormigón reemplazando las losas deterioradas. La operación implica retirar las losas existentes, sustituir la subbase granular y construir nuevos pavimentos de hormigón con las mismas especificaciones que los pavimentos adyacentes. Si el material de la subbase no es el adecuado, se deberá reemplazar por un material que cumpla con las especificaciones.

Procedimientos de trabajo:

- **Remoción del pavimento existente:** Las tareas de demolición consisten en retirar las losas con cuidado, sin causar daños a las adyacentes, utilizando equipos y herramientas manuales. Sin embargo, si el reemplazo involucra una fila continua de losas, que abarque todas las pistas, el área especificada podrá ser demolida y removida con maquinaria pesada

- **Preparación de sub base:** Es necesario determinar si el deterioro del pavimento de concreto fue causado por humedad excesiva y, de ser así, tomar las medidas adecuadas para abordarlo asegurando un drenaje adecuado hacia el exterior o interceptando las aguas antes que afecten la fundación. Después de resolver el problema de humedad, se debe perfilar y compactar la subbase utilizando el equipo adecuado, asegurándose de que se cumpla todo lo especificado.

- **Preparación del pavimento adyacente:** Después de retirar el material de las losas a reponer, es importante limpiar cuidadosamente las caras de las losas antiguas, asegurándose de que no queden partículas sueltas en la zona. Dependiendo de las especificaciones técnicas específicas del proyecto, se podrán utilizar barras de transferencia de carga para conectar las losas de hormigón nuevas y antiguas.

- **Confección de losas de hormigón:** Los materiales a utilizar consisten en cemento hidráulico, áridos (fino, grueso y filler) y agua más los aditivos que se consideren necesarios. El mezclado del hormigón se realiza en planta, betonera con dosificación en peso o en camión mezclador. Se debe contar con moldes apropiados para los trabajos a efectuar.

Necesidad de conservación: Reparación del camino en aquellas zonas dónde el pavimento se observe deteriorado. Se mejora con ello la conectividad, las condiciones del camino y la seguridad del usuario al transitar.

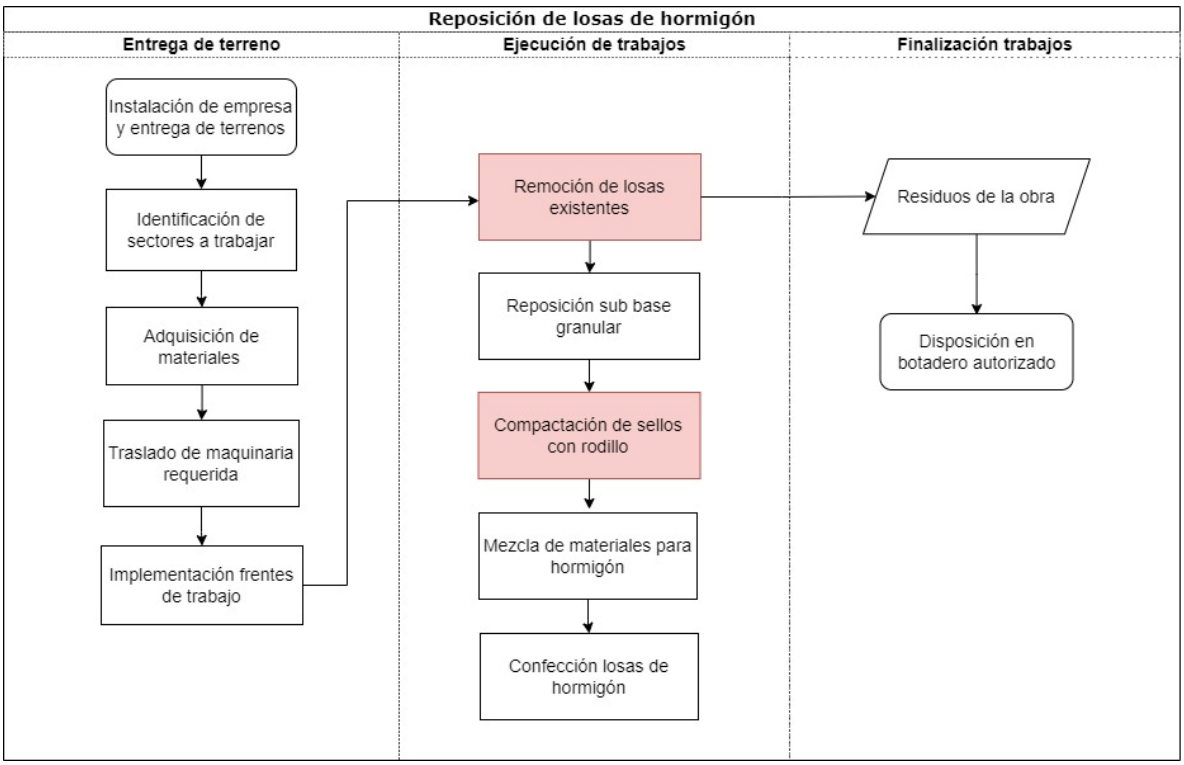


Figura A8. 13. *Diagrama de flujo para obra de conservación: reposición de losas de hormigón. Fuente: Elaboración propia.*

Reposición de tablero de madera sobre vigas metálicas

Tipo	:	Mantenimiento vial
Subtipo	:	Conservación

Descripción: Esta obra hace referencia a los trabajos enfocados en el reemplazo de diferentes piezas de madera que se encuentran en estructuras de vigas metálicas asociadas a puentes, incluyendo la reposición parcial o total de las barandas, tableros, tablones de rodadura, aceras, pasillos, etc. También se considera en esta operación el reclavado y/o reapernado de los elementos que conforman la estructura cuando sea necesario.

Procedimientos de trabajo: La madera por utilizar debe ser cortada previamente y almacenada hasta su uso a una altura del suelo no inferior a 0,40 m. Los tableros con piso simple consisten en un único estrato de tablones apoyados sobre vigas, los cuales deben disponerse con el corazón hacia abajo cuando la madera está seca. Los tableros con piso doble consisten en dos capas de tablones apoyados sobre las vigas, pudiendo la capa superior disponerse en forma diagonal o paralela a la calzada según sea especificado en el proyecto. En los extremos del puente las piezas mencionadas deberán biselarse. Una vez retirados los materiales extraídos o sobrantes, deberán trasladarse a botaderos autorizados, dejando el área de trabajo limpia en su totalidad.

Necesidad de conservación: Reponer aquellas piezas fundamentales en un puente, las que han sido desgastadas producto del paso del tiempo, clima y uso. La mantención de esta estructura es clave para la seguridad de usuarios y la conectividad de localidades y poblaciones.

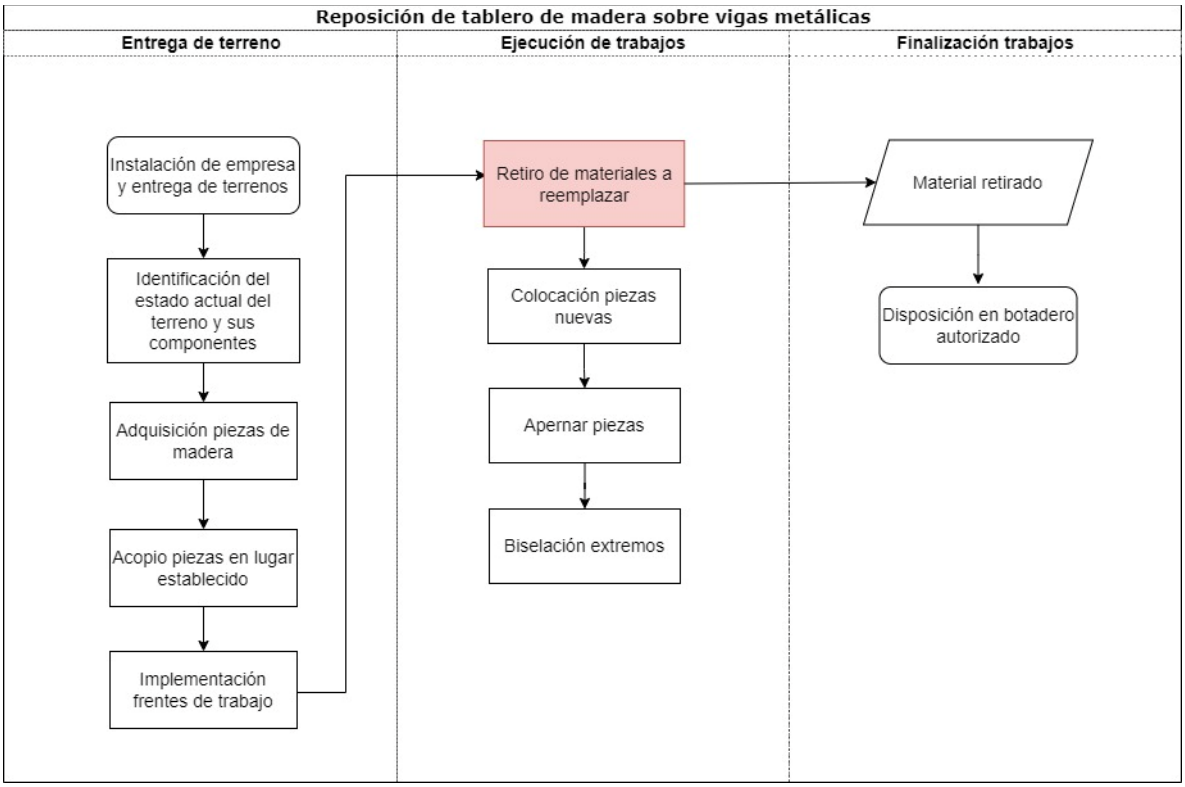


Figura A8. 14. *Diagrama de flujo para obra de conservación: reposición de tablero sobre vigas metálicas. Fuente: Elaboración propia.*

Conservación de alcantarillas

Tipo	:	Mantenimiento vial
Subtipo	:	Conservación

Descripción: Este proceso implica limpiar alcantarillas retirando, quitando y transportando materiales acumulados en esta y transportando posteriormente este material a un botadero autorizado. Incluye la limpieza de las cámaras de entrada y salida, asegurando que la sección de flujo de agua original permanezca sin obstrucciones. Si las alcantarillas se ven afectadas por daños, los componentes dañados se reparan o reacondicionan y, en última instancia, se reemplazan si es necesario.

Procedimientos de trabajo:

- **Limpieza de alcantarillas:** A lo largo de toda la longitud de las alcantarillas, sifones y otras estructuras de drenaje, se deberán retirar cuidadosamente todos los materiales acumulados en el interior. Se deben implementar medidas de seguridad para prevenir riesgos para los trabajadores, la estabilidad de la infraestructura y normal operación de las alcantarillas Para estructuras con mampostería en los puntos de entrada y/o salida, se limpiará la sección completa, y cuando no exista mampostería, se limpiará un área de 3 por 5 veces el ancho nominal del ducto aguas arriba y aguas abajo de la estructura. Finalmente, los materiales de desecho deberán disponerse en botaderos autorizados.

- **Reacondicionamiento de alcantarillas de tubo:** Consiste en la reparación de alcantarillas y/o sifones de tubos de metal corrugado, polietileno de alta densidad estructurados u hormigón, de dimensiones que permitan el acceso del personal, y que presenten daños que afecten los ductos, con el fin de proveer un sello impermeable. Esta operación considera la reposición parcial de ductos de alcantarillas que no pueden ser reparados. Cabe mencionar que la maquinaria utilizada para este fin consistirá en excavadoras a fin de preparar el terreno que dé cabida al elemento.

- **Reposición de alcantarillas, sifones de tubo:** Se considera la reposición de aquellas alcantarillas y sifones con tubos de metal corrugado, polietileno de alta densidad estructurados u hormigón, considerando también en la ejecución el retiro del material a reemplazar y su disposición final en botadero autorizado. La maquinaria utilizada para este fin consistirá en excavadoras a fin de preparar el terreno que dé cabida al elemento.

Necesidad de conservación: Los problemas se refieren principalmente a la acumulación de sedimentos y basura en los conductos, junto con la frecuente erosión de las fundaciones de los muros de boca. La limpieza de alcantarillas es una de las tareas que requieren programación con una frecuencia adecuada determinada por las condiciones locales, centrándose en el patrón de precipitación típico del área, el nivel promedio de sedimentación en los en los tramos de caminos por mantener y cualquier otro factor que pudiera incidir en la acumulación de materiales.

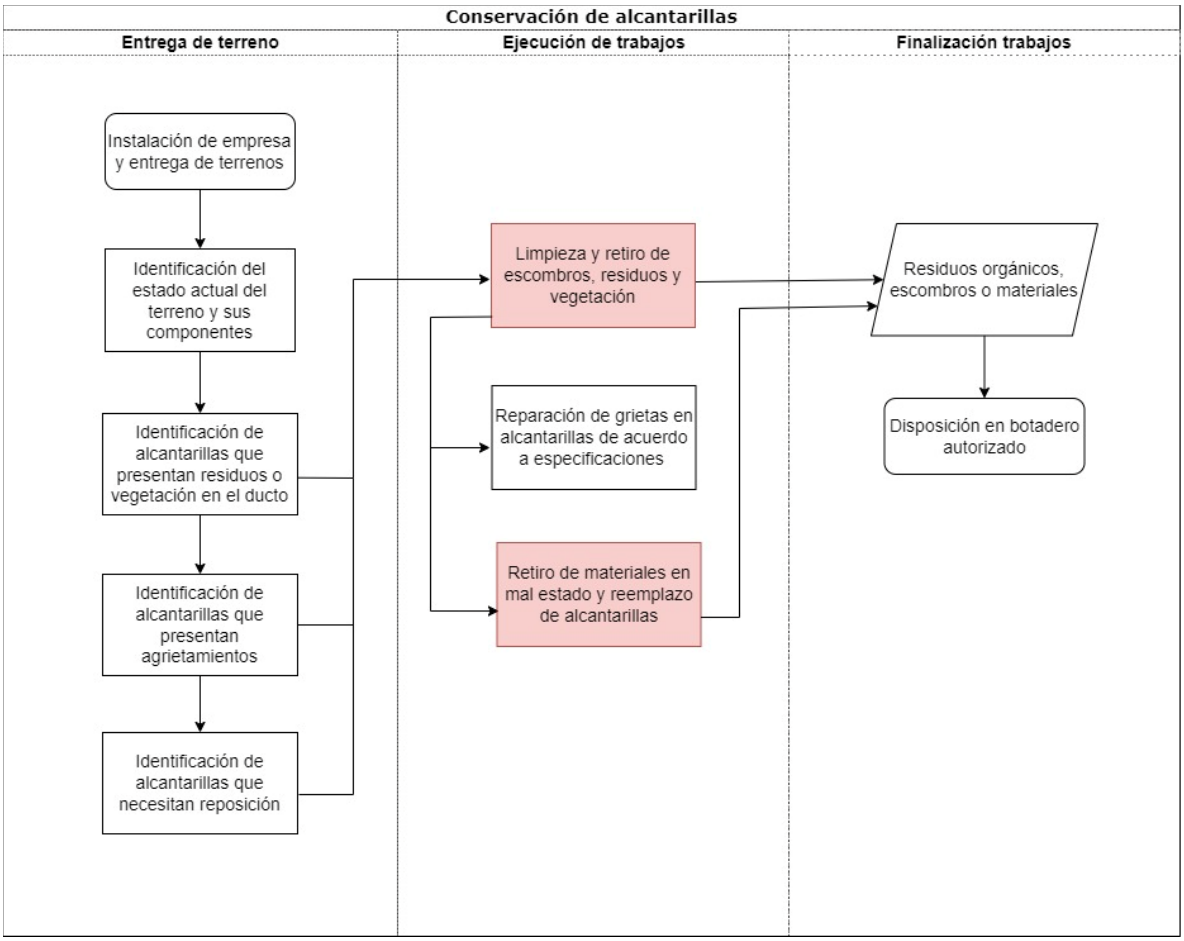


Figura A8. 15. *Diagrama de flujo para obra de conservación: conservación de alcantarillas. Fuente: Elaboración propia.*

Caminos de grava y suelos naturales

Tipo	:	Mantenimiento vial
Subtipo	:	Conservación

Descripción: En relación con los caminos de grava y suelos naturales, se involucran diversas tareas, siendo una de ellas el reperfilado de la calzada. Se trata de restaurar la plataforma de los caminos existentes de grava o tierra, dejándolos lo más similar a su diseño original. Ocasionalmente, cuando así lo especifique el proyecto o lo solicite el inspector fiscal, se podrán añadir materiales plásticos para mejorar la cohesión de la capa de rodadura granular. En cuanto a la estabilización del suelo, corresponde principalmente a sales, aplicando una mezcla de salmuera y/o sal a granel en la capa de rodadura granular. Con lo anterior se espera impedir la liberación de polvo y otorgar una mayor estabilidad y durabilidad a la capa

Procedimientos de trabajo: Comprende la reconformación de la plataforma del camino, teniendo en cuenta para ello la restitución de bombeos (inclinación generada en el camino para permitir el escurrimiento del agua) y peraltes, reacondicionamientos de las cunetas, eliminación de ahuellamientos, limpieza de acumulación de materiales, eliminación de ondulaciones y emparejando baches. En caso de ser necesario, se consideran escarificados de aquellas zonas que impidan lograr la sección transversal propuesta. De acuerdo con los requerimientos del proyecto y del camino en sí, se pueden considerar operaciones de escarificado con riego, reperfilado con compactación y en ocasiones la adición de material plástico.

Necesidad de conservación: Devolver las propiedades del camino a como estaban originalmente, eliminando baches, desniveles y cualquier deterioro que afecte la funcionalidad del camino.

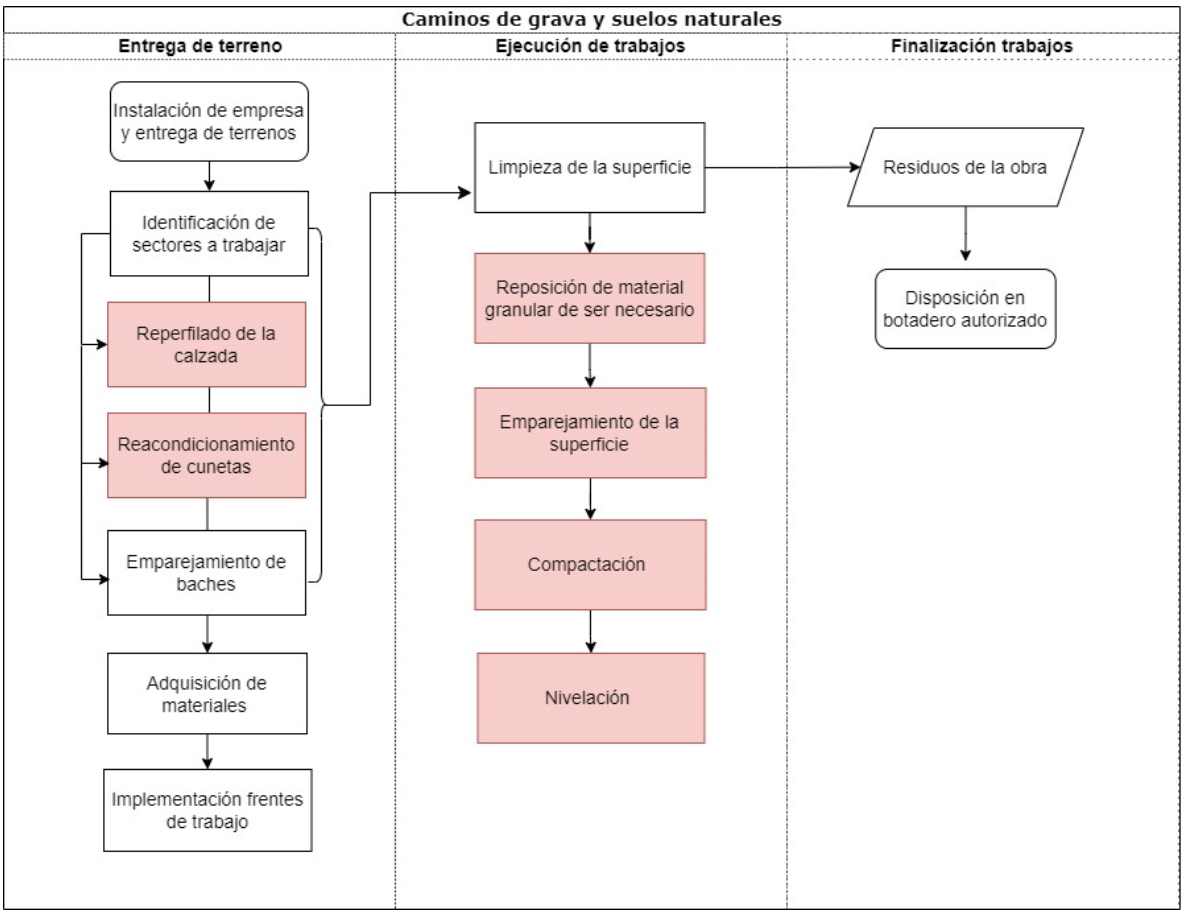


***Figura A8. 16**. Diagrama de flujo para obra de conservación: caminos de grava y suelos naturales. Fuente: Elaboración propia.*

Recebo de carpetas y bermas granulares

Tipo	:	Mantenimiento vial
Subtipo	:	Conservación

Descripción: Esta operación implica realizar los trabajos necesarios para restaurar las dimensiones y características originales de la capa de rodado granular. Si se ha perdido material, se deberá reponer. También se considera el uso de estabilizadores en caso de ser necesario, con el objetivo de aportar mayor estabilidad y durabilidad a la capa y reducir la generación de polvo por el tráfico.

Procedimientos de trabajo: Los materiales utilizados en esta operación dependerán de la región del país, con el objetivo de utilizar materiales libres de químicos nocivos para el medio ambiente. Estos materiales deben prepararse en plantas fijas o móviles y almacenarse en áreas designadas. Los trabajos se inician con la preparación de la superficie existente, escarificando los 15 cm superiores y nivelando la superficie de la calzada. Luego se prosigue con el perfilado de los componentes y el retiro de sobretamaño. Se debe considerar la reconstrucción o rehabilitación de elementos asociados a evacuación de agua en los caminos. Una vez preparada la superficie, se coloca el material de recebo hasta alcanzar la altura solicitada y se compacta el camino. Si es necesario, se puede agregar estabilizador para mejorar el desempeño del camino.

Necesidad de conservación: Devolver las propiedades a la capa de rodadura, la cual ha sido desgastada por el tránsito y condiciones climáticas propias del lugar.

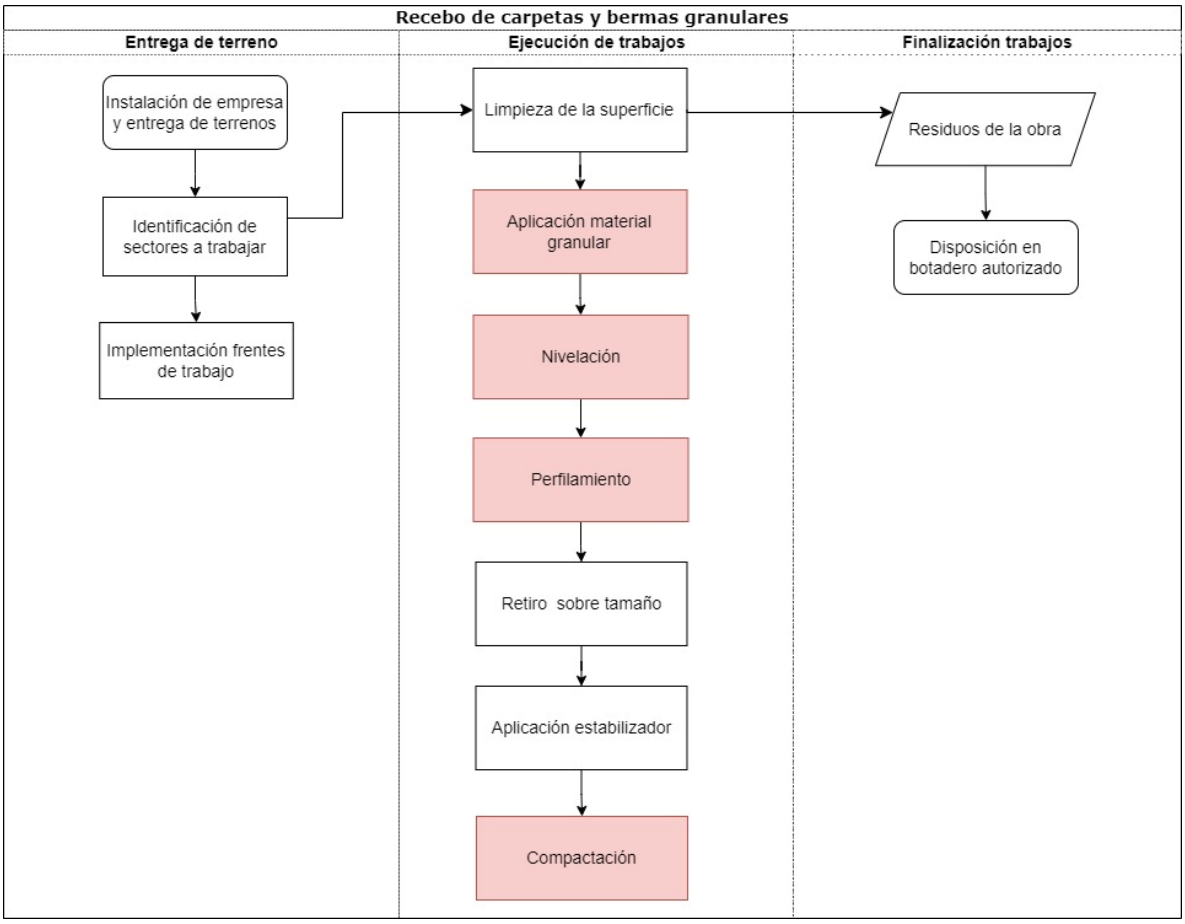


Figura A8. 17. *Diagrama de flujo para obra de conservación: recebo de carpetas y bermas granulares. Fuente: Elaboración propia.*

Reparación de calzada con material integral

Tipo	:	Mantenimiento vial
Subtipo	:	Conservación

Descripción: Se asocia con aquellos trabajos necesarios para rellenar aquellas zonas con deterioro profundo existente en el camino. Para ello son empleados materiales granulares con los tamaños especificados en el propio proyecto, procurando que este se encuentre exento de materia orgánica o algún tipo de contaminante.

Procedimientos de trabajo: Se comienza con la preparación de la zona a trabajar, nivelando el terreno y retirando el agua o barro estacionario del lugar. Luego se procede con la colocación de material integral en capas no superiores a 30 cm, teniendo en cuenta que exista la humedad necesaria para su posterior compactación. Una vez colocada la última capa de material, esta será compactada en espesor máximo de 15 cm.

Necesidad de conservación: Devolver la conectividad a usuarios del camino, debido a afectaciones por desniveles y deterioro por el tránsito o condiciones climáticas propias del lugar.

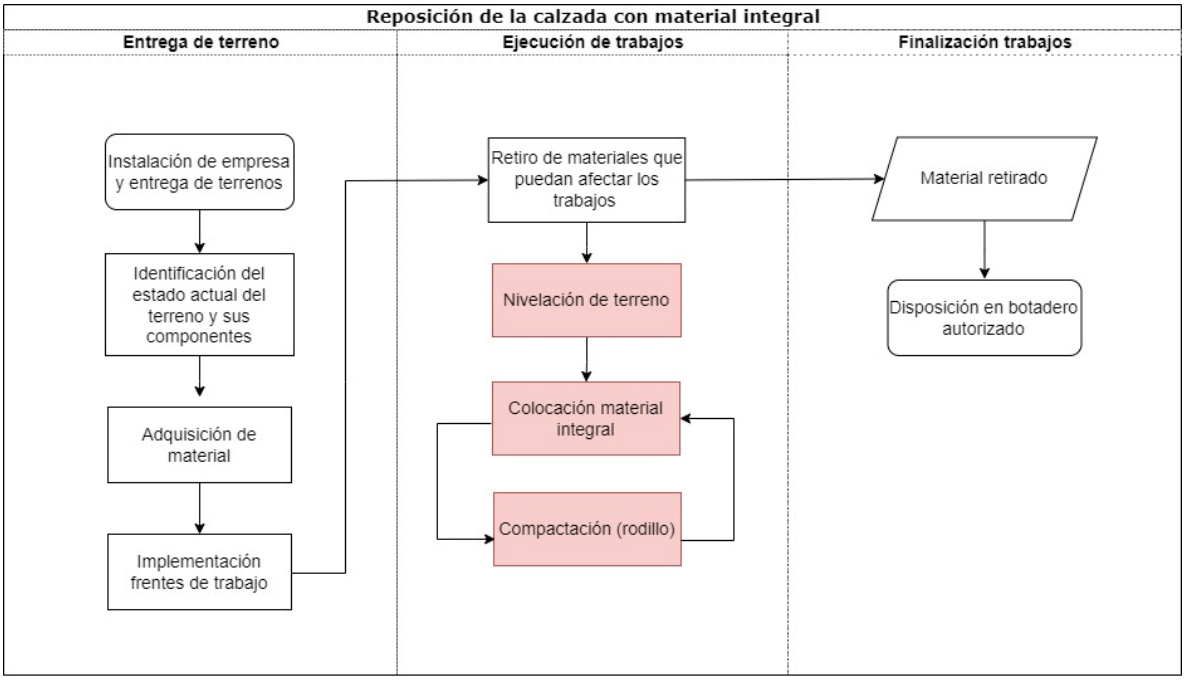


Figura A8. 18. *Diagrama de flujo para obra de conservación: reparación de calzada con material integral. Fuente: Elaboración propia*

Conservación y reparación de balsas de madera

Tipo	:	Mantenimiento vial
Subtipo	:	Conservación

Descripción: Esta operación consiste en la realización de los trabajos necesarios para reparar o reconstruir total o parcialmente las estructuras de madera utilizadas para el cruce de vías fluviales. Se incluye en estos trabajos el reemplazo de piezas de rodadura, reparaciones de casco, calafateos, cambio de cuadernas, pinturas, arenado, construcción de barandas entre otros.

Procedimientos de trabajo: Se debe adquirir la madera requerida, la que deberá encontrarse cortada previamente y almacenada hasta su uso a una altura del suelo no inferior a 0,40 m. Las especificaciones de conservación o reparación se definirán de acuerdo a cada proyecto, considerando inclusive la aplicación de pintura anticorrosiva en las superficies metálicas.

Necesidad de conservación: Las balsas de madera son, en muchos casos, uno de los pocos medios disponibles para conectar zonas remotas. Es por ello por lo que su mantención en los tiempos que se considere necesario garantiza la prestación de este servicio a la comunidad que habita en aquellas zonas, otorgándoles un medio de transporte estable y seguro.

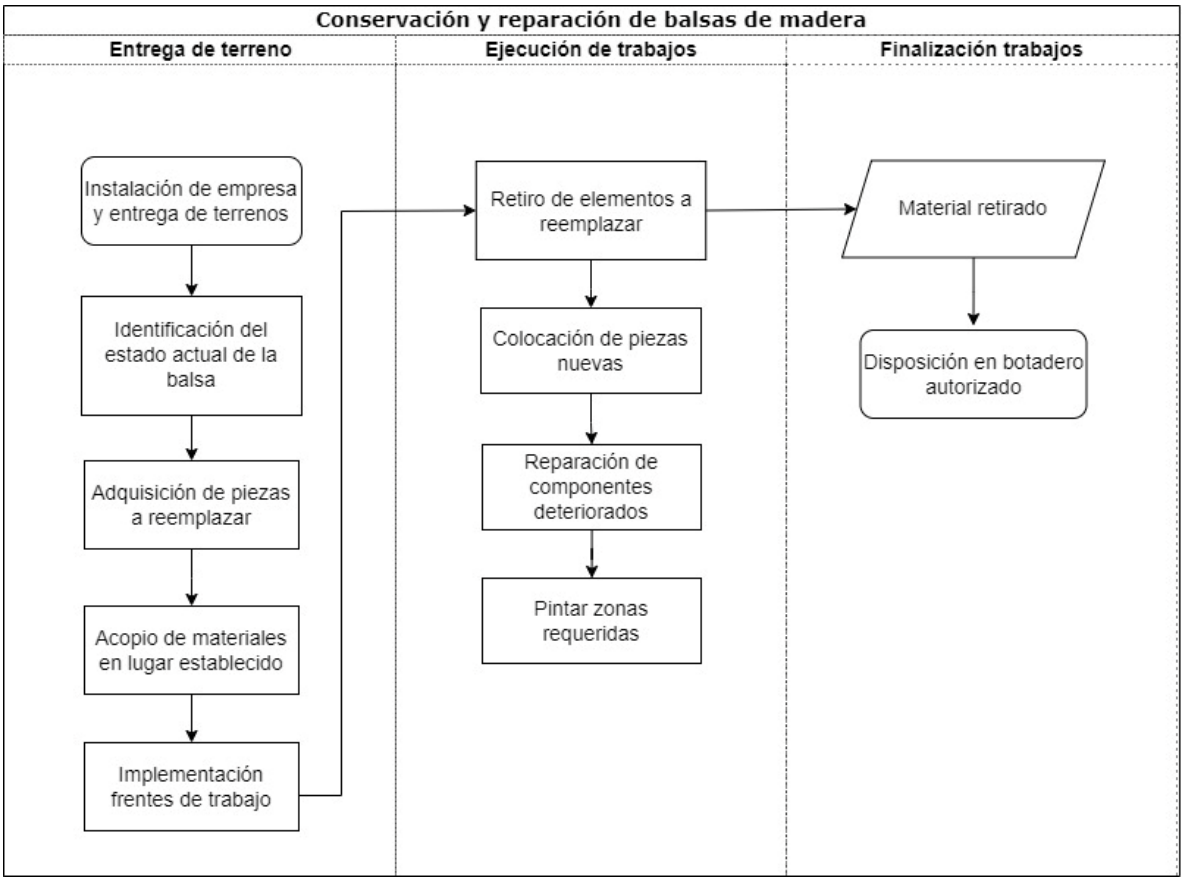


Figura A8. 19. *Diagrama de flujo para obra de conservación: conservación y reparación de balsas de madera. Fuente: Elaboración propia.*

Conservación y reparación de puentes de hormigón y/o estructuras metálicas

Tipo	:	Mantenimiento vial
Subtipo	:	Conservación

Descripción: El alcance de esta operación incluye todas las tareas que permitan reparaciones específicas de carácter no estructural para elementos y superestructuras de puentes de hormigón y/o metal. Comprende las reparaciones de barandas metálicas, pasamanos y cualquier componente de la superestructura que se encuentre en mal estado. Adicionalmente se consideran refuerzos en aquellos elementos del puente que pudiesen verse afectados, realizando en algunos casos refuerzo de fundaciones de cepas, protección de talud de estribo de entrada y contención relleno estribo de entrada.

Procedimientos de trabajo: Los materiales que deban ser sustituidos deberán cumplir las mismas características y propiedades que los originales. La operación incluye la aplicación de antioxidantes y esmalte sintético, que también debe ser igual al original. En el caso de barandas deterioradas, destruidos o faltantes, estos serán reconstruidos o reemplazados, según la situación. Posteriormente se pintarán los nuevos materiales. En caso de reacondicionamiento de barandas, éstas se limpiarán, eliminando moho y descamaciones de pintura; en caso de aceites y/o grasas se limpiarán con solventes. Para aquellas estructuras de acero, a excepción de las cantoneras, se aplicarán dos manos de antioxidante. En caso de refuerzo de fundaciones de cepas, protección de talud de estribo de entrada y contención relleno estribo de entrada. En estas operaciones ya mencionadas los trabajos llevados a cabo consisten en reforzar el área de fundación a través de materiales de relleno, considerando para ello sacos con rocas o materiales con peso. Posteriormente son colocados en la zona correspondiente a través de grúa facilitando la operación y evitando el desvío de las aguas para ello.

Necesidad de conservación: Al igual que los puentes con tablero de madera, los puentes de hormigón y/o estructuras metálicas son una estructura fundamental para la conectividad de la población. Es por lo anterior, que se hace necesario la mantención de aquellos elementos de carácter no estructural.

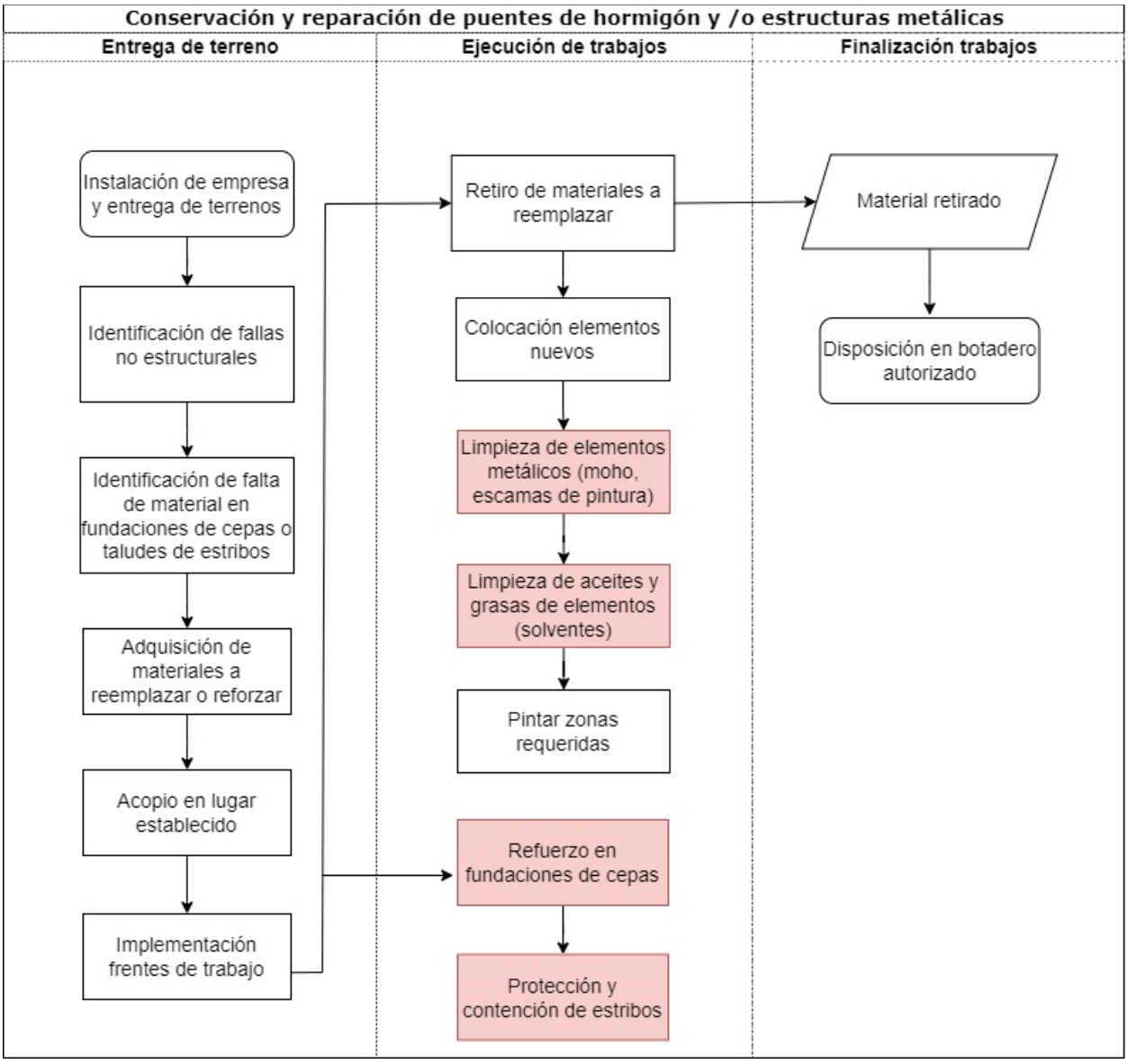


Figura A8. 20. *Diagrama de flujo para obra de conservación: conservación y reparación de puentes de hormigón y/o estructuras metálicas. Fuente: Elaboración propia.*

Conservación de islas, pasarelas y casetas de espera

Tipo	:	Mantenimiento vial
Subtipo	:	Conservación

Descripción: Se abarca en esta operación el mantenimiento de islas encauzadoras de tránsito y de resguardo para peatones, pasarelas peatonales y casetas de espera. Para llevar a cabo los trabajos serán requeridos cualquier material necesario para la reparación, reemplazo o mantenimiento de los componentes de estos elementos viales, teniendo en cuenta que se mantenga las características originales.

Procedimientos de trabajo:

- **Islas:** Cuando se aborde el mantenimiento de islas de resguardo para peatones, es fundamental garantizar que su superficie esté libre de baches, deformaciones e irregularidades que puedan afectar la seguridad y el confort del peatón. Además, la vegetación presente en las islas no debe obstruir la visibilidad tanto de los peatones como de los vehículos que circulan por el área. Las soleras deben encontrarse con sus junturas selladas y en una posición correcta. En caso de presentarse soleras rotas o fisuradas será reparada o reemplazada para proporcionar una superficie lisa, estable e interconectada. Si es necesario, se realinearán las soleras para restaurar su correcta posición. Se deberá asegurar el correcto sellado entre soleras y entre ellas y el pavimento o cuneta, acompañado de la limpieza y correcto flujo de agua tanto en suelos como en sumideros laterales.

- **Pasarelas:** Las pasarelas peatonales y sus rampas de acceso deberán mantenerse libres de cualquier objeto que pueda obstruir o perturbar el tránsito peatonal. La pintura de estas estructuras debe mantenerse periódicamente en buenas condiciones, sin rayones, señales ni publicidad. Todos los componentes metálicos deben estar libres de óxido y firmemente en su lugar. Mientras tanto, los elementos de hormigón deben estar en buen estado de salud, sin fierro a la vista ni grietas sin sellar o piezas faltantes.

- **Casetas:** Las casetas de espera deben mantenerse limpias, con pintura y estructuras en buen estado. Se debe remover la pintura antigua, el óxido y otros residuos de las superficies utilizando métodos adecuados, como escobillar, lijar o cincelar. Todo el aceite, grasa y sal deben limpiarse totalmente con solventes. Las superficies de madera deberán tratarse con dos manos de pintura anticorrosiva y dos manos de pintura esmaltada, del color especificado por la inspección fiscal.

Necesidad de conservación: Conservar en buen estado obras destinadas principalmente al uso peatonal.

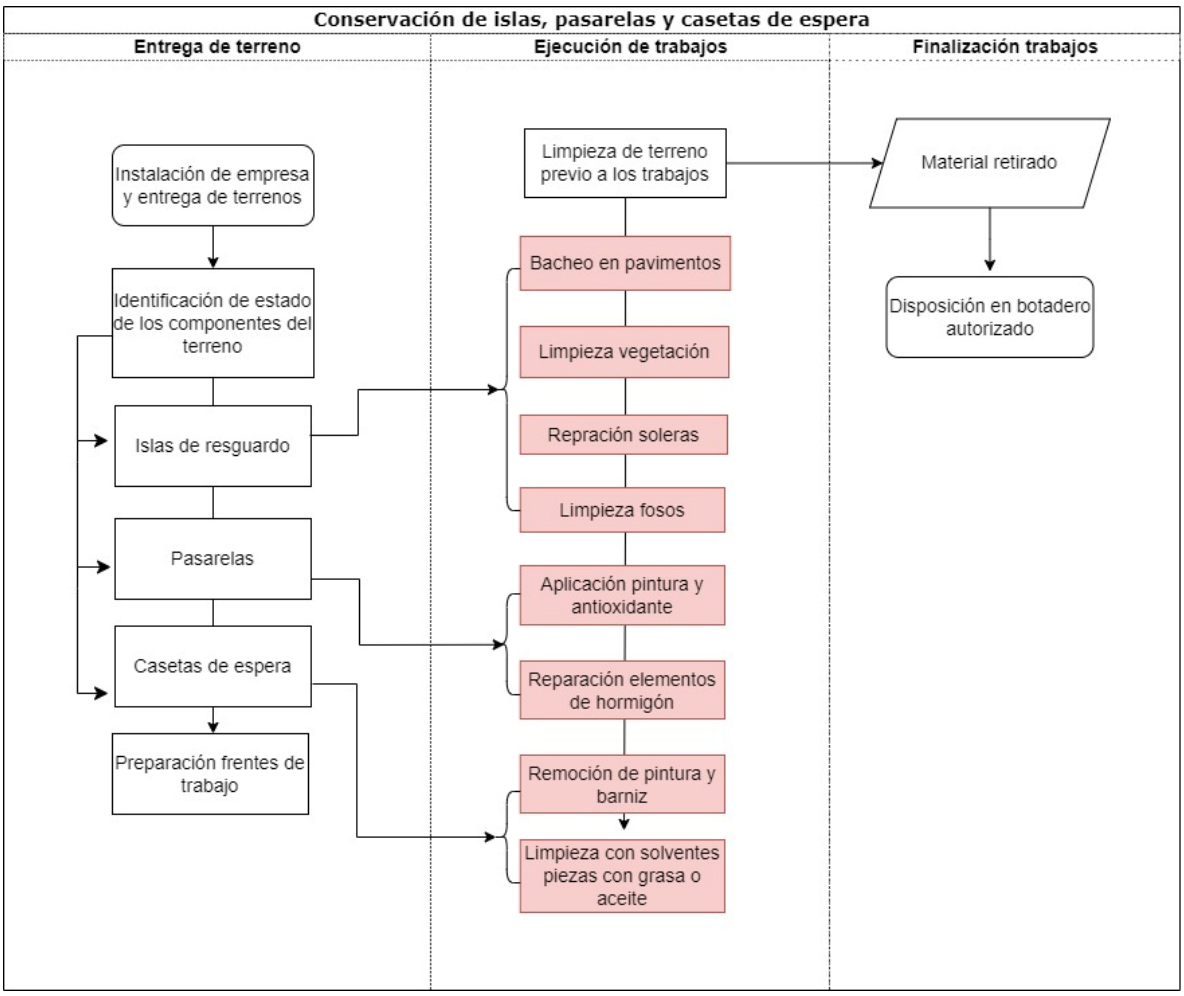


Figura A8. 21. *Diagrama de flujo para obra de conservación: conservación de islas, pasarelas y casetas de espera. Fuente: Elaboración propia.*

Conservación de lechos y obras fluviales

Tipo	:	Mantenimiento vial
Subtipo	:	Conservación

Descripción: Engloba trabajos relacionados con la rectificación y limpieza de cauces naturales, así como el peraltamiento de riberas para restablecer su capacidad hidráulica y mejorar las condiciones de escurrimiento del agua, salvaguardando así la infraestructura vial, la infraestructura aledaña al río y la población. A falta de un proyecto de ingeniería preestablecido que defina las tareas antes de iniciar los trabajos, se deberá realizar como mínimo un levantamiento topográfico de la zona, que proporcione un elemento para medir y cuantificar el movimiento de tierras que se realice.

Procedimientos de trabajo: Cuando existe un proyecto de ingeniería, inicialmente se deben replantar los alineamientos y formas generales de los taludes, secciones transversales, trazado horizontal y pendiente media del lecho de acuerdo a lo previsto en el diseño. Los trabajos deberán realizarse utilizando maquinaria pesada de movimiento de tierras, capaz de ejecutar las obras de ingeniería previstas. Como en los peraltamientos de rivera se utilizará material proveniente del propio cauce en la vecindad de la obra, la extracción de material deberá realizarse en conformidad a un plan específico de explotación, elaborado y aprobado antes de iniciar los trabajos. Cuando esté terminado, la superficie debe estar nivelada y estable.

- **Rectificación y limpieza de cauce:** La operación incluye todos los trabajos necesarios para limpiar y rectificar cauces naturales y cualquiera otra actividad o trabajo necesario para cumplir con lo especificado.

- **Peraltamiento de ribera:** Se refiere al movimiento de tierras con la finalidad de lograr cierta inclinación o forma en la ribera (peraltamiento de riberas) utilizando el material del propio lecho fluvial en la vecindad de la obra.

Necesidad de conservación: Evitar inundaciones de terreno aledaño al cauce y mantener este en condiciones sanitarias aceptables a fin de no generar vectores hacia la población.

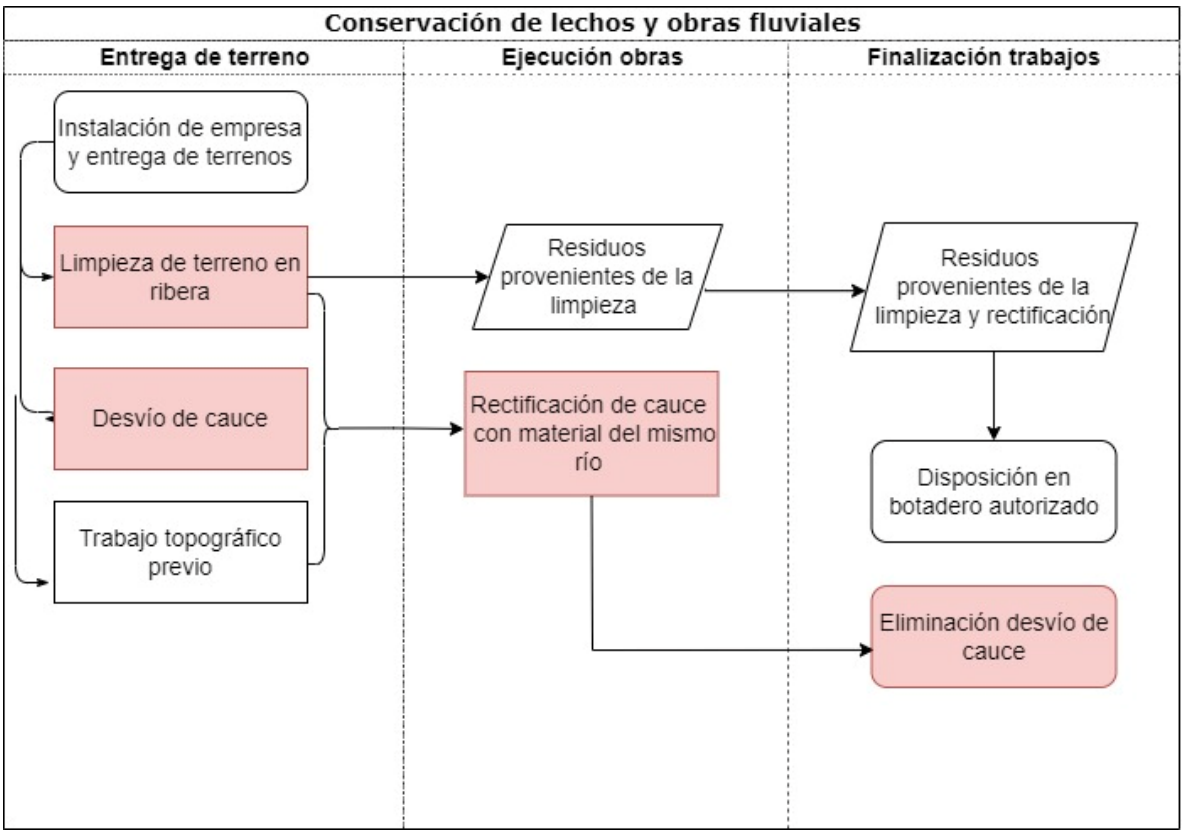


Figura A8. 22. *Diagrama de flujo para obra de conservación: conservación de lechos y obras fluviales. Fuente: Elaboración propia.*

Bacheo superficial

Tipo	:	Mantenimiento vial
Subtipo	:	Bacheo

Descripción: Consiste en la aplicación de soluciones a zonas que se encuentren con baches y el reemplazo de pavimento en zonas que estén deterioradas. Se aplica esta operación solo cuando esté afectada la zona de capa de rodadura asfáltica, encontrándose en buenas condiciones la zona de base granular y con ello las demás capas de mayor profundidad. Estos trabajos son realizados a través de procedimientos del tipo manual o mecanizado, con materiales acorde a la situación presente. Los materiales empleados en la reparación de baches deben ser adecuados a las características del bacheo y al tipo de bacheo que se realiza. Esto incluye el uso de ligantes, mezclas asfálticas y mezclas predosificadas, así como el empleo de asfaltos y materiales áridos en función de las necesidades específicas de cada situación.

Procedimientos de trabajo*:*

- **Bacheo manual:** Consiste en la remoción manual de la zona deteriorada, la limpieza de las paredes resultantes, para posteriormente colocar un imprimante o un riego de liga y finalizar con la colocación de una mezcla asfáltica o tratamiento superficial según corresponda. En caso de tratarse de una mezcla asfáltica, esta se extenderá y nivelará mediante rastrillos. Posteriormente, la compactación será realizada con un rodillo neumático o liso de 3 a 5 toneladas de peso. Dependiendo del espesor de la capa, este rodillo también podrá corresponder a un rodillo manual. Se destaca que, una vez realizada la compactación, el bache debe quedar nivelado entre la zona reparada y el pavimento que lo rodea. Para el caso de un tratamiento superficial, se deberá asegurar que la cantidad de agregados por unidad de área sea uniforme y de acuerdo con la dosificación aprobada. La acción del rodillo tendrá que iniciarse inmediatamente después de la distribución del agregado, realizándose hasta que este se haya asentado apropiadamente en el ligante.

- **Bacheo mecanizado:** Se realiza mediante un equipo especialmente diseñado que secuencialmente prepara, limpia el área afectada, coloca un imprimante o riego de liga a presión, rellena y compacta el bache mediante una mezcla asfáltica.

- **Parche superficial:** Consiste en la ubicación de una capa de mezcla asfáltica, directamente sobre una zona de pavimento dañado. Este parche se construirá en todo el ancho de la pista a reforzar.

Necesidad de conservación: Solucionar el agrietamiento de pavimentos asfálticos por fatiga, dando con ello una solución a corto plazo sobre el deterioro de la calzada. Se busca, además, mantener la seguridad del conductor y evitar el potencial aumento del deterioro.

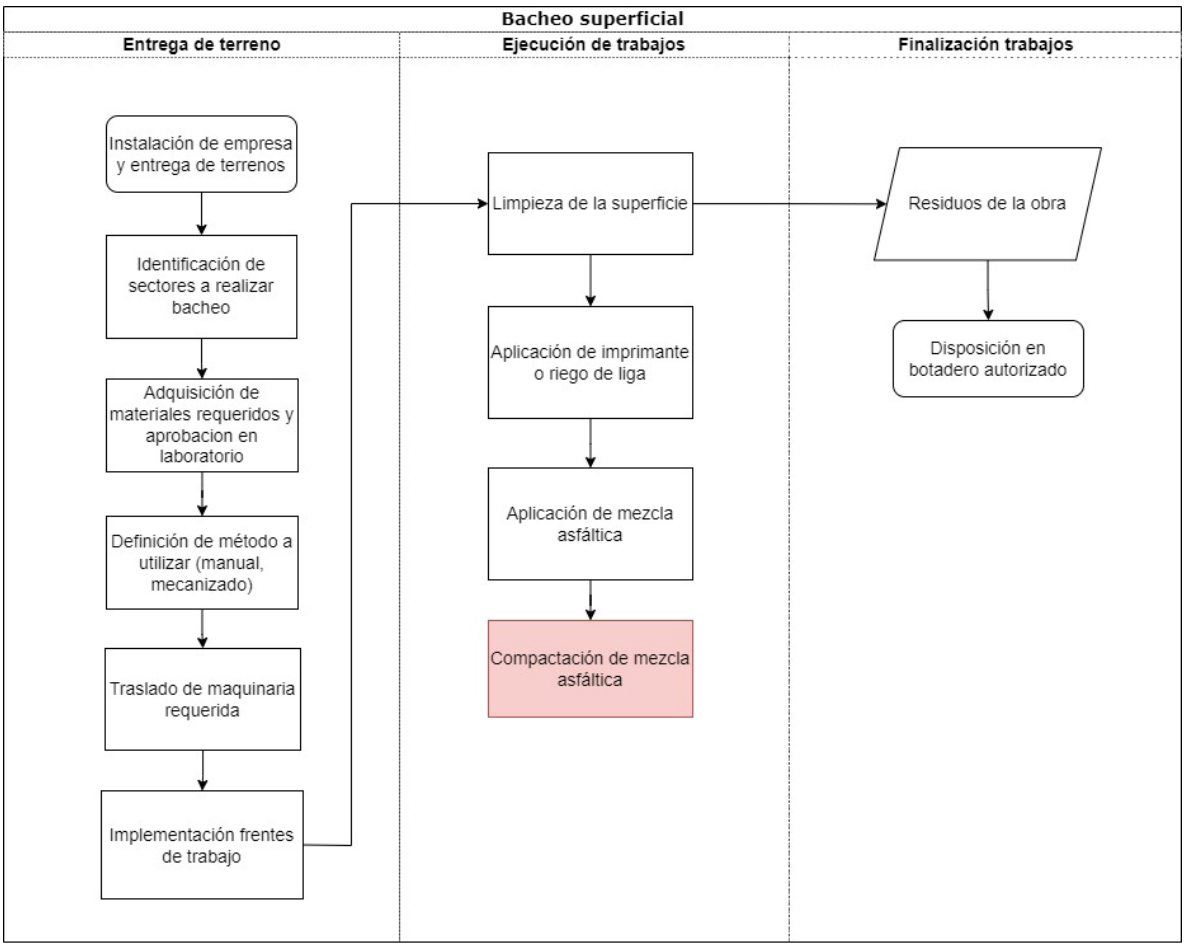


Figura A8. 23. *Diagrama de flujo para obra de conservación: bacheo superficial. Fuente: Elaboración propia.*

Bacheo superficial en frío en pavimentos de hormigón

Tipo	:	Mantenimiento vial
Subtipo	:	Bacheo

Descripción: Se trata de una solución temporal para la reparación de losas de hormigón dañadas, que consiste en la aplicación de una capa de mezcla asfáltica en frío capaz de funcionar con la humedad, sobre una base granular sobre pavimentos de hormigón. La mezcla se almacena en las instalaciones del contratista para un rápido acceso para cubrir oportunamente cualquier bache que pueda ocurrir durante temporadas de lluvias o emergencias. Considerando lo anterior, cabe destacar que no se ejecutan bacheos superficiales en losas con mezclas en caliente

Procedimientos de trabajo: De la misma forma que un bacheo superficial en caliente se parte con la limpieza del terreno a trabajar, dejándolo libre de cualquier tipo de residuo. Seguido de esto se procede a escarificar (aflojar el material de la superficie), reconformar y compactar el relleno granular que se encuentre en el área, para terminar con la colocación del material de bacheo asfáltico a un espesor mínimo de 50 mm y compactación ya sea de forma manual o mecanizada (ver obra anterior para mayor información).

Necesidad de conservación: Eliminar baches provocados por el paso del tiempo, la erosión, o las condiciones climáticas propias del lugar en pavimentos de hormigón, otorgando con ello una reparación al camino y seguridad a los usuarios del camino.

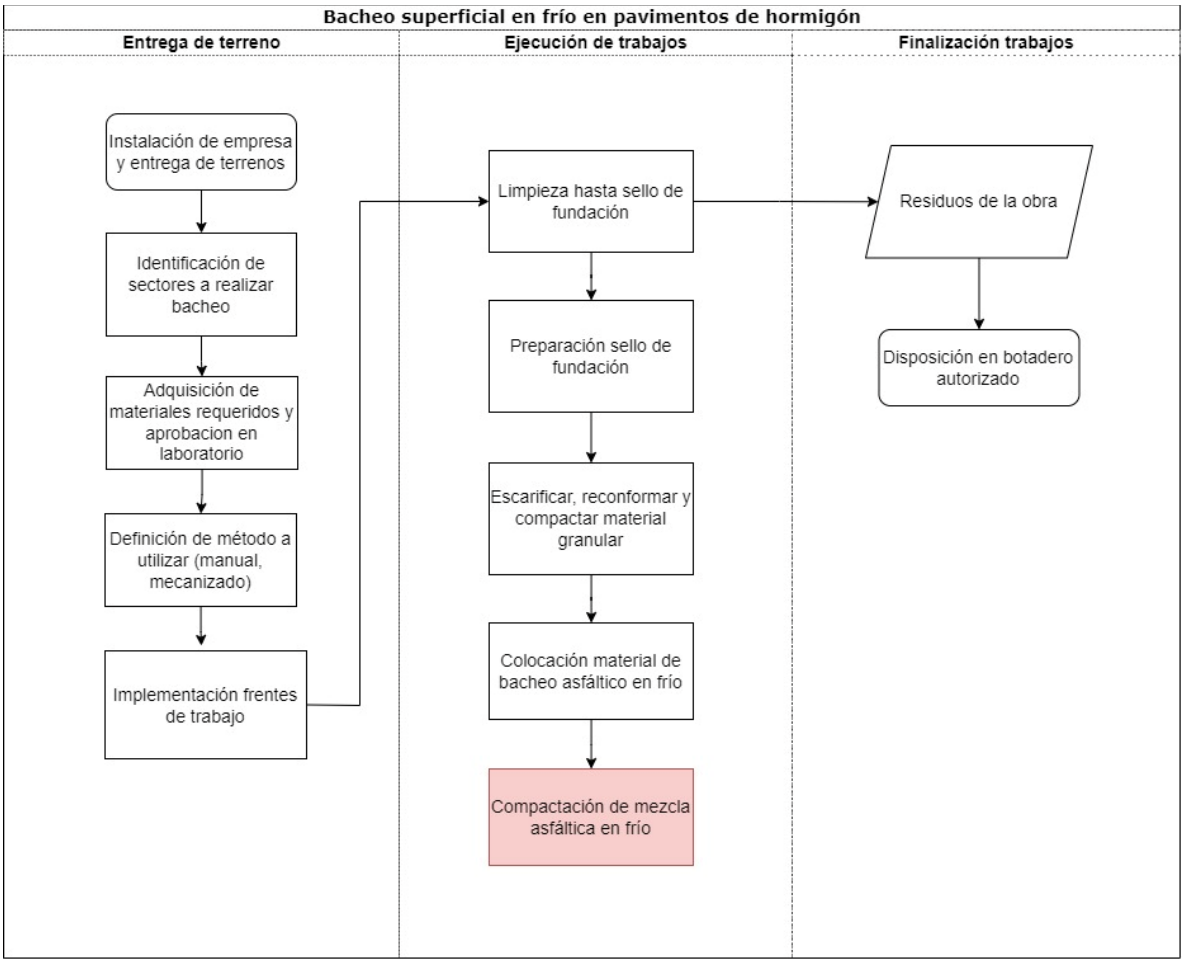


Figura A8. 24. *Diagrama de flujo para obra de conservación: bacheo superficial en frío en pavimentos de hormigón. Fuente: Elaboración propia.*

Bacheo de carpetas granulares

Tipo	:	Mantenimiento vial
Subtipo	:	Bacheo

Descripción: Al igual que el bacheo mencionado anteriormente, esta operación tiene como objetivo la eliminación de baches en caminos que cuenten con una capa de rodadura granular o bermas del mismo material. Con esta operación se pretende recuperar el camino a sus condiciones originales.

Procedimientos de trabajo: Son utilizados los mismos tipos de materiales granulares que se encontraban originalmente en la capa de rodadura. Se retira el área en torno al bache, dejando un espacio rectangular o cuadrado y abarcando en su totalidad el bache. Luego, el sector dónde se generó el retiro del material es rellenado con material granular nuevo al cual en ocasiones será necesario adicionarle estabilizador. El proceso termina con la compactación. El material retirado en esta operación deberá disponerse en botadero autorizado.

Necesidad de conservación: En los caminos de carpeta granular es frecuente la formación de baches debido a diferentes causas, entre las que se encuentran el nivel de precipitaciones propio de la zona, intensidad del tránsito, cantidad de vehículos que transitan por el sector y propiedades de los materiales con los que fue construido el camino. Estos baches generan un problema hacia los conductores que transitan por estos caminos, presentando incluso riesgo de accidente.

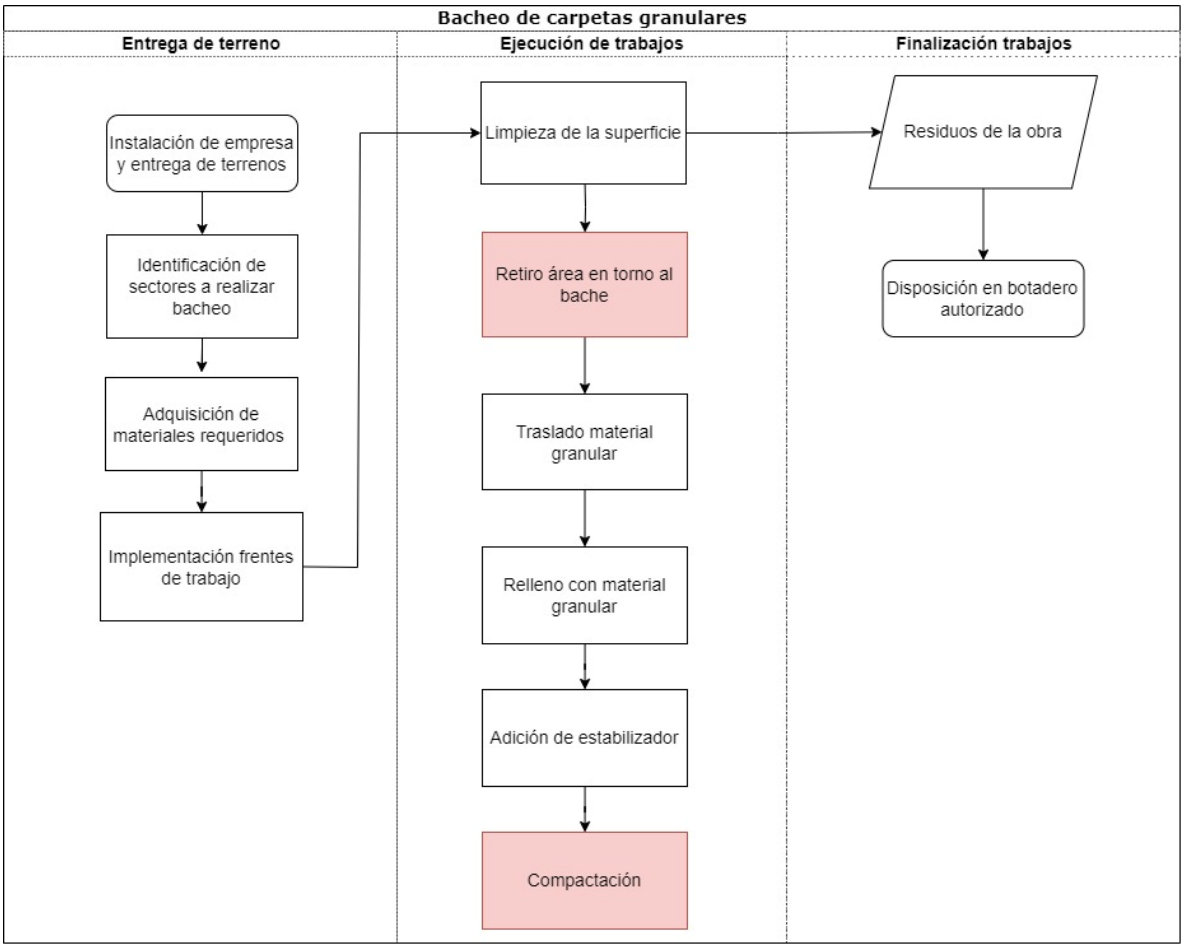


Figura A8. 25. *Diagrama de flujo para obra de conservación: bacheo de carpetas granulares. Fuente: Elaboración propia.*

Sellos bituminosos

Tipo	:	Mantenimiento vial
Subtipo	:	Sellos

Descripción: Consiste en aplicar un recubrimiento de riego asfáltico sobre el pavimento existente. Este recubrimiento puede aplicarse solo o en combinación con algún agregado en los sectores del proyecto que lo requieran. Los tipos de sellos que se incluyen en esta operación son: riego neblina, lechada asfáltica, microaglomerado en frío, sello de agregados, sello localizado con gravilla y sello localizado con lechada. En caso de requerirse un bacheo previo o sellado de grietas, estos deberán ser ejecutados a través de la operación correspondiente. Con respecto a los materiales, se utilizan ligantes determinando el tipo de este en función de las condiciones climáticas locales, el trazado del camino, el tipo de árido a emplear y el nivel de tránsito. Además, se emplean áridos que deben cumplir con las especificaciones previamente establecidas. Otro material que se utiliza en esta operación es el filler de aportación, que está compuesto por polvo mineral fino (cemento hidráulico, cal u otro material inerte) y agua potable o de una fuente de origen conocida.

Procedimiento: Primero se deberá barrer cuidadosamente la superficie a tratar, asegurándose de eliminar toda basura, polvo, barro y otros materiales que se encuentren sueltos. Posteriormente se aplicará el sello acorde a lo especificado según sea el tipo como se detalla a continuación:

- **Riego neblina:** Antes de aplicar el riego neblina, el pavimento existente debe prepararse y su superficie debe estar seca. La dosis exacta de emulsión a aplicar se determinará en el lugar. Las emulsiones diluidas se aplicarán a una temperatura que esté entre 20° y 50°C. El asfalto debe distribuirse uniformemente sobre toda la superficie a tratar, aplicando la dosis determinada en el lugar con una tolerancia de ± 5%.Si hay áreas localizadas en las que la cantidad aplicada sea insuficiente, se deben reforzar con un riego manual. Las estructuras, la vegetación y todas las instalaciones públicas y privadas ubicadas en el área de trabajo deben protegerse adecuadamente y mantener las protecciones hasta que la emulsión se haya secado por completo. Finalmente, la superficie tratada debe mantenerse sin grietas ni suciedad hasta el momento de entregarla al tránsito.

- **Sello de agregados y sello localizado con gravilla:** Consisten en la aplicación de asfalto recubierto con áridos sobre superficies pavimentadas. El proceso consiste en la preparación de la superficie, dosificación del asfalto, áridos y aplicación del material ligante, aplicando el asfalto con un distribuidor a presión a una temperatura de 60-75°C. Finalmente, está el transporte y esparcimiento del árido, seguido de la compactación y acabado, etapa en la que el asfalto previamente aplicado es cubierto con áridos, etapa en la que el asfalto previamente aplicado se cubre con áridos.

- **Lechada asfáltica y sello localizado con lechada:** Se refiere a mezclas constituidas por áridos bien granulados, emulsión asfáltica, filler (polvo mineral fino, como cemento hidráulico, cal u otros materiales inertes de origen calizo) y agua. La lechada asfáltica debe dosificarse por abrasión en medio húmedo, mientras se mezcla en una unidad móvil que cuente con un sistema de mezclado adecuado para asegurar una mezcla consistente y homogénea. Finalmente, se vierte la mezcla de forma continua.

- **Microaglomerado en frío:** Son mezclas constituidas por áridos chancados bien graduados, emulsión asfáltica, filler y/o aditivos y agua. Deberá dosificarse por abrasión en medio húmedo. El procedimiento de aplicación es igual que el descrito en lechada asfáltica.

Necesidad de conservación: Solucionar el agrietamiento de pavimentos asfálticos por fatiga.

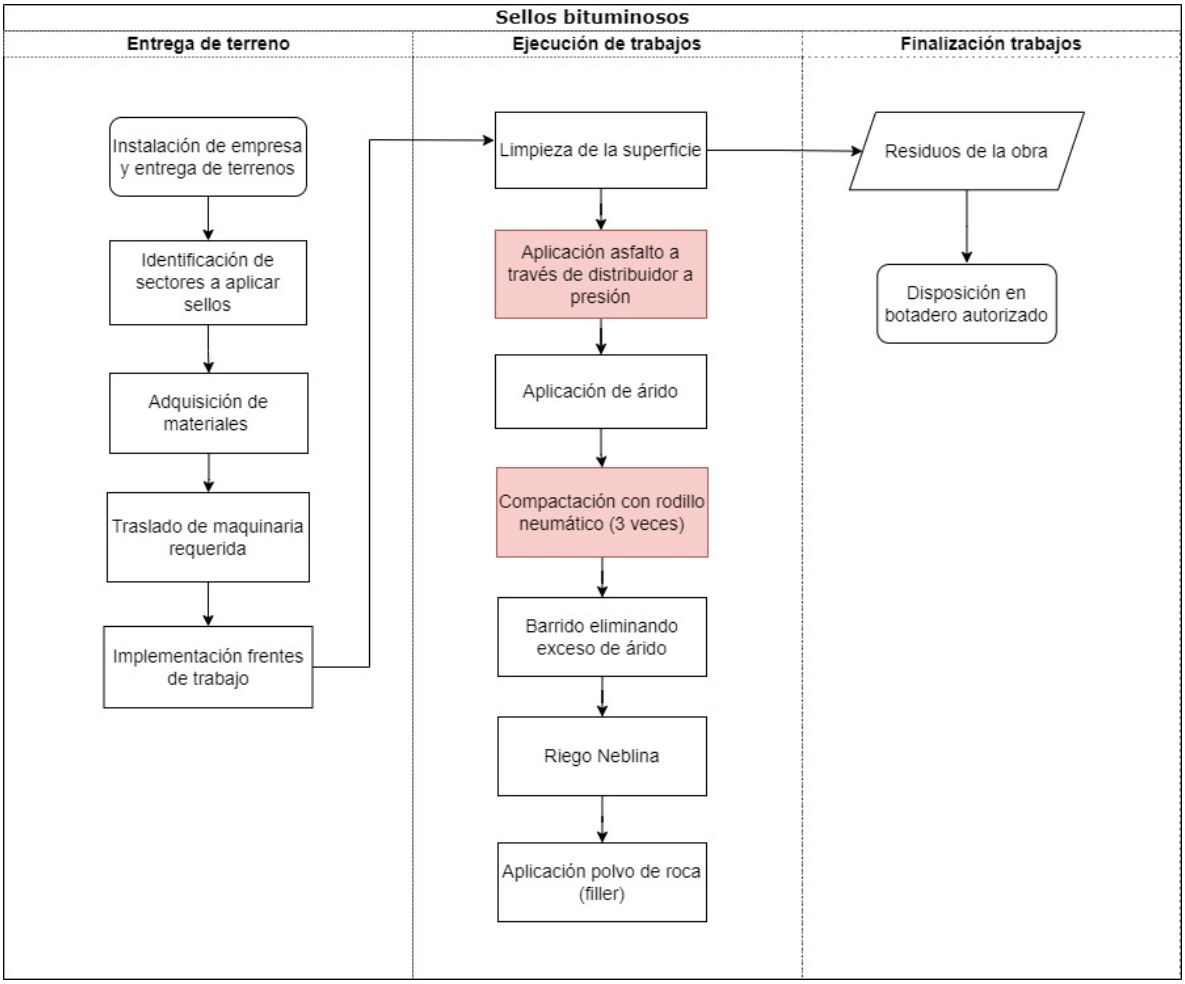


Figura A8. 26. *Diagrama de flujo para obra de conservación: sellos bituminosos. Fuente: Elaboración propia.*

Montaje de puentes modulares de emergencia

Tipo	:	Mantenimiento vial
Subtipo	:	Montaje

Descripción: La operación incluye el carguío, transporte y descarguío de todos los accesorios y equipos que sean requeridos para el montaje de puentes modulares. Se debe tener en cuenta, además, la construcción de accesos y apoyos del puente. En general, estos puentes son instalados cuando falla la infra o super estructura del puente actual o cuando es necesario debido a desastres naturales.

Procedimientos de trabajo: Los materiales utilizados para este proyecto incluyen motosierras, tablones, cuñas, equipos de iluminación, material granular, equipos de comunicación, entre otros. Se deberán tomar medidas de seguridad en todo momento durante la carga, descarga y construcción del puente mecano en la maestranza, en los caminos por donde se transportará la estructura y en el propio sitio de construcción. Los accesos al puente se construyen con maquinaria pesada, realizándose los movimientos de tierra, excavaciones y compactaciones necesarias para nivelar el terreno. Las fundaciones de la infraestructura involucran excavaciones, movimiento de materiales y compactación con maquinaria; En este punto, también es necesario desviar el curso de agua de ser necesario. Finalmente, el ensamble se realiza fuera del curso de agua y posteriormente se desplaza sobre sus bases mediante carriles y guías previamente instalados.

Necesidad de conservación: Debido a diversas emergencias o desastres naturales, tales como inundaciones, o bien fallas estructurales en los puentes se pierde temporalmente la conectividad vial y, con ello, de poblaciones y localidades. El carácter de emergencia implica actuar con rapidez con el fin a fin de no limitar el tránsito, haciendo necesario la instalación de puentes de emergencia.

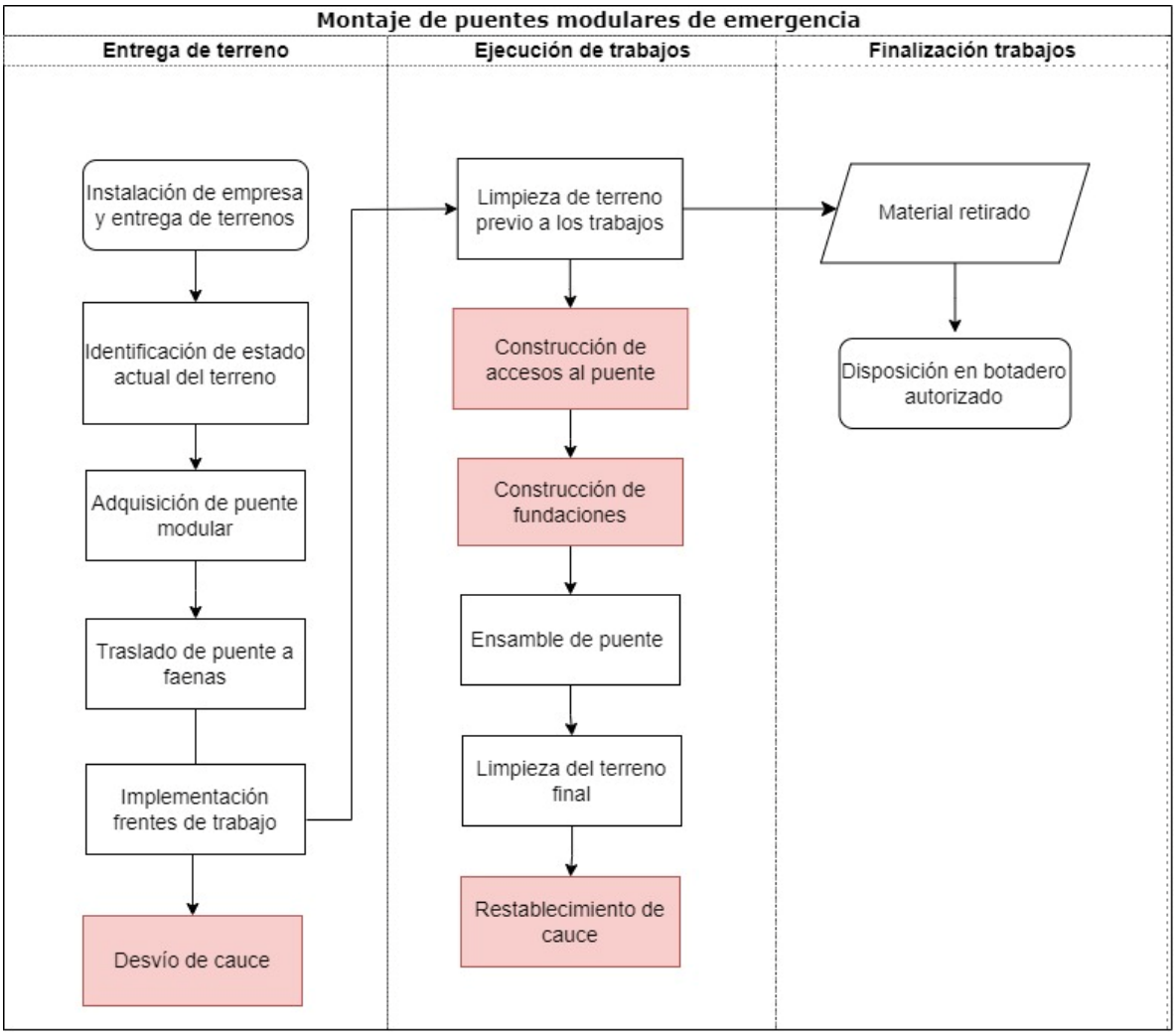


Figura A8. 27. *Diagrama de flujo para obra de conservación: montaje de puentes modulares de emergencia. Fuente: Elaboración propia.*

Procedimientos de trabajo para obras de conservación fluvial

Tabla A8. 3. *Listado de obras de conservación fluvial descritas. Fuente: Elaboración propia.*

Categoría	Tipo de obra	Subtipo de obra	Obra
Obra fluvial (DOH)	Conservación defensa fluvial y control aluvional	Enrocados, espigones y otras obras con roca	Revestimiento de riberas, protecciones de cepas, espigones, muros guardaradieres, etc.
		Gaviones	Revestimiento de ribera, muros transversales, espigones, revestimiento de fondos, etc.
		Mejoramiento de cauces	Rebajes, rectificaciones, perfiladuras, encauzamientos y semiencausamientos, despeje, extracción y desembanque.
		Protección de defensas vivas	Reforestación de cuencas hidrográficas.
		Muros de mampostería	Defensa rígida lineal en ribera.
		Muros de hormigón	Defensa rígida lineal en ribera.
		Obras de retención	Barreras estabilizadoras, pozas de decantación.
		Vías aluvionales	Canales revestidos.
	Conservación de aguas lluvias	Red primaria	Mantención de la red primaria de aguas lluvias.
		Red primaria	Retiro de material en cauces receptores
		Red secundaria	Conservación de colectores, hidrojet, reparación de tuberías, sumideros, cámaras, etc.

Revestimientos de riberas, protecciones de cepas, espigones, muros guardaradieres, muros transversales, espigones, revestimiento de fondos

Tipo	:	Conservación defensa fluvial y control aluvional
Subtipo	:	Enrocados, espigones, otras obras con roca, gaviones.

Descripción: Se definen como obras de defensa fluvial aquellas encaminadas a dirigir o regular el flujo de agua en un cauce con el fin final de proteger las estructuras construidas en él o defender sus riberas y áreas adyacentes donde exista potencialmente poblaciones humanas, terrenos agrícolas, instalaciones industriales, o cualesquiera otros elementos que puedan verse afectados o dañados por la acción del agua. De acuerdo con lo mencionado en el Manual de Carreteras Volumen N°3, las obras de defensa fluvial son destinadas a satisfacer alguno de los siguientes objetivos:

- Mantener una cierta cantidad de conducción de agua en un cruce.
- Proteger estructuras, instalaciones, terrenos agrícolas o poblados que puedan ser afectados por el escurrimiento.
- Desviar las aguas de un cauce para diversos usos.
- Modificar la hidrología natural de la cuenca, de modo de limitar el gasto máximo para un cierto período de retorno.

En esta línea, existe una variedad de obras destinadas a estos fines, las cuales se caracterizan principalmente en base a el tipo de elemento, instalación, infraestructura que se requiere proteger, función de la obra y su ubicación dentro del cauce. A continuación, se detalla la descripción de estas obras, clasificadas en dos tipos principales: defensas longitudinales y defensas transversales. Cabe mencionar que, en términos generales, los métodos constructivos no difieren entre ambos tipos.

- **Defensas longitudinales:** Las defensas longitudinales son comúnmente empleadas para prevenir potenciales inundaciones en terrenos aledaños al cauce, así como para evitar la erosión y otorgar estabilidad a las riberas que están sometidas al ataque de la corriente. En menor medida, este tipo de obra también puede ser utilizada para encauzar un río o estero a fin de mejorar las condiciones de escurrimiento en un punto en específico. Una de las ventajas de este tipo de defensas es el fijar la orilla protegida en forma definitiva, por lo que su diseño procura no reducir el área hidráulica original o área del cauce primario. Por otro lado, la principal desventaja de estas defensas es un mayor costo de inversión debido a que se extienden a lo largo de toda la zona a proteger. En la **Figura A8. 28**, **Figura A8. 29** y **Figura A8. 30** se presentan distintos revestimientos de defensas longitudinales según los lineamientos del Ministerio de Obras Públicas, las cuales difieren principalmente en los materiales utilizados para su construcción. En el diagrama de flujo presentado en la **Figura A8. 33**, se visualiza las acciones constructivas llevadas a cabo para generar una defensa longitudinal con enrocado. Sin embargo, como se puede observar en la **Figura A8. 28**, **Figura A8. 29** y **Figura A8. 30**, la función y ubicación dentro del cauce de estas defensas sigue siendo la misma.

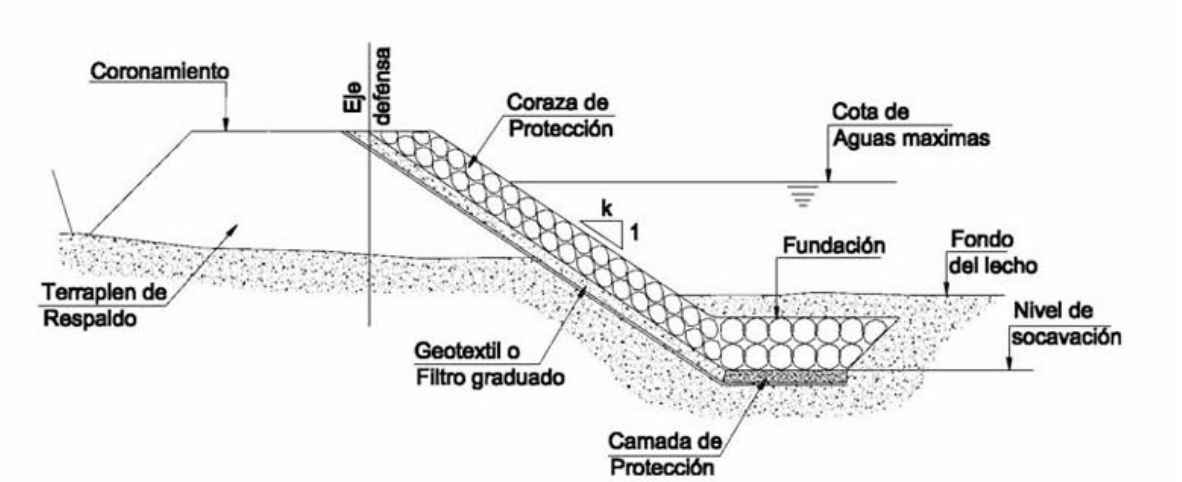


Figura A8. 28. *Defensa fluvial longitudinal con enrocado. Fuente: Manual de Carreteras, Vol N°3 Instrucciones y criterios de diseño.*

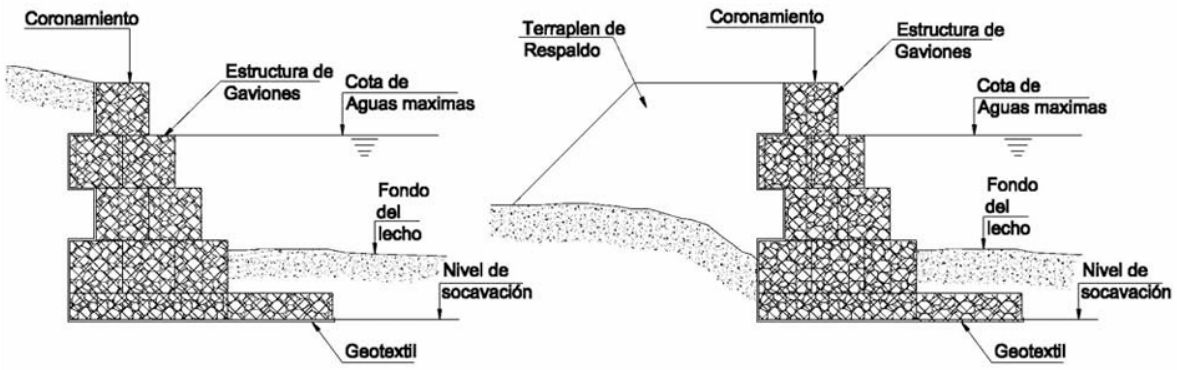


Figura A8. 29. *Defensa fluvial longitudinal con gaviones. Fuente: Manual de Carreteras, Vol N°3 Instrucciones y criterios de diseño.*

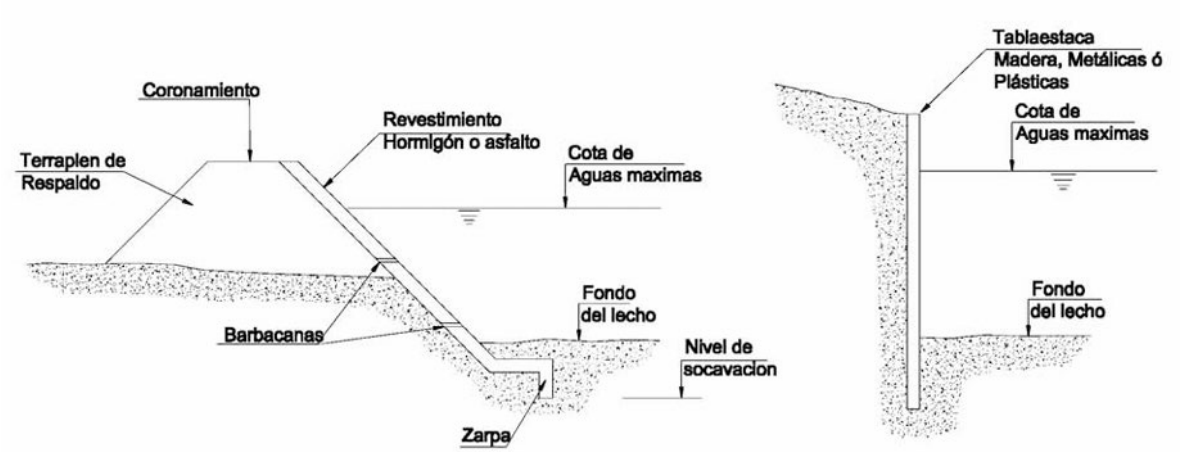


Figura A8. 30. *Defensa fluvial longitudinal impermeable. Fuente: Manual de Carreteras, Vol N°3 Instrucciones y criterios de diseño.*

- **Defensas transversales o espigones:** Corresponden a estructuras que se extienden desde las orillas hacia el flujo de agua, formando ángulos cercanos a 90° con la dirección principal de la corriente. El objetivo principal de esta obra es la protección de la erosión de los bordes o las riberas del cauce, desviando el flujo principal de agua de las orillas. Si bien este tipo de obra cumple con su objetivo, presenta la desventaja de reducir de manera significativa el ancho del cauce. En la **Figura A8. 32** se presenta una imagen de un espigón en un río, en conjunto con una defensa longitudinal.

Procedimientos de trabajo: El proceso de construcción tanto para las defensas transversales (espigones) como para las defensas longitudinales (como los revestimientos) son similares en muchos aspectos. Es importante señalar que, en muchos casos, estas estructuras son complementarias y un proyecto puede incorporar una defensa longitudinal con espigones como se puede apreciar en la **Figura A8. 32.**

El proceso constructivo comienza con la limpieza del área donde se construirán las defensas. Luego, se realiza el desvío de cauce para proporcionar un entorno de trabajo más sencillo y evitar una posible contaminación de la vía fluvial. Se utiliza maquinaria pesada para preparar los taludes y excavar zanjas de fundación y coronamiento. Cualquier material sobrante de esta operación es dispuesto en botadero autorizado.

Después de la preparación inicial, se coloca manualmente una membrana geotextil a lo largo y ancho del pretil de la defensa. El paso final implica construir la estructura de defensa, aplicando las capas correspondientes de conglomerado de cantera y material granular, seguido de la colocación de relleno de respaldo del enrocado y finalmente la roca.

Necesidad de conservación: Mantener zonas aledañas libres de potenciales inundaciones, protegiendo zonas agrícolas, residencias de la población e infraestructura pública.

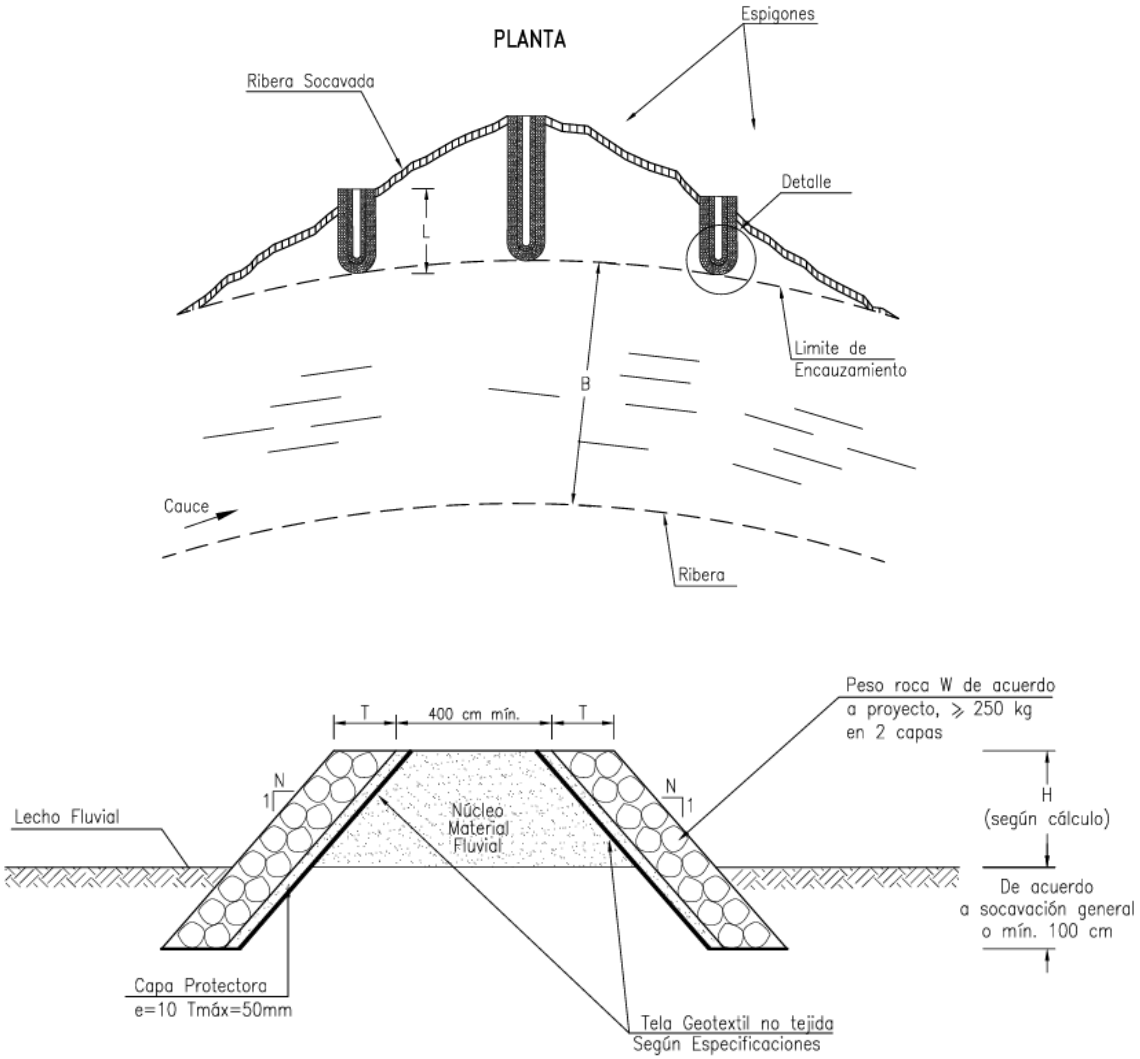


***Figura A8. 31**. Esquema en planta y corte de defensa fluvial con espigones de roca. Fuente: Manual de Carreteras, vol N°4 Planos de obras tipo.*



***Figura A8. 32**. Imagen de defensa fluvial con espigones en río Biobío. Fuente: Elaboración propia.*

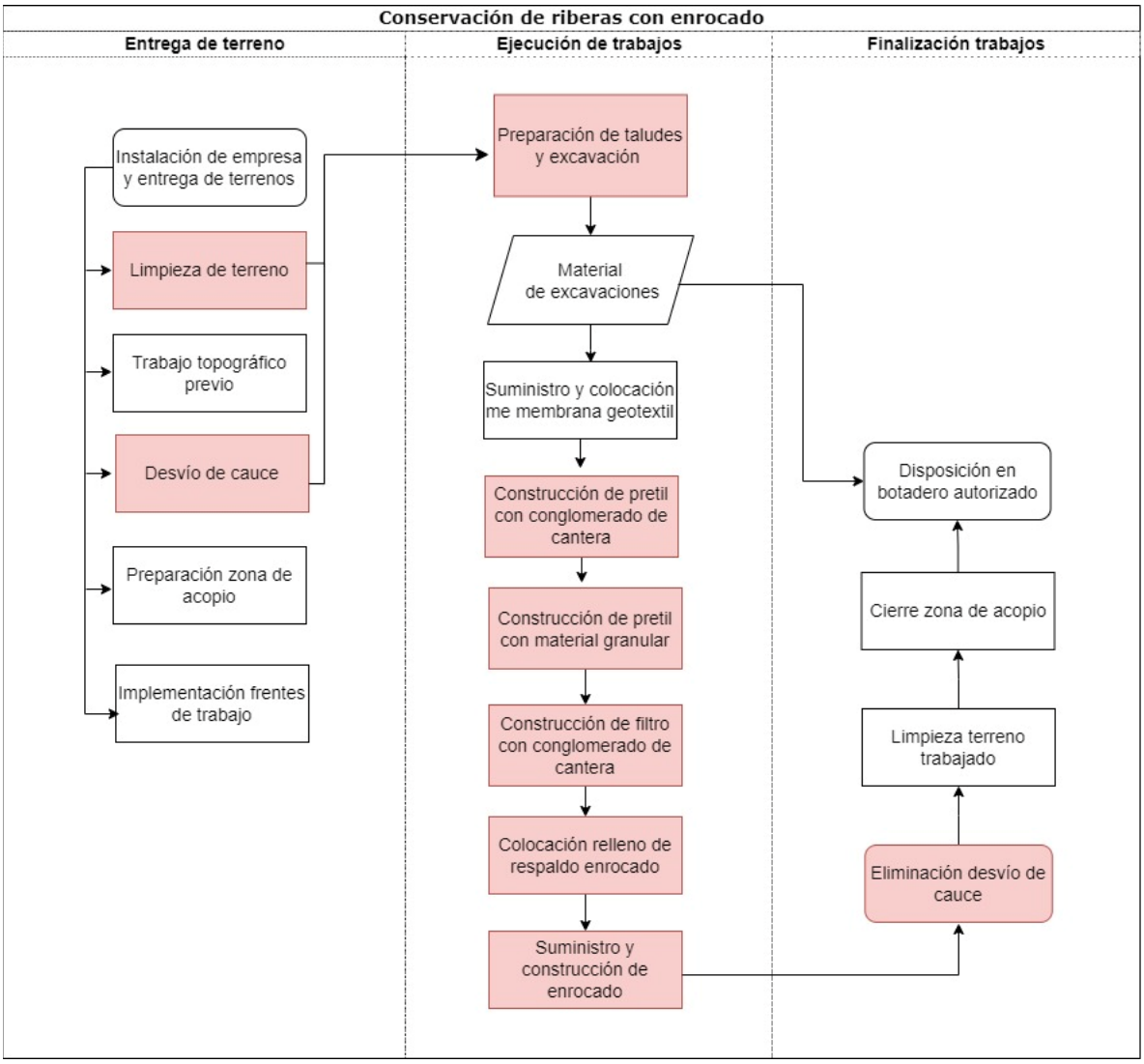


Figura A8. 33. *Diagrama de flujo para obra de conservación: conservación de riveras con enrocado. Fuente: Elaboración propia.*

Rebajes, rectificaciones, perfiladuras, encauzamientos y semi encauzamientos, despeje, extracción y desembanque

Tipo	:	Conservación defensa fluvial y control aluvional
Subtipo	:	Mejoramiento de cauces

Descripción: Esta operación se refiere a los necesarios rebajes, encauzamientos y perfiladuras para la conformación de los fondos de lecho en cauces naturales o artificiales. También incluye en caso de ser necesario el mejoramiento de cauce que implique un despeje, extracción y/o desembanque de todo elemento que impida el flujo normal de las aguas.

Procedimientos de trabajo: El trabajo se realiza teniendo el cuidado de evitar daños a la propiedad privada adyacente a las riberas, estructuras de conducción de agua, obras de protección fluvial y cualquier otra estructura presente en el área de trabajo. Los principales procedimientos asociados a esta operación son:

- **Alineaciones, niveles y pretiles transversales:** Tanto los rebajes, perfiladuras y encauzamiento deben alcanzar con exactitud las cotas que muestren los planos, respetando los niveles y taludes.

- **Rebaje del lecho:** La operación involucra todos los trabajos necesarios para medir, rebajar y retirar el material del lecho del río hasta alcanzar el nivel de fondo designado y especificado en el proyecto. Este tipo de operación incluye también la carga y transporte del material sobrante excavado hasta los botaderos autorizados. Cuando sea indicado en el proyecto, se considera un encauzamiento (obras para un control total del flujo de agua) o semiencauzamiento (obras para un control parcial del flujo de agua) con la finalidad de mantener la pendiente longitudinal del río en el sector. Por otro lado, el desembanque del cauce corresponde al despeje de la sección normal de escurrimiento (talud, coronamiento de riberas y fondo), requiriendo para ello remover y retirar sedimentos y vegetación.

Necesidad de conservación: Prevenir potenciales inundaciones a zonas aledañas al cauce.

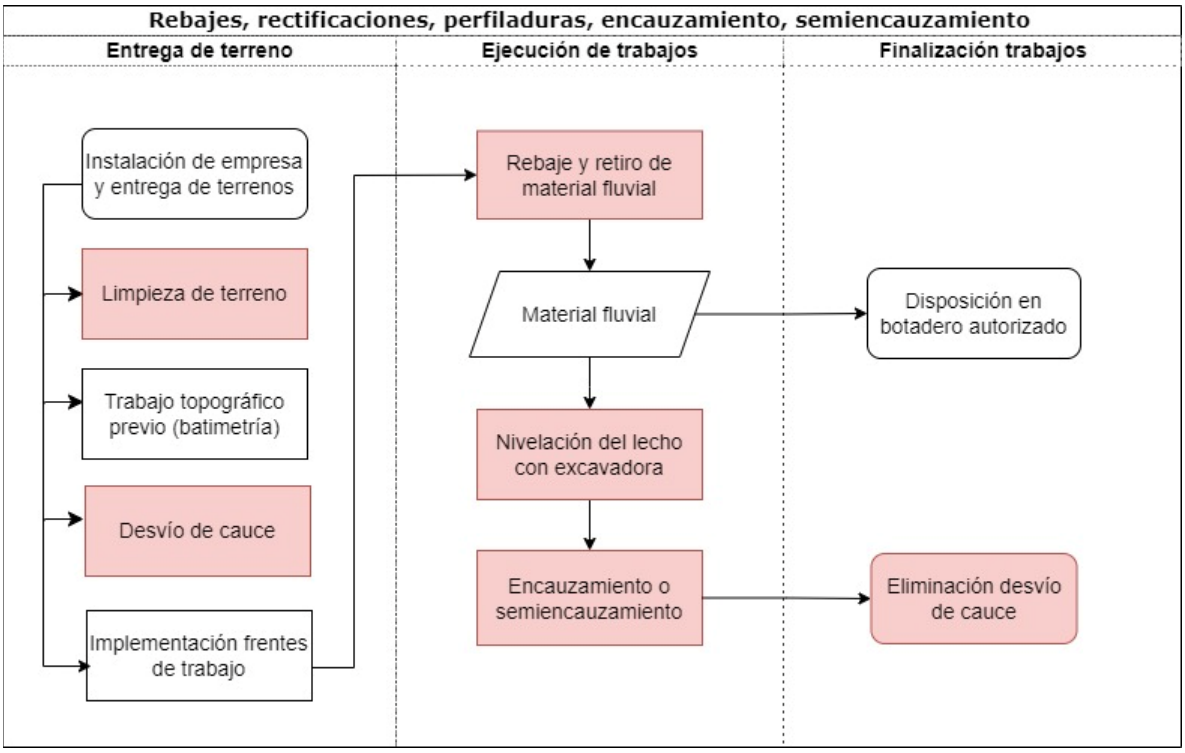


Figura A8. 34. *Diagrama de flujo para obra de conservación: rebajes, rectificaciones, perfiladuras, encauzamientos y semi encauzamientos. Fuente: Elaboración propia.*

Reforestación de cuencas hidrográficas

Tipo	:	Conservación defensa fluvial y control aluvional
Subtipo	:	Protección de defensas vivas

Descripción: Muchas veces, producto de la ejecución de obras, es necesario el retiro de vegetación existente en el área de emplazamiento. En este contexto se pueden dar dos opciones, por un lado, que una reforestación sea exigida por una Resolución de Calificación Ambiental (RCA) o que sea requerida a través de un Plan de Manejo Forestal aprobado por CONAF. En ambos casos, se dará pie a la reforestación una vez finalizadas las obras en el lugar.

Procedimientos de trabajo: Para llevar a cabo los trabajos es necesario contar con un equipo profesional, maquinaria y herramientas de trabajo. La maquinaria asociada a los trabajos corresponde principalmente camiones aljibes para regadío, camiones ¾ para traslado de maquinaria y herramientas, motosierra para despeje de vegetación mayor, generador, entre otras. Las especies para plantar corresponderán a aquellas establecidas en el Plan de manejo Forestal. Las casillas de plantación se conforman de forma manual o mecánica considerando para ello una excavación de 40 cm de alto x ancho x largo. En algunos casos considera la adición de fertilizante en los sectores de trabajo a fin de aumentar la supervivencia de las especies plantadas.

Necesidad de conservación: Devolver la vegetación retirada o perdida producto de la ejecución de obras con el objetivo de conservar el ecosistema en parámetros originales. Además, es una solución alternativa (Solución Basada en la Naturaleza) para defensas fluviales, ya que en densidades adecuadas y procurando una diversidad estructural, la vegetación permite: estabilizar laderas y riberas, mejorar la permeabilidad del suelo, actúa como filtro reteniendo crecidas y material de arrastre y disminuye procesos erosivos mediante la captura de sedimentos.

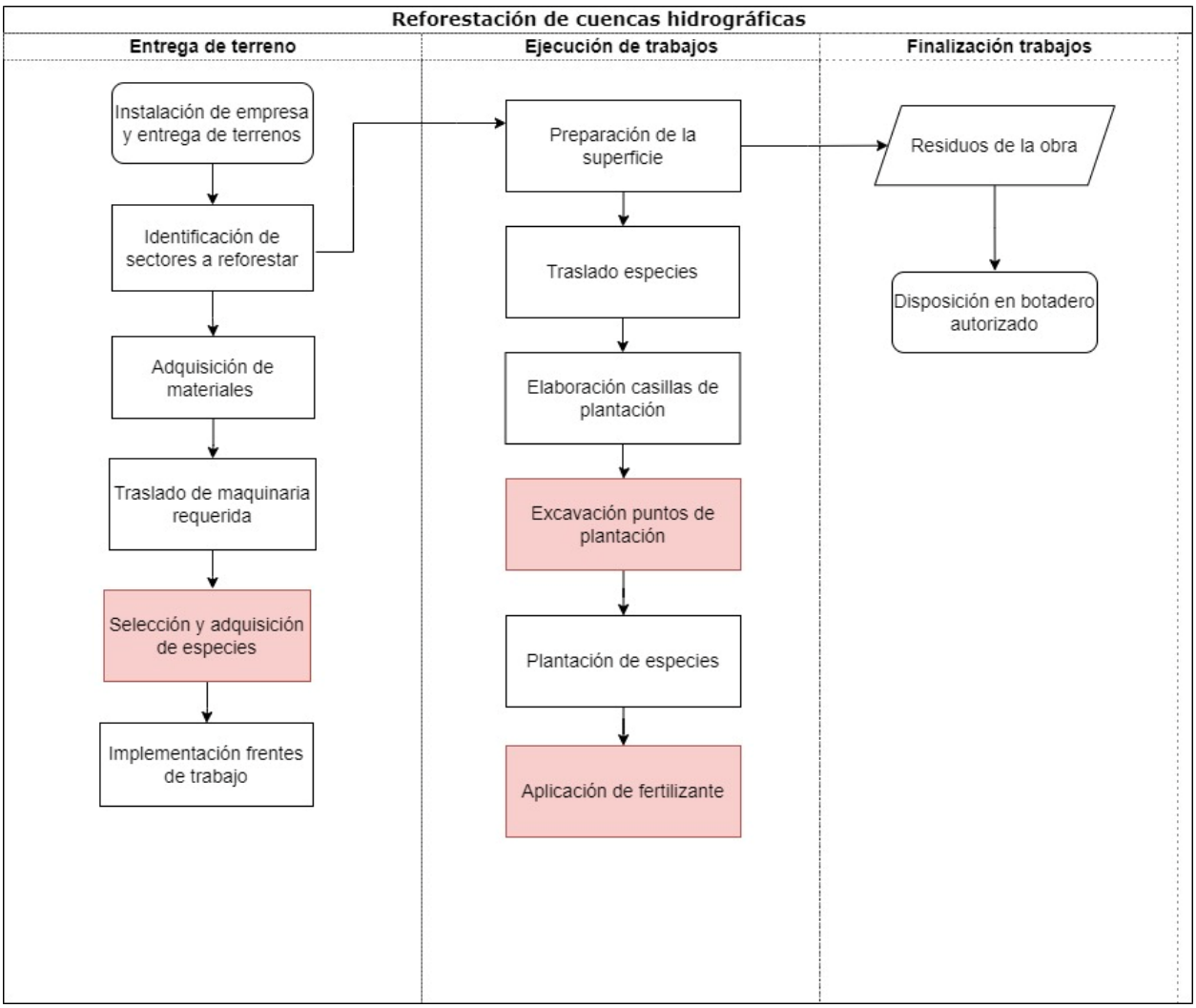


Figura A8. 35. *Diagrama de flujo para obra de conservación: reforestación de cuencas hidrográficas. Fuente: Elaboración propia.*

Defensa rígida lineal en ribera (muro mampostería)

Tipo	:	Conservación defensa fluvial y control aluvional
Subtipo	:	Muros de mampostería

Descripción: Estos muros son construidos cuando por efectos del caudal puedan provocarse erosiones del terreno natural. Es por ello por lo que se consideran una de las alternativas a la generación de defensas rígidas lineales en las riberas.

Procedimientos de trabajo: Los muros de mampostería utilizan como principal material piedras, las que deben cumplir con las especificaciones de cada proyecto. Además, se utiliza un mortero para asentar y unir las piedras y repasar las juntas. Cuando el volumen a utilizar sea mayor a 0,25 m3, el mortero debe prepararse en hormigonera. Para muros de mampostería de piedra, el área de emplazamiento de las fundaciones debe emparejarse y eliminar todo material suelto o extraño. Cuando la fundación este compuesta por suelo orgánicos, inestables o que no puedan ser compactados por la humedad presente, se procede retirar dicho material hasta alcanzar una profundidad adecuada que garantice la mínima densidad. Se deben colocar estacas de alineamiento, dispositivos niveladores, andamios y cualquier otro elemento provisorio que sea necesario durante la ejecución de la obra. El área de fundación debe ser humectada previo a la colocación de una capa de mortero, para luego humedecer las piedras y colocarlas sobre este.

Necesidad de conservación: Evitar la erosión de riberas y proteger de inundaciones las zonas aledañas al cauce, incluyendo la población, infraestructuras y bienes públicos y privados.

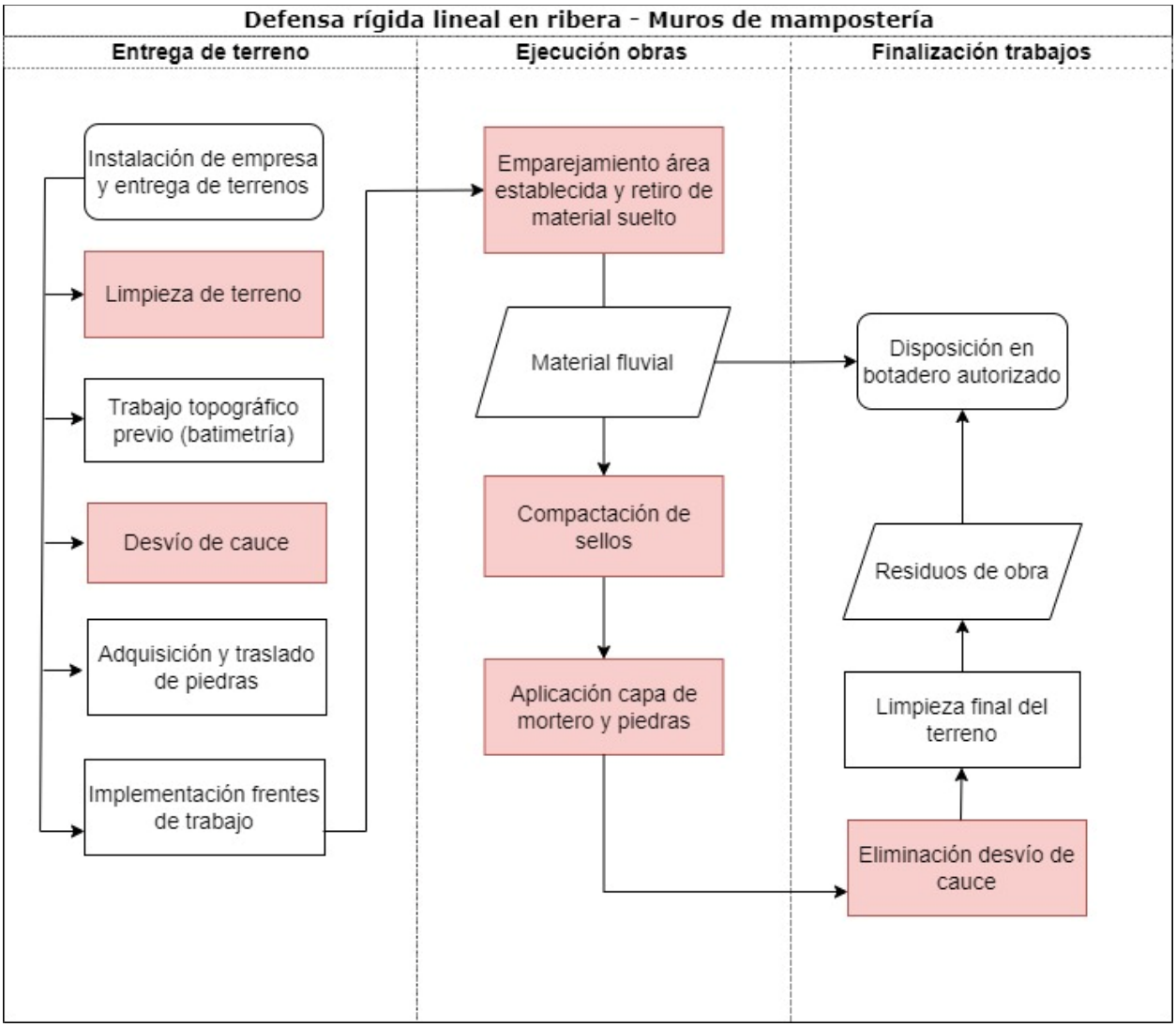


Figura A8. 36. *Diagrama de flujo para obra de conservación: Defensa rígida lineal en ribera (muro mampostería). Fuente: Elaboración propia*

Defensa rígida lineal en ribera (muro de hormigón)

Tipo	:	Conservación defensa fluvial y control aluvional
Subtipo	:	Muros de hormigón

Descripción: Al igual que las defensas longitudinales mencionadas con anterioridad, las defensas elaboradas con muros de hormigón tienen como finalidad principal evitar inundaciones de las zonas aledañas al curso de agua. La longitud de la obra depende específicamente de lo proyectado en especificaciones técnicas de cada proyecto.

Procedimientos de trabajo: Los trabajos al igual que en la mayoría de las obras de cauces fluviales comienzan con la limpieza del terreno, retirando de la zona de trabajo todo aquel material que genere un problema. En muchas ocasiones es necesario el retiro de vegetación existente en el lugar, procurando evitar la corta de árboles. En caso de que el corte de árboles fuese necesario, se presenta un plan de manejo a CONAF a fin de obtener autorización para este fin y tomar las medidas necesarias. La superficie donde se aplique el hormigón tiene que limpiarse a través de chorro de aire o de agua eliminando todos los materiales sueltos o partidos. En este mismo ámbito es necesaria la compactación de la superficie a fin de que la superficie este firme y nivelada. Posteriormente, es aplicado el hormigón en la superficie estipulada por contrato, considerando para el uso de moldajes. En el proceso de curado del hormigón es necesario mantener la humedad necesaria durante todo el proceso, hasta el endurecimiento total del material. Una vez curado el hormigón se procede al retiro de los moldajes y la restitución de todos los elementos que pudiesen verse afectados en el proceso.

Necesidad de conservación: Evitar la erosión de riberas y proteger de inundaciones las zonas aledañas al cauce, incluyendo la población, infraestructuras y bienes públicos y privados.

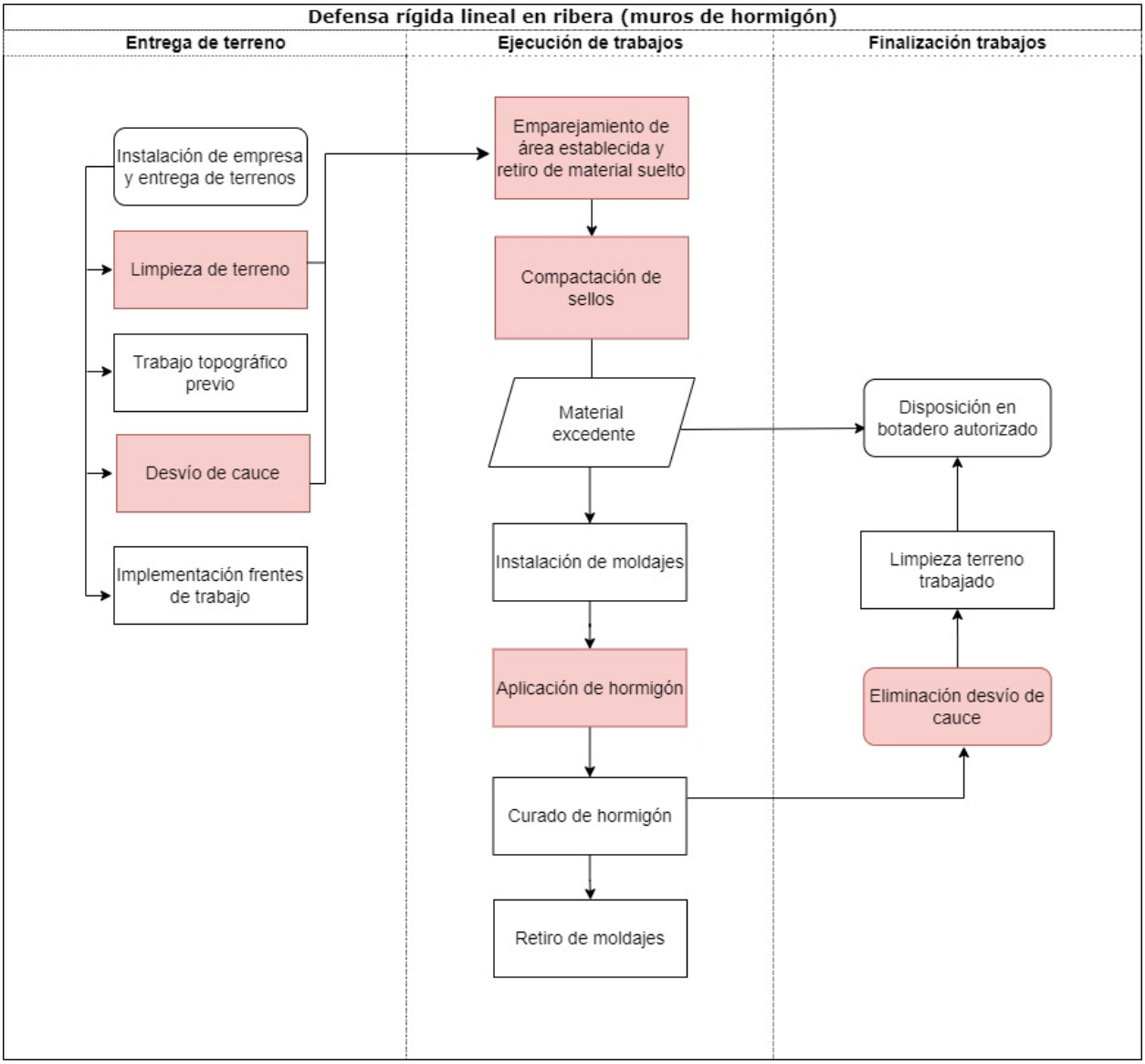


Figura A8. 37. *Diagrama de flujo para obra de conservación: Defensa rígida lineal en ribera (muro hormigón). Fuente: Elaboración propia.*

Barreras estabilizadoras, pozas de decantación

Tipo	:	Conservación defensa fluvial y control aluvional
Subtipo	:	Obras de retención

Descripción: Los proyectos de retención de sedimentos se utilizan en las zonas aguas arriba de los cauces para contraer parte del flujo y los sedimentos más gruesos y bloques de roca. Estas obras también contribuyen a disminuir la pendiente y con ello también la energía y capacidad de arrastre. Estas estructuras consisten en barreras colocadas transversalmente al cauce, creando un sistema estabilizador para su perfil longitudinal. Por otro lado, existe la posibilidad de dar alojamiento a la totalidad o parte del material de arrastre en hondadas o pozas de decantación que no presentan peligro para los sectores urbanos o agrícolas aledaños. A continuación, se detallan ambas tipologías de obras descritas recientemente.

- **Barreras estabilizadoras del perfil de un cauce:** Se utilizan para retener el material de arrastre por las aguas generando una pendiente del cauce menor a la natural. Para ello se construyen barreras transversales al cauce, dispuestas en serie a lo largo de un tramo canalizado de este.

- **Pozas de decantación excavadas bajo el cauce:** Corresponden a excavaciones destinadas a acumular de manera parcial el volumen del flujo de agua y sedimento. Los cortes en el cauce aguas arriba presentan un talud inclinado en la pared, pudiendo ser el piso horizontal o con inclinación. El ingreso del flujo a cada poza es generado por un canal de aproximación. En la **Figura A8. 38** y **Figura A8. 39** se muestra dos secciones tipo de pozas de decantación, en conjunto con barreras transversales.

Procedimientos de trabajo: La implementación tanto de las pozas de decantación excavadas bajo el cauce como las barreras estabilizadoras se realizan en lugares con riesgo aluvional. Considerando la amenaza física, la construcción de estas estructuras se programa, generalmente, en épocas donde las condiciones climáticas favorezcan los procesos constructivos, por lo que al momento de la ejecución de los trabajos el cauce se encuentra con poca o nada de agua, no siendo necesario el desvío de cauce para la construcción. El proceso constructivo parte con la habilitación del terreno, limpiando el material que resulte un obstáculo para la óptima ejecución de trabajos. Posteriormente son generadas las pozas de decantación a través de maquinaria y se construyen las barreras estabilizadoras utilizando algún tipo de material impermeable como mampostería u hormigón armado. Estas estructuras son fundadas en el lecho, lo que considera excavaciones en la sección transversal para generar el sello de fundación. En el fondo de las pozas es frecuente incorporar material filtrante, de modo que este atrape los sedimentos y no escurran aguas abajo tras un aumento brusco de caudal.

Necesidad de conservación: Acumulación de sedimentos en un lugar específico del cauce.

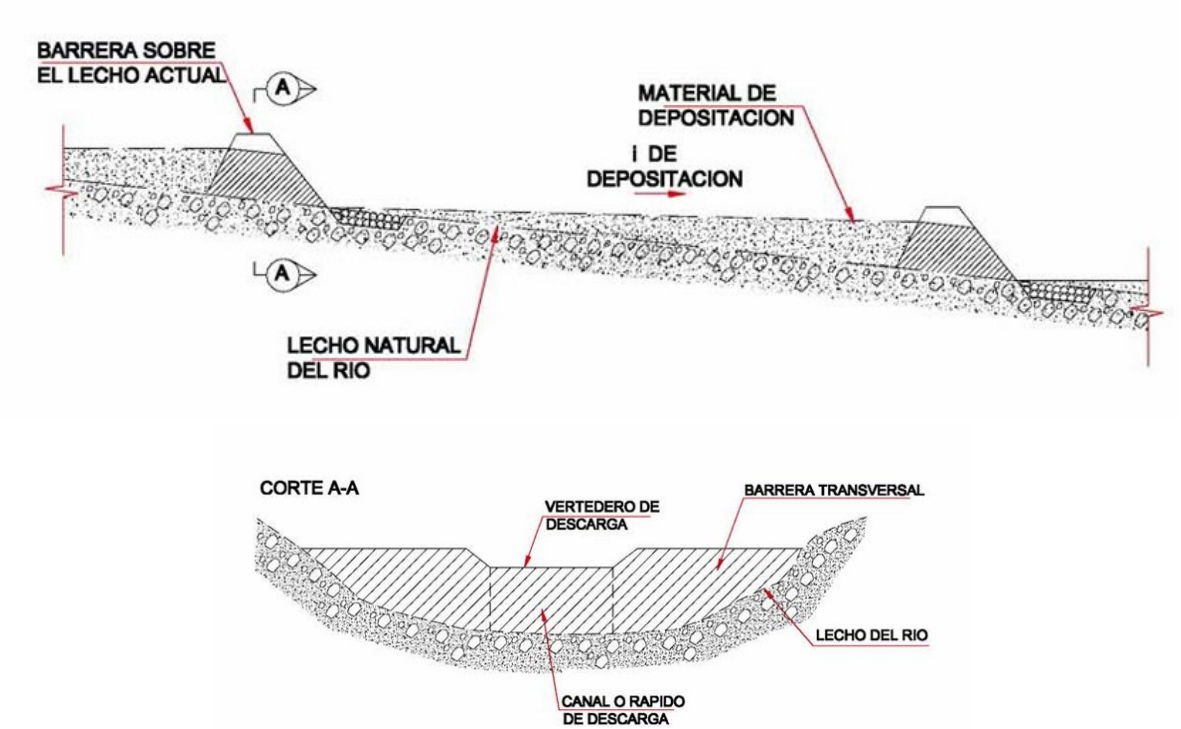


Figura A8. 38. *Ejemplo de barrera estabilizadora. Imagen superior: corte longitudinal. Imagen inferior: corte transversal. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3, MOP.*

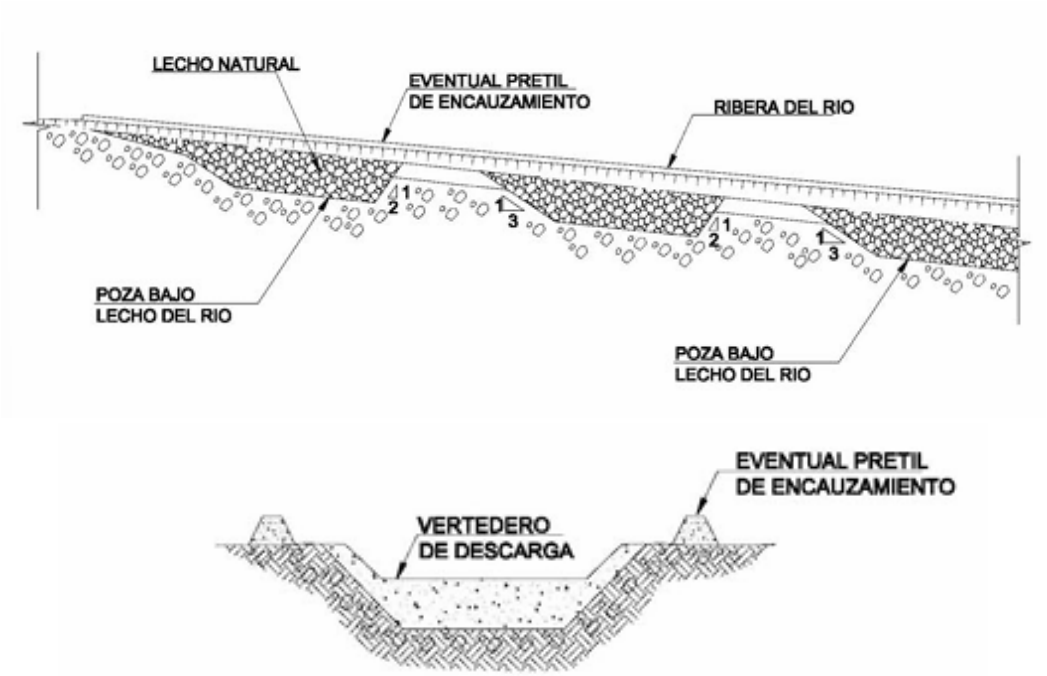


Figura A8. 39. *Ejemplo de barrera estabilizadora con pretil de encauzamiento. Imagen superior: corte longitudinal. Imagen inferior: corte transversal. Fuente: Manual de Carreteras Vol. 3, MOP.*

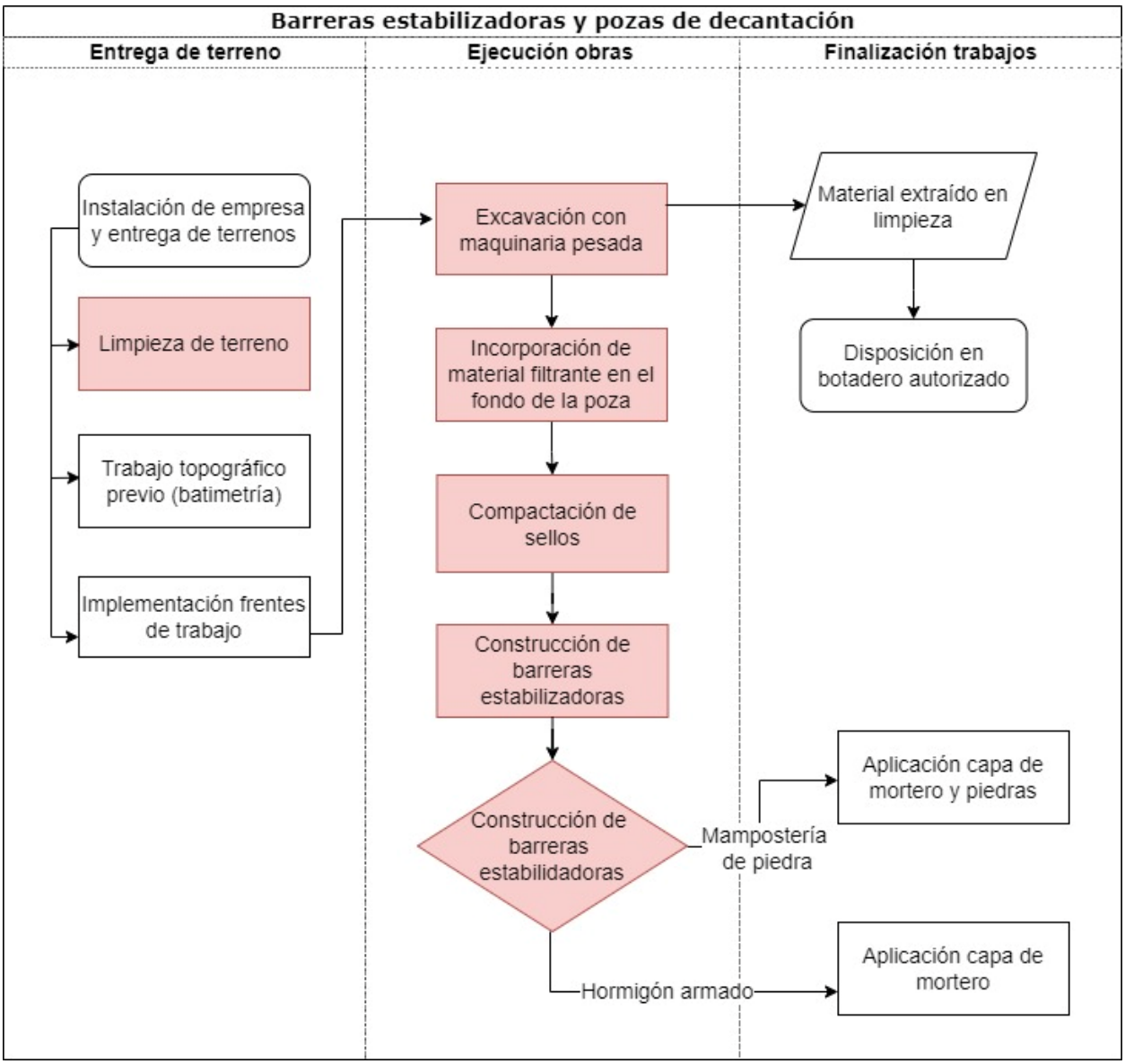


Figura A8. 40. *Diagrama de flujo para obra de conservación: Barreras estabilizadoras, pozas de decantación. Fuente: Elaboración propia.*

Canales revestidos

Tipo	:	Conservación defensa fluvial y control aluvional
Subtipo	:	Vías aluvionales

Descripción: Consisten en vías de evacuación de flujo localizadas generalmente aguas debajo de obras de retención como las descritas anteriormente. La reparación de estas obras debe considerar que en general la sección original de escurrimiento responde a una necesidad hidráulica. De esta forma, es conveniente reconformarlos otorgándoles una sección a lo menos igual a la que presentaban originalmente.

Procedimientos de trabajo: Para la mantención de canales revestidos, se debe retirar cualquier elemento que este obstruyendo el correcto flujo de agua. Para ello se hace inicialmente una visita a terreno dónde se establecen los trabajos que serán llevados a cabo. En caso de presentar vegetación en abundancia esta deberá ser cortada, quedando el área del canal lo más despejado posible. En caso de que el canal se encuentre con material vegetal o sedimentos, se deberá hacer limpieza de la obra en su totalidad, considerando para ello muchas veces el cierre de compuerta del canal en la bocatoma. En la **Figura A8. 41** se presenta un canal revestido en proceso de limpieza de sedimentos, dónde se observa que se ha realizado un corte de agua a fin de retirar el material que obstruye el correcto flujo. Los equipos necesarios para llevar a cabo este trabajo dependerán de las condiciones en que se encuentre la obra, lo que incluye maquinaria para el corte de vegetación y excavadoras o retroexcavadora para el retiro de sedimentos. No obstante lo anterior, los trabajos pueden realizarse también de forma manual. En el supuesto de que el canal revestido presente fisuras o deterioro en su estructura, este deberá ser reconstituido en aquellos segmentos que lo ameriten. Para ello será necesario la demolición y el retiro del material existente, la excavación en el terreno, la preparación de los sellos de fundación para finalmente generar las paredes laterales del canal. Estas últimas puedes ser generadas in situ con los moldes bien ser adquiridas prefabricadas sellando junturas con mortero. Todo aquel material que sea generado producto de la limpieza de material orgánico o producto de demolición deberá ser transportado y dispuesto en botadero autorizado.

Necesidad de conservación: Los principales problemas que presentan estas obras se asocian a disminuciones de la sección de escurrimiento, las cuales son provocadas ya sea por acumulación de sedimentos y basuras, deslizamiento y/o erosiones en taludes y fondo, agrietamientos del revestimiento y fallas de las conexiones con las obras de descarga.



Figura A8. 41. *Imagen de canal revestido en proceso de limpieza. Fuente: Elaboración propia.*



Figura A8. 42. *Canal de regadío en proceso de reconstitución. Fuente: Elaboración propia.*

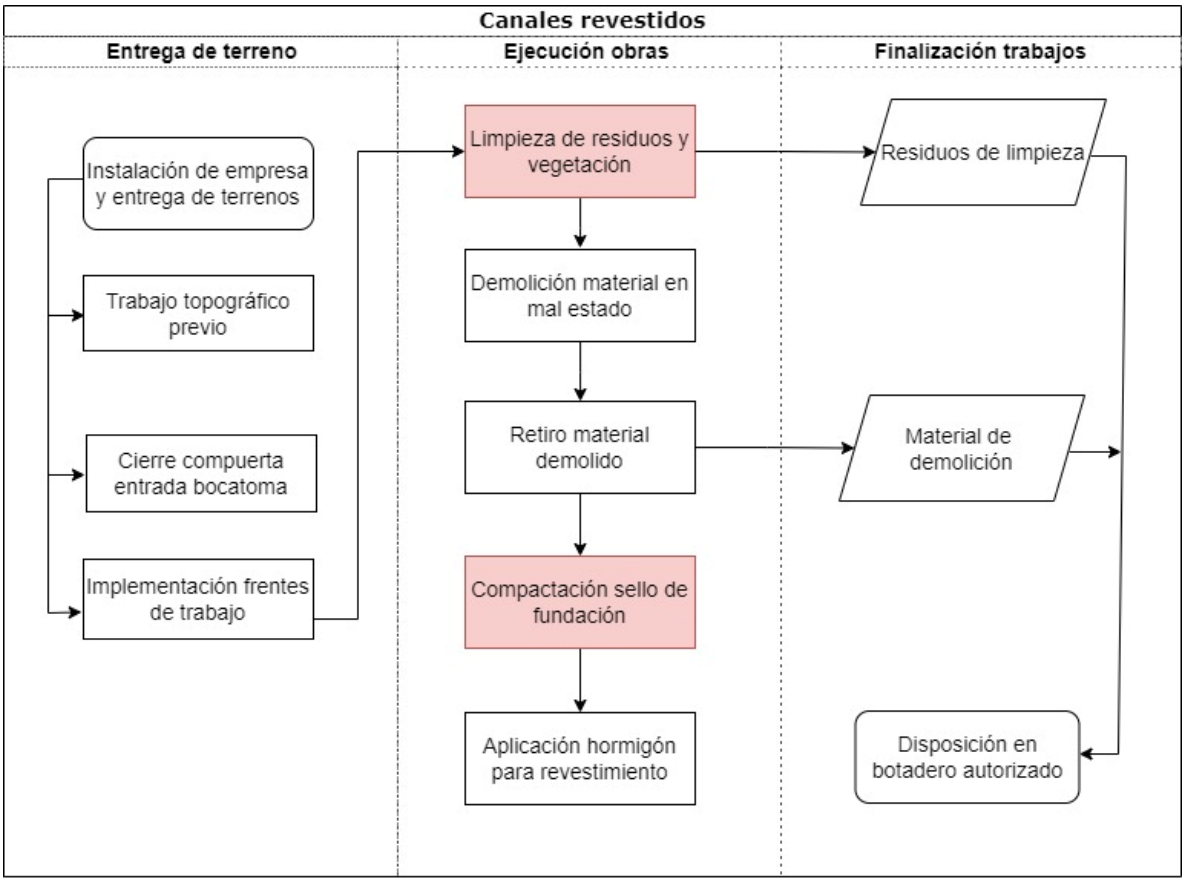


Figura A8. 43. *Diagrama de flujo para obra de conservación: Canales revestidos. Fuente: Elaboración propia.*

Mantención de la red primaria de aguas lluvias

Tipo	:	Conservación de aguas lluvias
Subtipo	:	Red primaria

Descripción: La red primaria queda definida en los Planes Maestros de Aguas lluvias y es el vínculo entre la red secundaria y domiciliaria con los cuerpos de agua receptores. Esta red puede incluir varios elementos tales como cauces naturales y canales artificiales, alcantarillas, grandes colectores superficiales o enterrados y elementos de regulación como lagunas o estanques. Debido a la diversidad de elementos que contiene la red primaria, la mantención de esta puede involucrar diferentes procedimientos tales como, limpieza y retiro de materiales que obstruyan el flujo (basura, sedimentos y vegetación), demolición y reemplazo de colectores deteriorados, demolición y reemplazo de revestimiento de hormigón o enrocado, entre otras.

Por otro lado, esta red puede interactuar con humedales de múltiples formas. En muchos casos los elementos de la red primaria pueden ser un humedal en sí mismo, por ejemplo, cauces naturales, lagunas o estanques, o bien, los cuerpos receptores de esta red pueden ser humedales. En este sentido la potencialidad de afectación dependerá tanto del procedimiento a realizar como de la relación de la obra con el humedal.

A fin de ejemplificar el área que puede abarcar un contrato de este tipo, se presenta en la **Figura A8. 44**, la georreferenciación de la red atendida en el contrato “Conservación varios sectores red primaria de aguas lluvias, La Serena – Coquimbo, año 2023.

Procedimiento de trabajo: Los procedimientos para la mantención de la red primaria son tan variables como la cantidad de elementos que la componen. Algunos procedimientos usuales son la limpieza, que consiste en el retiro de basura, sedimentos y vegetación que podría estar obstruyendo el flujo, la demolición y reemplazo de ciertas obras como colectores, canales revestidos o enrocados, desvío de cauce, reacondicionamiento de descargas en cauces receptores, revestimiento de canales, entre otros.

En función del tipo de elemento de la red primaria que se busca mantener y su relación con los humedales, las potenciales afectaciones en los humedales producto mantención de la red primaria son múltiples. En este sentido la identificación de potenciales afectaciones es caso específico requiere un análisis caso a caso. Por esta razón, los procedimientos de trabajo en el esquema se muestran de forma genérica y la identificación de potenciales alteraciones se realiza de forma conservadora y amplia.

En el caso de que el elemento de la red primeria sea en sí mismo un humedal y por ende la relación de proximidad corresponda a “sobre”, los aspectos ambientales pueden estar relacionados al despeje de vegetación hidrófila, cambio en la sección transversal, cambio en el régimen hidrológico, movimientos de tierra en el cauce, cambio en la rugosidad del cauce, disposición de material en el cauce o en la zona ribereña, entre otros. Por otro lado, si el elemento de la red primeria descarga hacia un humedal, y la relación de proximidad sea “aguas arriba” o en algunos casos “sobre”, los aspectos ambientales que generan cambios en el humedal podrán ser: generación de material particulado, despeje de vegetación hidrófila, movimientos de tierra en el cauce o aledaño a este,

generación de ruido, suelo descubierto aledaño al humedal, disposición de material en la zona ribereña, entre otros. Cabe destacar que estas alteraciones son propias de la mantención, aún así, la red primaria puede implicar modificaciones de base en la salud ecosistémica de los humedales debido a el aporte de contaminantes urbanos y aumento de caudales máximos lo que genera un cambio en los procesos erosivos, disminución del flujo base, entre otros.

Necesidad de conservación: Permitir la conducción de las aguas lluvias desde la red secundaria o domiciliaria a la red natural sin generar desbordes o inundaciones.

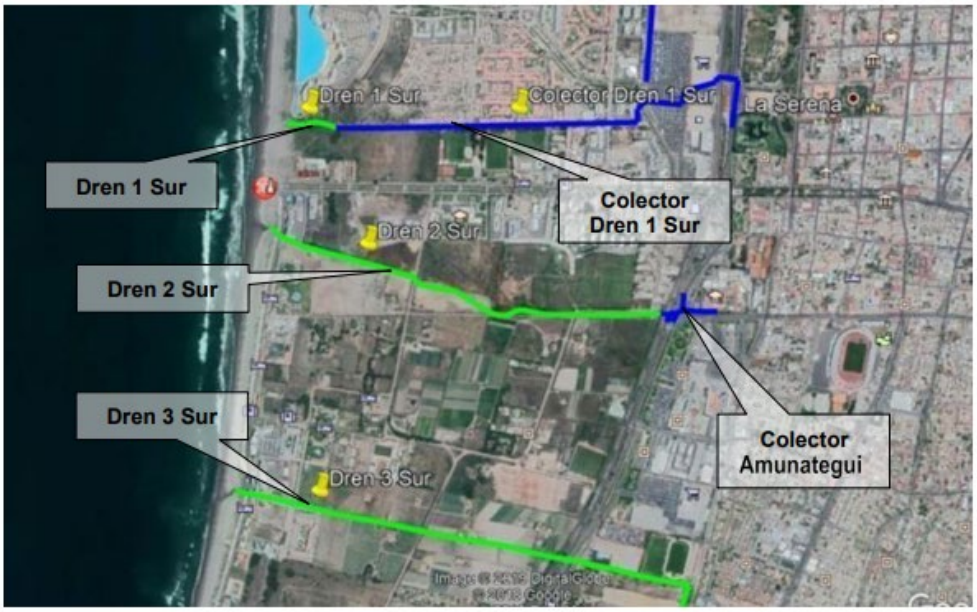


Figura A8. 44. *Georreferenciación de un sector de red primaria de aguas lluvia atendido dentro del contrato "Conservación varios sectores red primaria de aguas lluvias, La Serena - Coquimbo, año 2023". Fuente: ETE conservación varios sectores red primaria de aguas lluvias, La Serena - Coquimbo, año 2023, Mercado Público.*

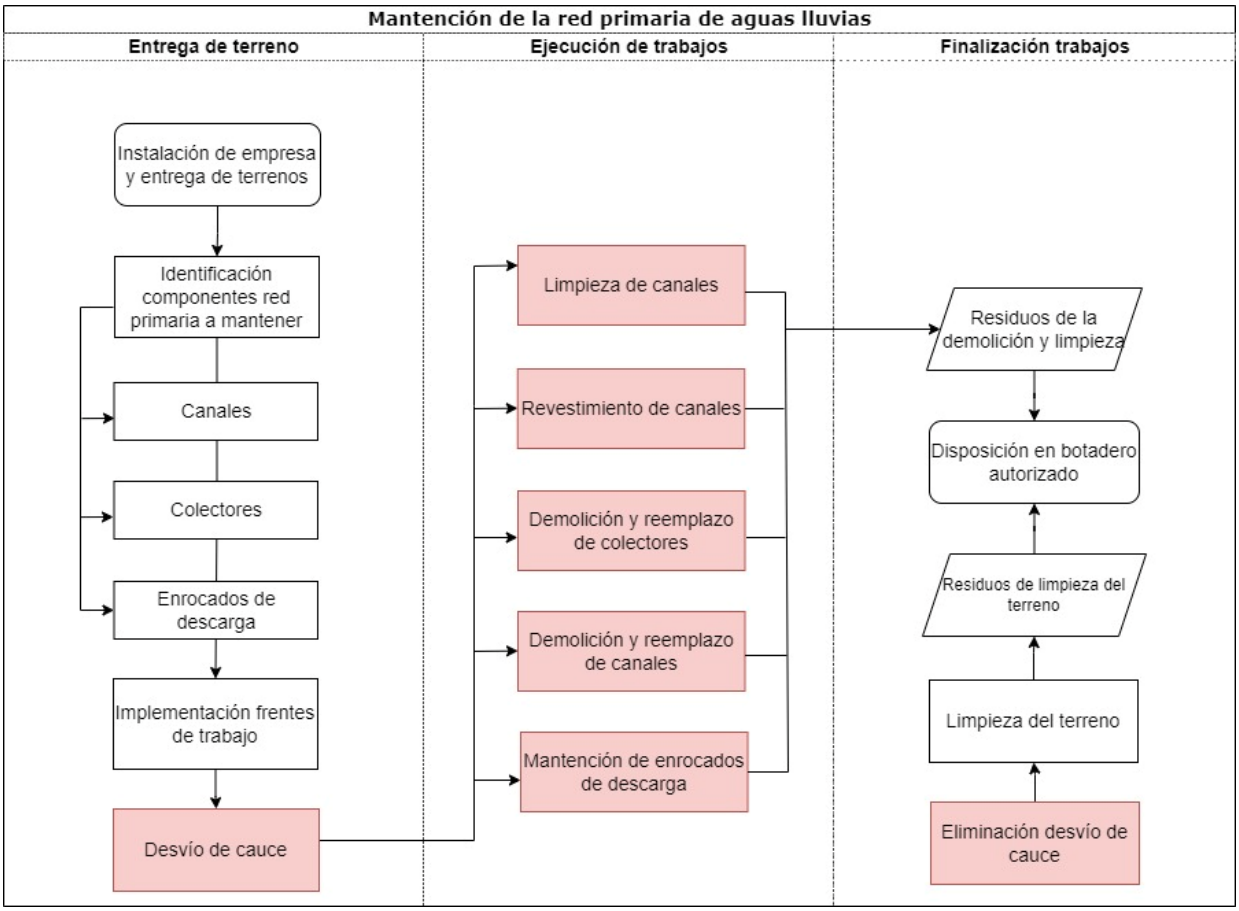


Figura A8. 45. *Diagrama de flujo para obra de conservación: Mantención red primaria de aguas lluvias. Fuente: Elaboración propia.*

Retiro de material en cauces receptores

Tipo	:	Conservación de aguas lluvias
Subtipo	:	Red primaria

Descripción: El retiro de material de material en cauces receptores podrá ser parte de la mantención de la red secundaria a primaria de aguas lluvias. Según lo explicado anteriormente, existen diferentes tipos de elementos que componen estas redes por lo que los procedimientos para su mantención serán variables según el tipo de obra y el tipo de cauce receptor, que, por lo general, corresponderá a un humedal. En la mayoría de los casos, la limpieza en los cauces receptores hace referencia al retiro de basura, limpieza de sedimentos arrastrados y retiro de vegetación. Esto con el fin de evitar obstrucciones en la conducción y descarga de las aguas lluvias.

Procedimientos de trabajo: La operación consiste en la limpieza de aquellos elementos que impidan el correcto flujo del agua, incluyendo muchas veces en estos la vegetación. Dependiendo de la situación del cauce receptor, se podrá emplear para este fin maquinaria pesada o métodos manuales. Esto podrá significar aspectos ambientales como generación de MP (material particulado), generación de ruido, despeje de vegetación, disposición de material en la zona ribereña, suelo descubierto aledaño al humedal, entre otros. Además, en algunos casos será necesario el desvío de cauce que implican otros aspectos ambientales como el movimiento de tierra en el cauce, modificación temporal de la sección transversal, entre otros. Cabe mencionar que los elementos retirados del cauce receptor serán transportados y dispuestos en un botadero autorizado.

Necesidad de conservación: Mantener el cauce receptor libre de elementos que impidan el flujo de agua.

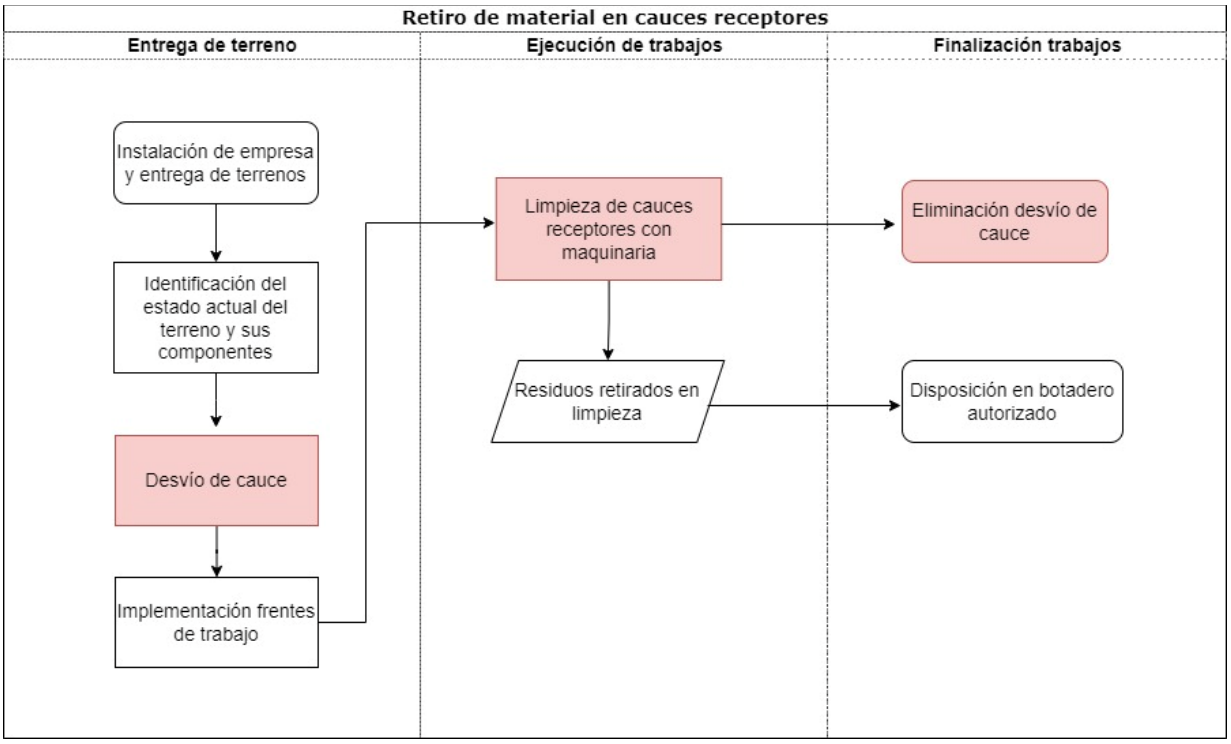


Figura A8. 46. *Diagrama de flujo para obra de conservación: Retiro de material en cauces receptores. Fuente: Elaboración propia.*

Conservación de colectores: hidrojet, reparación de tuberías, sumideros, cámaras

Tipo	:	Conservación de aguas lluvias
Subtipo	:	Red secundaria

Descripción: La red secundaria corresponde a un conjunto de elementos que captan, retienen y conducen aguas lluvia desde la parte inicial de drenaje urbano, hasta entregarlas a un sistema receptor adecuado aguas abajo. La descarga podrá ser hacia la red primaria o bien a otro tramo de la red secundaria. Entre los principales elementos típicos de la red secundaria están las calles y los sumideros para retirar o traspasar estas aguas hacia otros elementos. Además, las redes secundarias pueden, y deben en muchos casos, contar con elemento de retención y transporte especiales, ya sea superficial o subterráneos. En algunos casos estos elementos corresponden a humedales o bien descargarán a humedales que son parte de la red primaria.

Comúnmente los procedimientos para la conservación de colectores implican, retiro de basura, sedimentos y vegetación, limpieza con hidrojet, demolición y reemplazo de tuberías, limpieza de sumideros y cámaras. A modo de ejemplo, en la **Figura A8. 47** se presenta una red de sumideros a limpiar dentro del contrato “Conservación de colectores de aguas lluvia, red primaria, comunas de Machalí y Rancagua 2022”.

Procedimientos de trabajo: El objetivo de esas obras es principalmente mantener el correcto flujo de las aguas desde la red domiciliaria a la red primaria, evitando inundaciones en espacios públicos y privados. Es de suma importancia la mantención de estos elementos tanto en limpieza como en estructura. Para el caso de colectores que se encuentren deteriorados producto del tiempo u otros factores, estos deben ser reparados en su totalidad. Por otro lado, la limpieza de estos elementos puede realizarse con de elementos mecánicos como hidrojet o también de manera manual. El material resultante de esta limpieza debe ser transportado a botaderos autorizados.

Por lo general la relación de proximidad entre estas obras y los humedales será “aguas arriba”, ya que descargarán a cuerpos de agua de la red primaria que en algunos casos son humedales. En este sentido los posibles aspectos ambientales que podrán generar un cambio en el humedal receptor de las aguas son: movimientos de tierra en el cauce o aledaño a este, generación de ruido, arrastre de sedimentos o contaminantes en la limpieza con hidrojet, generación de material particulado, despeje de vegetación, entre otras.

Notar que en algunos casos los elementos de la red secundaria podrán ser humedales y la relación de proximidad será “sobre”; sin embargo, la mantención de este tipo de elementos no es parte de la obra de conservación en análisis.

Necesidad de conservación: Permitir la conducción de las aguas lluvias desde la red domiciliaria o secundaria a la red primaria sin generar desbordes o inundaciones.

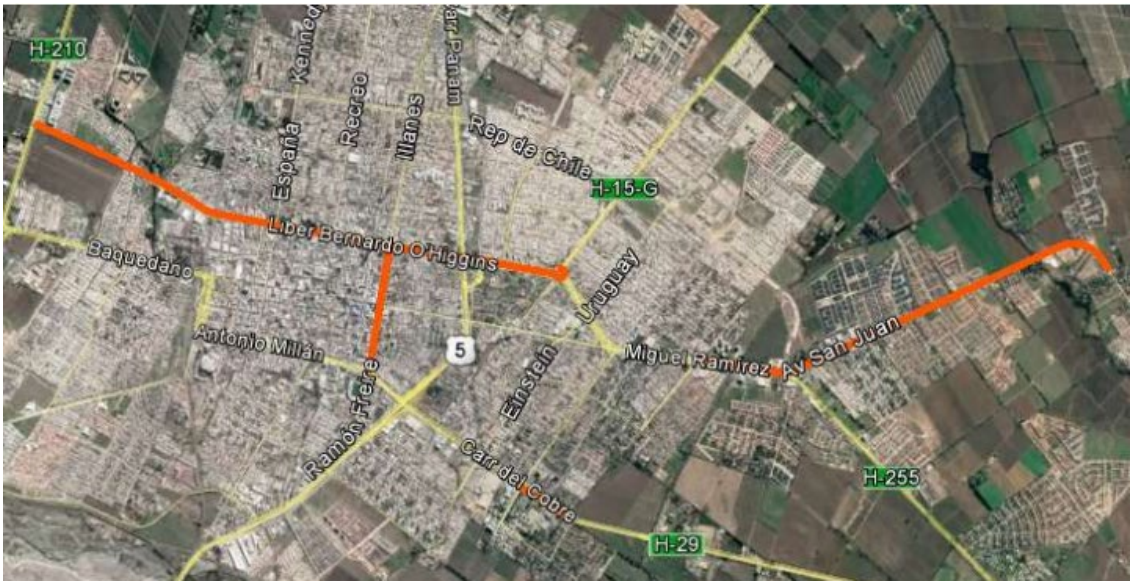


Figura A8. 47. *Sumideros a limpiar dentro del contrato Machalí, Rancagua mencionado Fuente: ETE Conservación de colectores de aguas lluvia, red primaria, comunas de Machalí y Rancagua 2022, Mercado Público.*

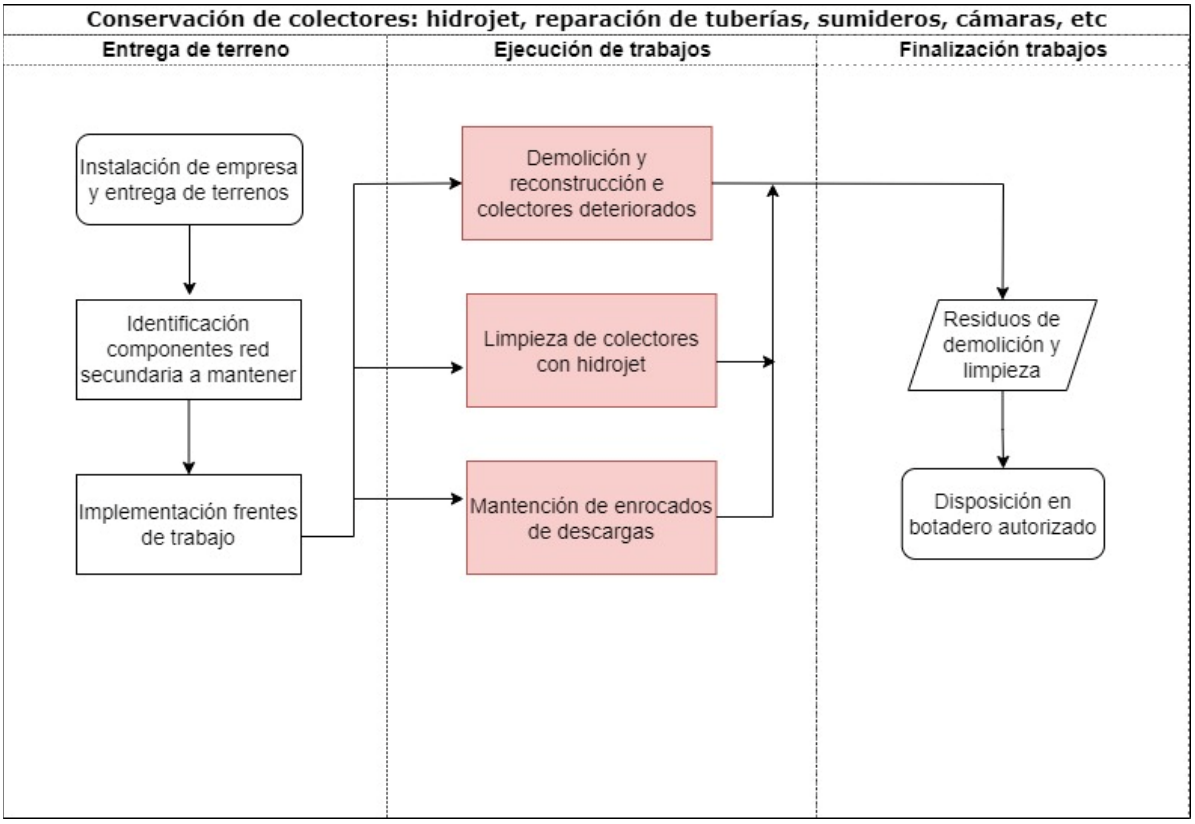


Figura A8. 48. *Diagrama de flujo para obra de conservación: Conservación de colectores: hidrojet, reparación de tuberías, sumideros, cámaras, etc. Fuente: Elaboración propia.*

Etapa de ejecución: obras de construcción

Procedimientos de trabajo para obra tipo puente

En términos generales, la construcción de una obra de puente abarca dos elementos constitutivos:

- **La infraestructura:** corresponde a la sección en donde se apoya la superestructura y a través de la cual se transmiten las cargas al terreno de fundación. Esta parte de la estructura corresponde a estribos que son los soportes en los extremos del puente y que conforman el acceso, y las cepas o pilas, que consisten en los apoyos intermedios de puentes con superestructuras constituidas por más de un tramo.

- **La superestructura:** corresponde a la parte del puente que da continuidad a un camino, ya sea sobre un río u otra vía. Puede estar conformada por uno o más tramos. Las componentes principales de esta superestructura corresponden al tablero, su sistema estructural, el sistema de vigas y/o losas.

El diseño estructural específico de ambos elementos dependerá de diversos parámetros asociados con la función y objetivo del puente. De esta forma, se optó por describir aquellos procedimientos técnicos y constructivos generales aplicables a la ejecución de la infraestructura y la superestructura, considerando el potencial de alteración al objeto de protección.

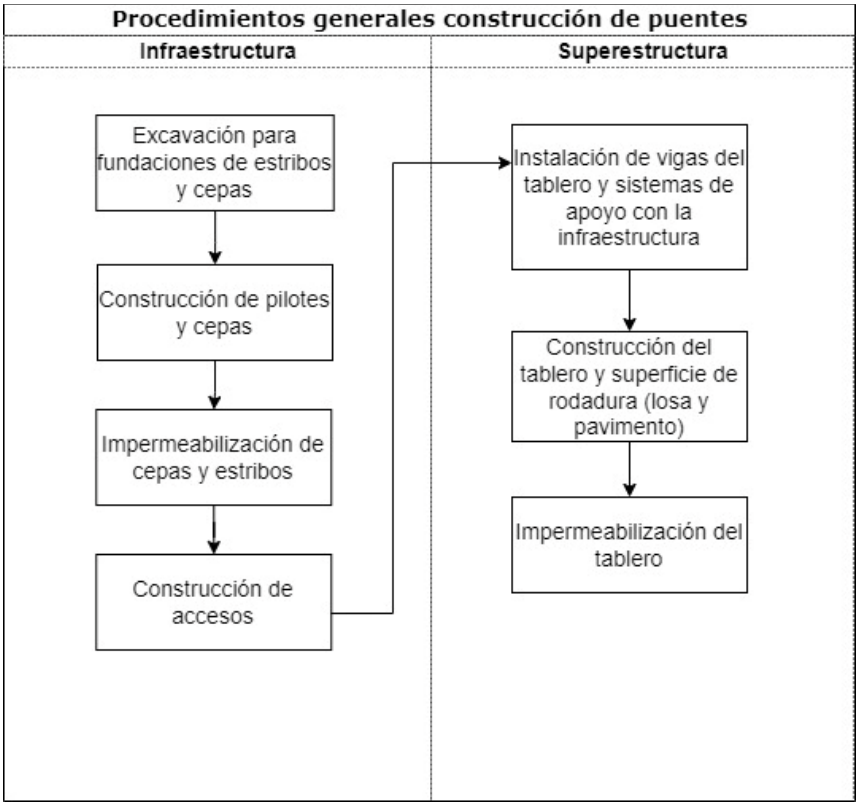


Figura A8. 49. *Procedimientos generales asociados a la construcción de un puente de hormigón. Fuente: Elaboración propia*

Excavación para fundaciones de estribos y cepas

Los procedimientos para realizar excavaciones para fundaciones de estribos y cepas de puentes parten con la limpieza de la vegetación y el retiro de todo el suelo vegetal. Posteriormente, los límites exteriores de las excavaciones deben delimitarse con estacas, jalones y líneas de demarcación de sus bordes. En excavaciones que alojarán fundaciones, se coloca a lo menos una estaca de referencia altimétrica. La excavación debe seguir las líneas y cotas especificadas, evitando al mínimo la perturbación de suelo fuera del área de excavación. Cuando existen suelos orgánicos e inestables, se puede generar una sobreexcavación e integrar suelos de reemplazo que permitan alcanzar una densidad adecuada en la compactación del sello de excavación.

Para fundaciones realizadas en lechos de cauces y zonas húmedas o con agua es necesario construir islas o plataformas de material impermeable (penínsulas) para proteger de crecidas. Las penínsulas construidas de manera temporal sobre el cauce tienen el objetivo de ingresar maquinaria correspondiente para llevar a cabo las fundaciones de estribos y cepas. El método constructivo de las penínsulas de ajusta a lo descrito en Formación y compactación de terraplenes. Se deben construir entibaciones[72] (**Figura A8. 50**), cribas o ataguías[73] (**Figura A8. 51**) en caso de filtraciones y crecidas que puedan generar erosión o socavación, especialmente en zonas con hormigón fresco. Una vez instaladas, se debe procurar que la excavación se realice dentro del área delimitada por estas estructuras, procurando no alterar el lecho del cauce fuera de estas. Cuando se terminan las fundaciones, las entibaciones, cribas o ataguías deben retirase, rellenando las zonas excavadas en el proceso de instalación de estas y procurando mantener la cota del lecho; en caso de cauces temporal o permanente secos, el relleno debe ser al menos hasta el extremo superior de las fundaciones. Además, todos los materiales de relleno vertidos dentro del cauce durante el proceso de excavación deben ser retirados.

[72] Las entibaciones son una estructura de contención provisional la cual cumple la función de estabilizar zanjas temporalmente. Dado que existen diferentes tipos de esta estructura, la utilización de una u otra dependerá de las condiciones del terreno, altura de excavación, nivel freático, entre otros. De la misma forma, el material a emplear en las entibaciones dependerá netamente de las condiciones del terreno, pudiendo ser estas de madera o de metal.

[73] Las ataguías son estructuras instaladas dentro de un cuerpo de agua de manera temporal con el fin de permitir que la maquinaria y equipo requerido puedan desaguar completamente un área.

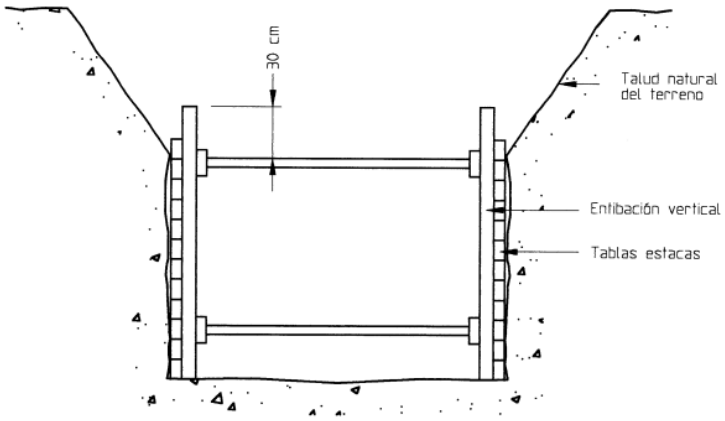


Figura A8. 50. *Entibación. Fuente: NCh 349, 1999.*



Figura A8. 51. *Ataguía dentro de un cuerpo de agua. Fuente: https://eddypump.com/.*

Para mantener para mantener la excavación libre de agua es necesario realizar un agotamiento mediante cunetas, canales, drenes, subdrenes o cualquier otra obra que permita desviar las aguas fuera de la zona de interés. Esto es particularmente relevante durante la preparación del sello de fundación, la colocación del hormigón y el fragüe de este. Es importante evitar el transporte de

sedimentos y partículas de suelo de los drenajes provisorios. Si no es posible mantener el agua fuera de la zona de excavación y bajo el nivel del fondo de las obras, pueden utilizarse métodos de bombeo.

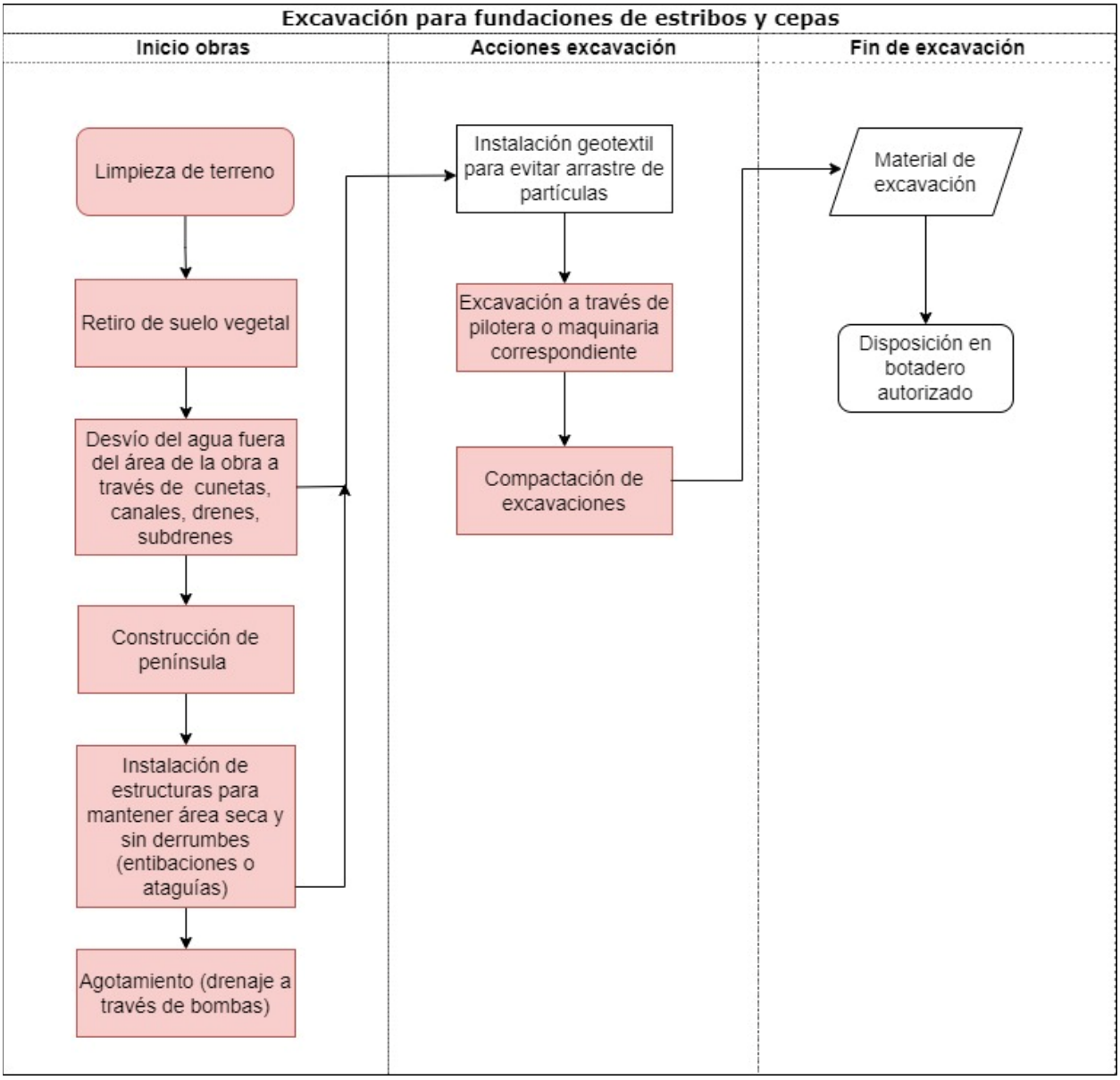


Figura A8. 52. *Diagrama de flujo para procedimiento: excavación para estribos y cepas. Fuente: Elaboración propia.*

Construcción de pilotes y cepas

Pilotes preexcavados (in situ)

Los métodos y equipos por utilizar dependerán del tipo de pilote a perforar y las condiciones del lugar. Para ello, se describen cuatro métodos, los que permitirán construir pilotes de hormigón y fundaciones sólidas, durables y libres de defectos.

- **Método de construcción en seco:** Este método aplica en lugares en que la napa subterránea y las condiciones del emplazamiento sean las adecuadas para permitir la construcción de los pilotes en una excavación relativamente seca, permitiendo la estabilidad de los lados y parte inferior de los pilotes y la inspección visual antes de verter el hormigón. En términos generales, el método seco implica la excavación, la remoción del agua remanente y material sobrante de la excavación y el vertido del hormigón en una zona seca.

- **Método de construcción bajo el agua:** Se utiliza en lugares donde no es posible mantener una excavación seca para la colocación del pilote de hormigón. Este método utiliza agua y lechada mineral para generar la excavación hasta la profundidad de fundación, a la vez que se dispone la armadura y hormigón que conforman el pilote. Luego, el pilote se conforma mediante una manga o bomba de hormigón. Pueden existir encamisado superficial para mantener la posición y alineación del pilote, evitando así derrumbes de la parte superior de la excavación.

- **Método de construcción con encamisado metálico temporal:** Se utiliza cuando los métodos en seco y bajo al agua no son apropiados para las condiciones del lugar. Utiliza el mismo método descrito anteriormente (método bajo el agua) para realizar la excavación y la diferencia recae en que cuando se alcanza una formación cuasi-impermeable se procede a colocar el encamisado y sellar la formación. La excavación puede proseguir utilizando el método en seco, una vez extraído el fluido de excavación del encamisado. En este caso, el encamisado debe retirarse para disponer el hormigón del pilote. En caso de que la filtración dificulte la aplicación del método en seco, la excavación debe proseguir con el método bajo el agua. Como alternativa al método en seco, en algunos casos se podrá instalar el encamisado temporal utilizando métodos vibratorios o hinca. El retiro del encamisado se realiza mediante rotación, presión descendente y martilleo y cuando con el hormigón aún no ha fraguado y el pilote haya alcanzado al menos la superficie. En el retiro, debe procurase que todo el fluido rebalse hacia arriba para evitar contaminar el pilote.

- **Método de construcción con encamisado metálico permanente:** Este método implica perforar o hincar un encamisado hasta una profundidad determinada por el proyecto, previo a realizar la excavación. Luego se procede a la excavación. El encamisado se corta al altura o cota especificada y se procede posteriormente a la instalación de la armadura y vertido del hormigón dentro del encamisado para conformar el pilote.

- **Colocación de armaduras:** Las armaduras se colocan luego de terminar el sello de fundación del pilote. La base debe estar limpia de sedimentos antes de bajar la armadura. La unión entre estribos y armadura longitudinal puede usar soldaduras o amarra tradicional de alambres.

- **Colocación del hormigón fraguado y protección:** Luego de las armaduras se procede al hormigonado del pilote, el cual se realiza con Tremie metálico, independientemente del método de excavación. Para encamisados temporales, el hormigonado avanza a la par con el retiro de la camisa. Se recomienda que el hormigonado sea continuo y sin interrupciones para evitar el rechazo del pilote.

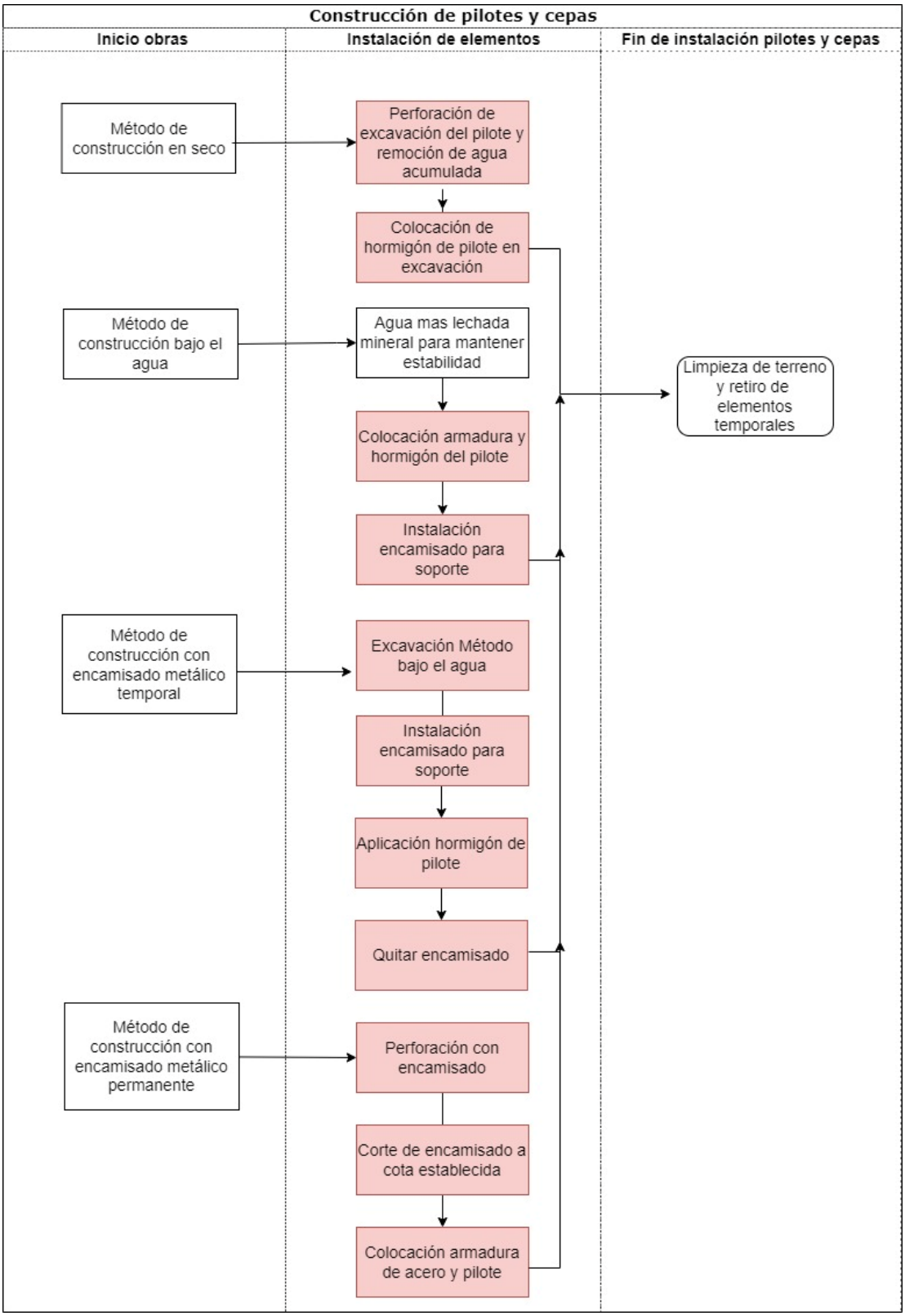


Figura A8. 53. *Diagrama de flujo para procedimiento: construcción de pilotes y cepas. Fuente: Elaboración propia.*

Vigas de hormigón armado, vigas postensadas y vigas pretensadas

Para este procedimiento el enfoque es en la colocación de los diversos sistemas de vigas en su posición final sobre los sistemas de apoyo del puente. El MOP especifica tres tipos de vigas:

- **Vigas de hormigón armado:** pueden ser fabricada in-situ en el lugar de la obra o en una planta.
- **Vigas postensadas:** pueden ser fabricadas in-situ sobre el puente o en una planta de prefabricados.
- **Vigas pretensadas:** estas vigas se fabrican generalmente en plantas fuera del sitio de la obra. De forma excepcional, se pueden construir en plantas emplazadas en la obra, lo que incluye una planta de producción de hormigón.

Para el caso de construcción de vigas in-situ, se debe procurar restaurar el lugar a su condición original antes de la obra y retirar materiales sobrantes y desechos. En caso de que las vigas deban ser colocadas sobre el puente, se utilizarán equipos para su lanzamiento que aseguren la precisión en la colocación y eviten daños o tensión indeseables.

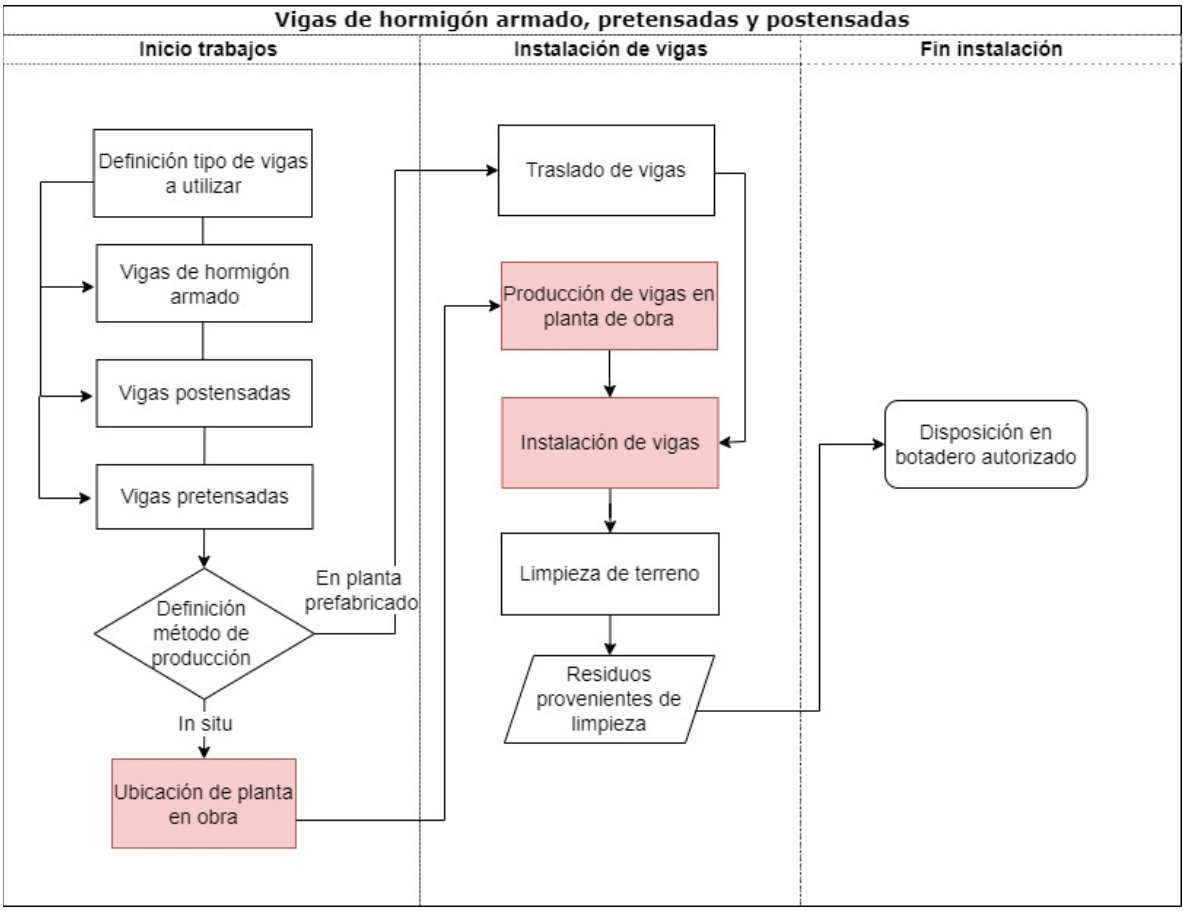


Figura A8. 54. *Diagrama de flujo para procedimiento: vigas de hormigón. Fuente: Elaboración propia.*

Estructuras de acero

Este ítem corresponde a la adquisición, transporte y colocación de acero estructural en la fabricación de vigas, riostras y elementos conectores, incluyendo obras estructurales provisorias. La soldadura de los distintos elementos puede ser realizada con maquinaria automática en maestranza o bien en terreno.

La fabricación de vigas metálicas es realizada en maestranzas, motivo por el cual se asume que este proceso será realizado lejos del lugar de trabajo. Una vez terminados los trabajos de fabricación, estas se trasladan hasta los frentes de trabajo correspondientes. El lanzamiento y colocación se realiza a través de grúas, teniendo el cuidado de no someter las vigas a esfuerzo no contemplados, evitando de esta manera golpes que puedan generar deformaciones permanentes en los elementos y de no dañar la imprimación anticorrosiva realizada en la maestranza.

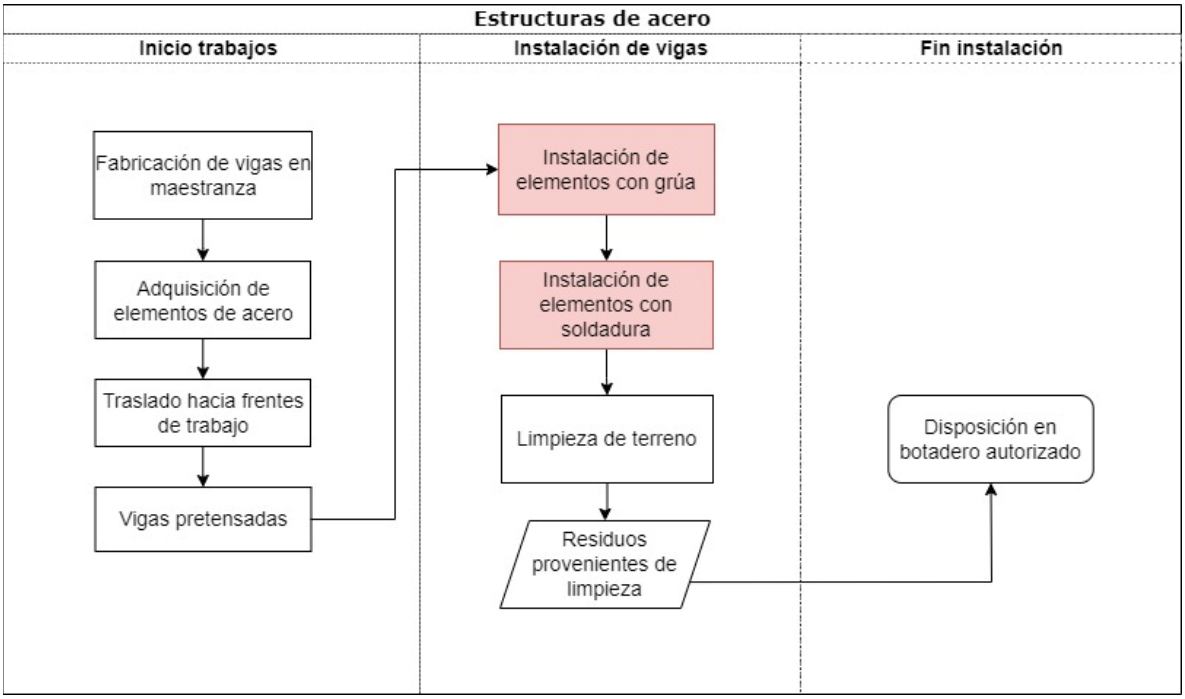


Figura A8. 55. *Diagrama de flujo para procedimiento: estructuras de acero. Fuente: Elaboración propia.*

Pavimentos para puentes

Los pavimentos o capas de rodadura para puentes pueden ser de dos tipos, concreto asfáltico y hormigón. Para el caso de capa de rodadura de concreto asfáltico, esta se aplica en todo el ancho y largo del puente, salvo que los planos o especificaciones especiales del proyecto indiquen algo diferente.

En el caso de capas de rodadura de hormigón, el espesor de la capa será el indicado en los planos del proyecto, con un mínimo de 5 cm. En el caso de pavimento ejecutado sobre losa, la unión se considera como una junta de hormigonado. El pavimento debe ser enrasado, nivelado y compactado con una vibradora.

Se hace necesario mencionar que en el diagrama de la **Figura A8. 56** se muestra como una actividad las acciones descritas tanto en obra de pavimentos de concreto asfáltico como en pavimentos de hormigón. Por lo tanto, los procedimientos llevados a cabo en dicha actividad corresponden a los mencionados en la de caminos.

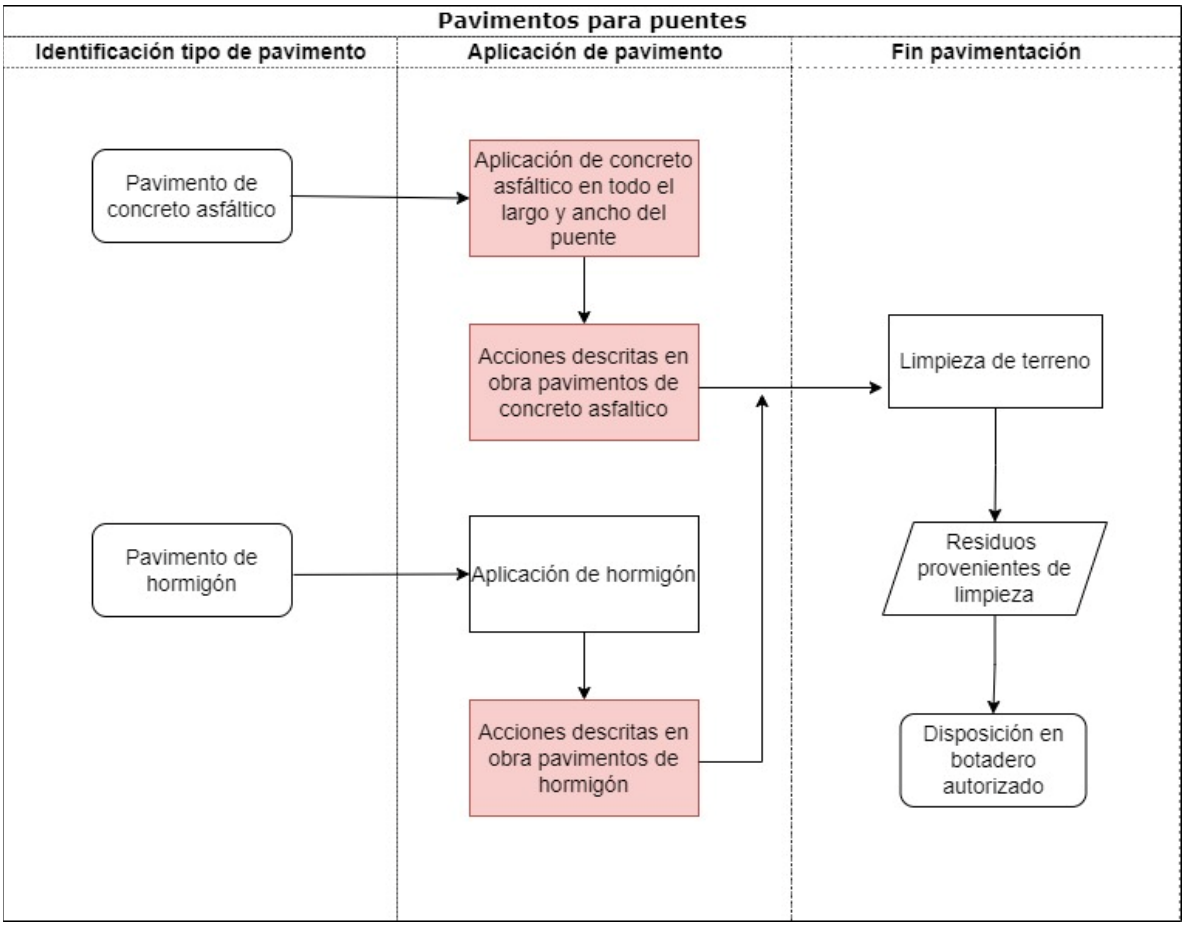


Figura A8. 56. *Diagrama de flujo para procedimiento: pavimentos para puentes. Fuente: Elaboración propia.*

Impermeabilización de tableros de puentes, muros y estribos

Consiste en la provisión y colocación de impermeabilizantes en tableros de puentes para protegerlos frente a la corrosión por agua de lluvia, nieve, sales en ambientes marinos y de fundentes químicos que pudieran llegar a afectar a la estructura. Se empelan diversos sistemas de impermeabilización para elementos de puentes, como membranas asfálticas, resinas epóxicas, revestimientos de poliureas, entre otros. La elección del material con el cual será generada la impermeabilización se determinará de acuerdo con las condiciones climáticas a las cuales se encuentren expuestos los elementos a proteger.

Antes de aplicar la impermeabilización se debe procurar que la superficie esté limpia, libre de polvo, aceites u otro material, incluyendo el sellado de juntas y grietas en tableros de hormigón y la eliminación de óxido en tableros de acero. La instalación de la impermeabilización se ejecuta en base a procedimientos y equipo aprobados por la Dirección de Vialidad. Todos los envases y desechos catalogados como peligrosos o contaminantes deben ser almacenados y finalmente dispuestos en lugares autorizados por la autoridad sanitaria que corresponda.

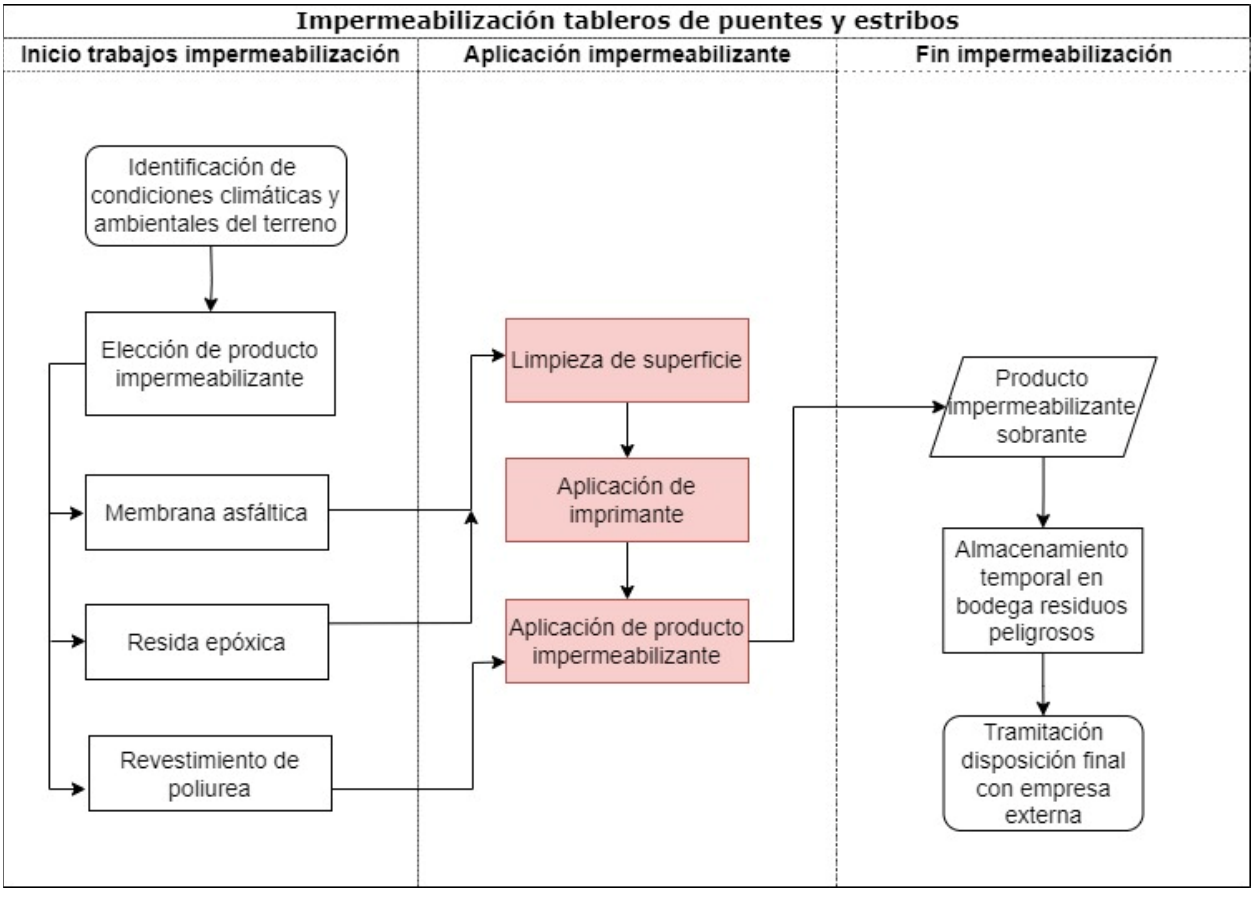


Figura A8. 57. *Diagrama de flujo para procedimiento: impermeabilización de tableros de puentes y estribos. Fuente: Elaboración propia.*

Pintura de elementos metálicos

Se incluye en este ítem pintura de protección anticorrosiva y de terminación de elementos metálicos que se incluyan dentro del proyecto, incluyendo vigas, tubos de acero, arriostramientos de las fundaciones y elevaciones de los apoyos del puente, pilotes metálicos expuestos al aire y, en todo caso, cualquier elemento metálico asociado al proyecto.

Antes de la aplicación de la pintura las superficies deben tratarse. Se distinguen dos tipos de preparación de acuerdo con el lugar de la faena:

- **Preparar de superficie en maestranza:** Previo a la aplicación de la pintura, las superficies de acero, salvo aquellas galvanizadas, deben tratarse con chorro abrasivo y se deben esmerilar soldaduras y aristas de cantos para eliminar las salpicaduras de la soldadura eléctrica.

- **Preparación de superficie en faena:** consiste en limpieza de la superficie por medios mecánicos como raspadores, cinceles, escobillas de acero o gratas eléctricas. Luego, las superficies se lavan con agua dulce para eliminar óxido y sales. Esta limpieza sólo aplica a arriostramientos, parches y zonas de empalme de vigas. En estructuras galvanizadas o pintadas previamente la limpieza de escamas, grasa o suciedad se realiza mediante vapor con detergente biodegradable. En algunos casos se puede utilizar solventes para remoción de aceites y grasas.

Las pinturas deben ser aplicadas con la temperatura ambiental adecuada a fin de generar un trabajo con secado eficiente y sin problemas. Las pinturas pueden ser aplicadas con brocha, pistola o alguna combinación de estos sistemas. El imprimante anticorrosivo se aplica en la maestranza y se repasan las superficies una vez que se colocan las vigas, arriostramientos y losa de la superestructura en terreno. Finalmente, se aplica la pintura de terminación en terreno.

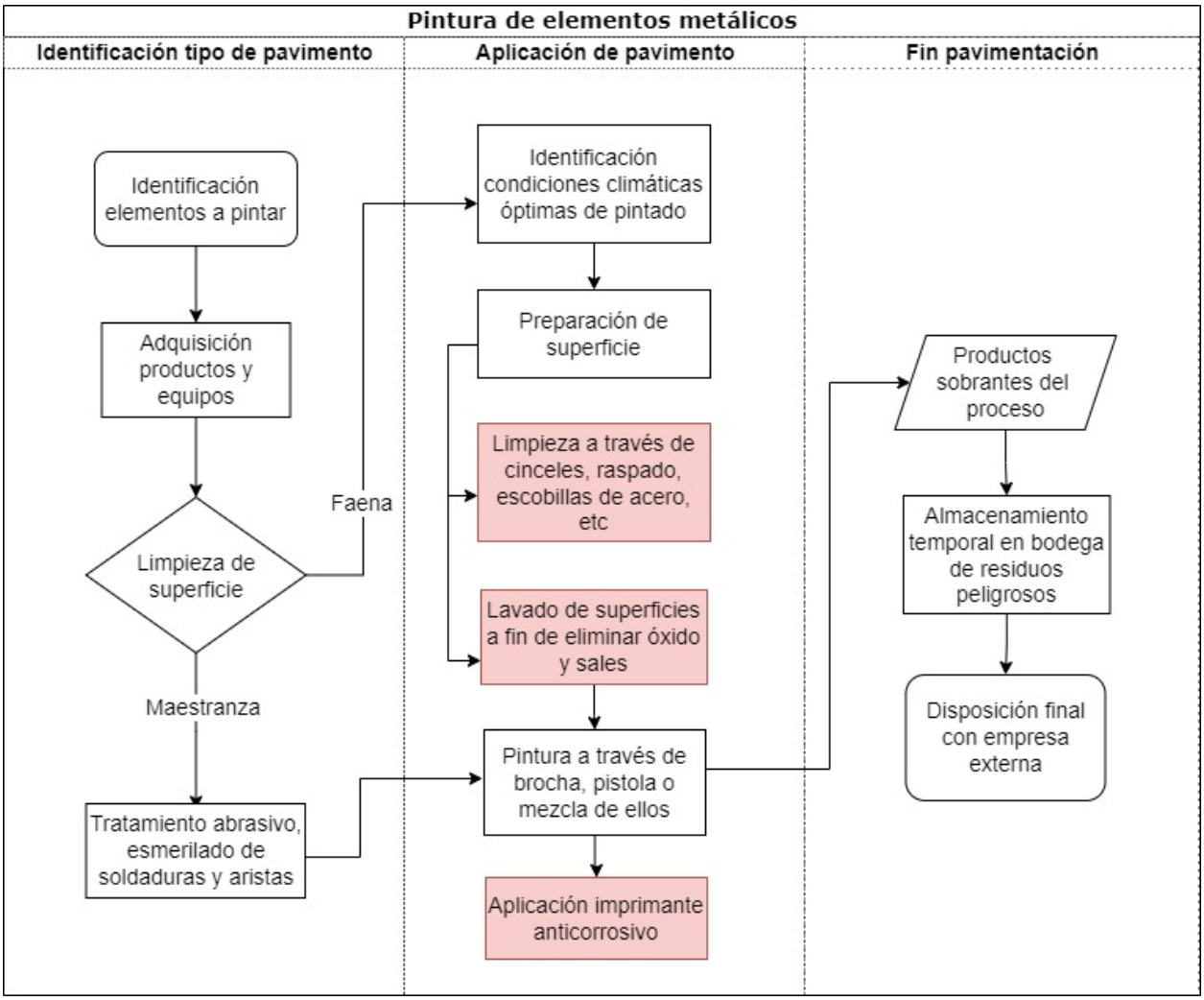


Figura A8. 58. *Diagrama de flujo para procedimiento: pintura de elementos metálicos. Fuente: Elaboración propia.*

Procedimientos de trabajo para obra tipo camino

La construcción de una obra de camino abarca dos elementos constitutivos en la sección transversal:

- **La ejecución de la infraestructura u obra básica:** correspondiente a modificaciones del terreno natural para generar una superficie adecuada para la superestructura, incluyendo movimientos de tierra con una sucesión de cortes y terraplenes, además de obras de drenaje para el escurrimiento de aguas.
-
- **La ejecución de la superestructura o pavimento:** conformado por una o más capas sobre una subrasante que distribuye las cargas por tránsito de vehículos.

El diseño estructural específico de ambos elementos dependerá de diversos parámetros asociados con la función y objetivo del camino. De esta forma, se optó por describir aquellos procedimientos técnicos y constructivos generales aplicables a la ejecución de la infraestructura u obra básica y la superestructura, considerando el potencial de alteración al objeto de protección.

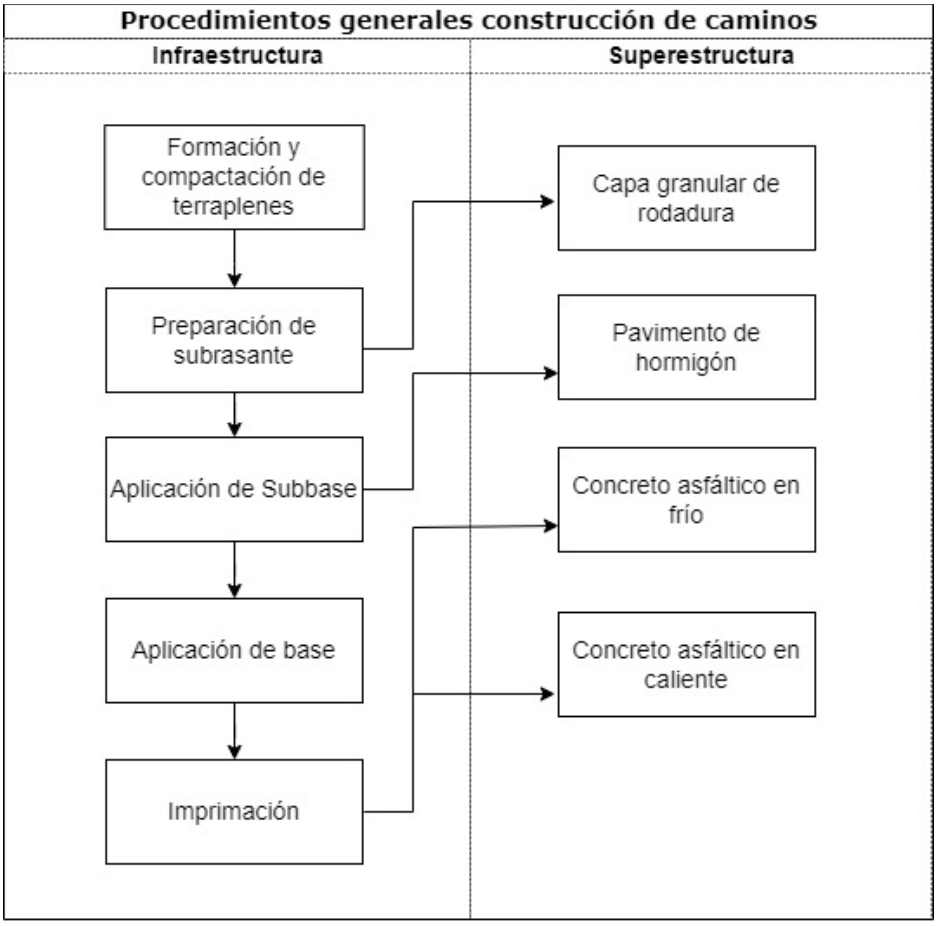


Figura A8. 59. *Procedimientos generales asociados a la construcción de caminos. Fuente: Elaboración propia.*

Formación y compactación de terraplenes

Los terraplenes y ensanches deben ser construidos con TCN (terreno de cualquier naturaleza) que se encuentre en el sector, identificando si corresponde efectivamente a TCN o a roca. Se clasificará como roca el terreno cuando su remoción sea muy difícil mediante maquinarias y TCN a todos aquellos materiales que no sean roca. La condición de esta última se determinará mediante una prueba de arranque, la cual consiste en que empleando un bulldozer de potencia mínima de 300 HP y un peso mínimo de 35.000 Kg, utilizando su máxima potencia en su diente único, sea incapaz de remover el material presente. El TCN debe cumplir con características básicas en cuanto a soporte, tamaño de material y limpieza

La excavación general abierta es utilizada para la conformación de la plataforma del camino, siendo su principal función el escarpe, los cortes del camino y la remoción de materiales inadecuados que se encuentren en el terreno. Esta operación puede incluir excavación de escarpe (extracción y retiro de la capa superficial del suelo natural constituido por terreno natural), remoción de material inadecuado y excavación de cortes (de acuerdo con las trazas presentadas en los planos de cada proyecto).

Para fundar el terraplén sobre TCN y con inclinaciones menores a 20% se exigen densidades mínimas dependiendo de la profundidad de fundación medida desde la subrasante. En sectores de fundación inclinados (superior a 20%) se conforma una superficie escalonada generando un sello de fundación compactado. caso de que la superficie se trate de roca y sea posible, la fundación de la plataforma de efectuará directamente, y en caso de que se trate de un área pantanosa, se procederá a generar relleno extendiendo este desde el terreno firme hacia la zona pantanosa a través de bulldozer para generar una capa que soporte el equipo de trabajo. El material de relleno puede ser material integral de rio, bolones, rocas o una combinación. La formación y ensanche y compactación de terraplenes finalmente será realizada con la utilización de TNC en caso de presentarse este material en el proceso de movimientos de tierra; en caso contrario, se debe sacar el material de un empréstito. La colocación del material será a través de camiones de volteo, bulldozer y motoniveladora, procurando generar capas de espesor uniforme y paralelas a la rasante. La compactación puede realizarse con rodillos neumáticos, lisos con o sin vibrador.

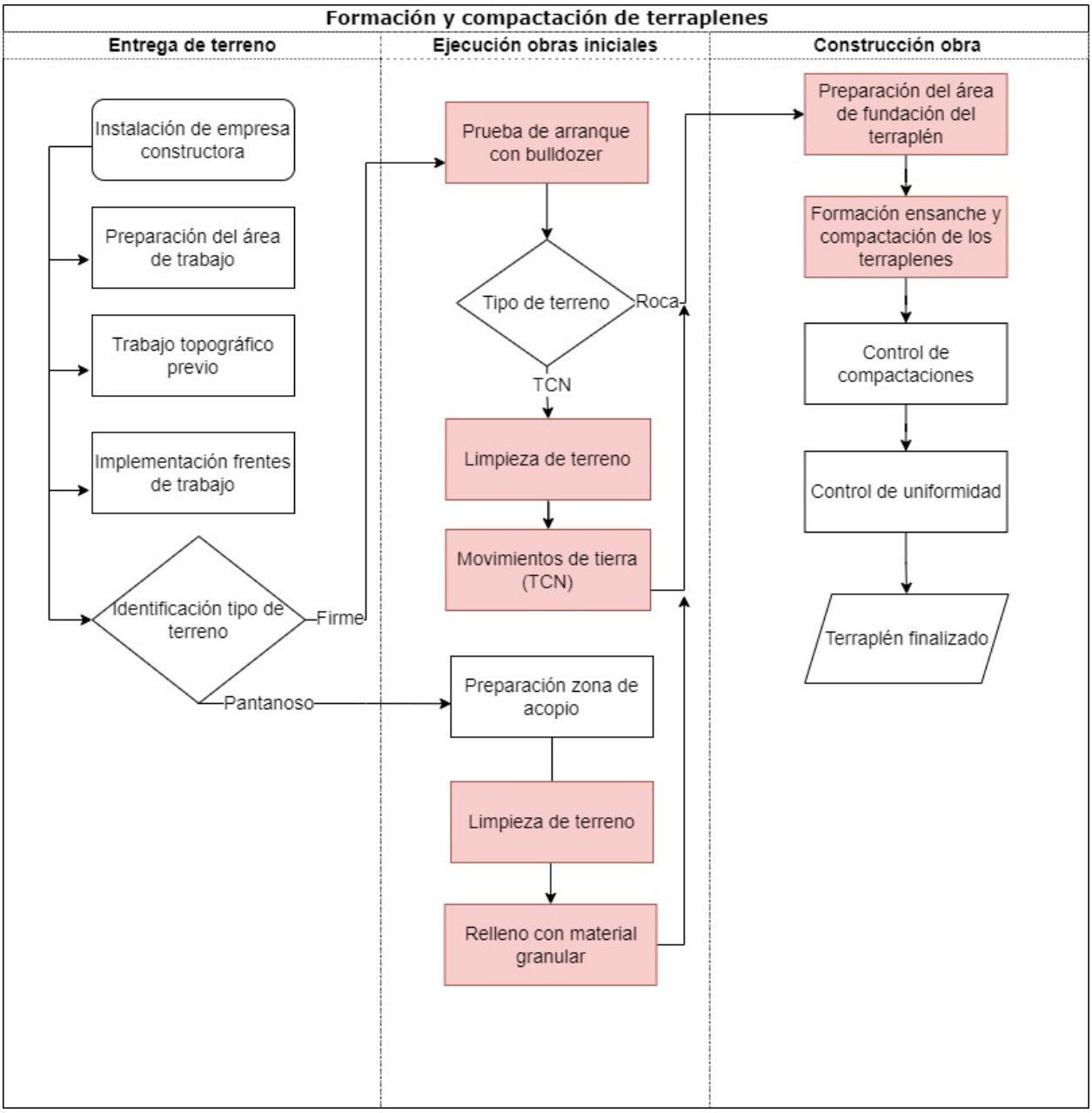


Figura A8. 60. *Diagrama de flujo para procedimiento: formación y compactación de terraplenes. Fuente: Elaboración propia.*

Preparación de la subrasante

Los trabajos llevados a cabo en esta acción se asocian a la conformación de la plataforma del camino a nivel de subrasante en aquellos sectores de corte y terraplén a fin de dejar esta zona en condiciones de recibir las siguientes capas correspondientes a subbases, bases y capas de rodadura de acuerdo con lo especificado en el proyecto. Una vez que se alcance el nivel de subrasante, se debe verificar que el suelo sobre el cual irán apoyadas las capas granulares presente un nivel de soporte apto para la fundación. En caso de que la subrasante se encuentre compuesta por terraplenes o rellenos, estos deberán estar conformados por suelos de tipo “material de subrasante”.

Una vez zanjado lo anterior, se procede a ejecutar la perfilaldura, acción que comienza con el estacado del camino cada 20 m y en sectores específicos donde sea necesario. En aquellos sectores que correspondan a terraplenes y cortes, la superficie subrasante debe quedar suave y uniforme en su totalidad y libre de cualquier elemento. En caso de que la fundación se genere directo en roca, los cortes en esta deberán quedar a no menos de 0,15 m por debajo de las cotas de la subrasante. Se debe ejecutar un desquinche de la superficie rocosa, eliminando todo material que se encuentre suelto y aquellos puntos altos que no cumplan con lo estipulado. Se procede a la colocación de relleno con material de base granular o subbase en aquellos sectores de excavación en roca. Posteriormente se compacta en conjunto con el material que corresponda a la base o subbase según sea necesario.

En caso de que el corte no sea realizado en roca, se deberá escarificar a no menos de 0,10 m las áreas de subrasante dónde sea necesario generar un relleno, posteriormente se procede al riego y compactación de estas zonas en conjunto con el material que sea agregado. En caso de presentarse áreas con una altura mayor a las cotas establecidas, estas deben rebajarse, regarse y finalmente compactarse nuevamente.

La subrasante debe compactarse quedando los 0,30 m superiores de acuerdo con la densidad máxima seca establecida en el proyecto, la que debe ser controlada posteriormente sobre todo el ancho de la plataforma a nivel de subrasante en sectores de corte.

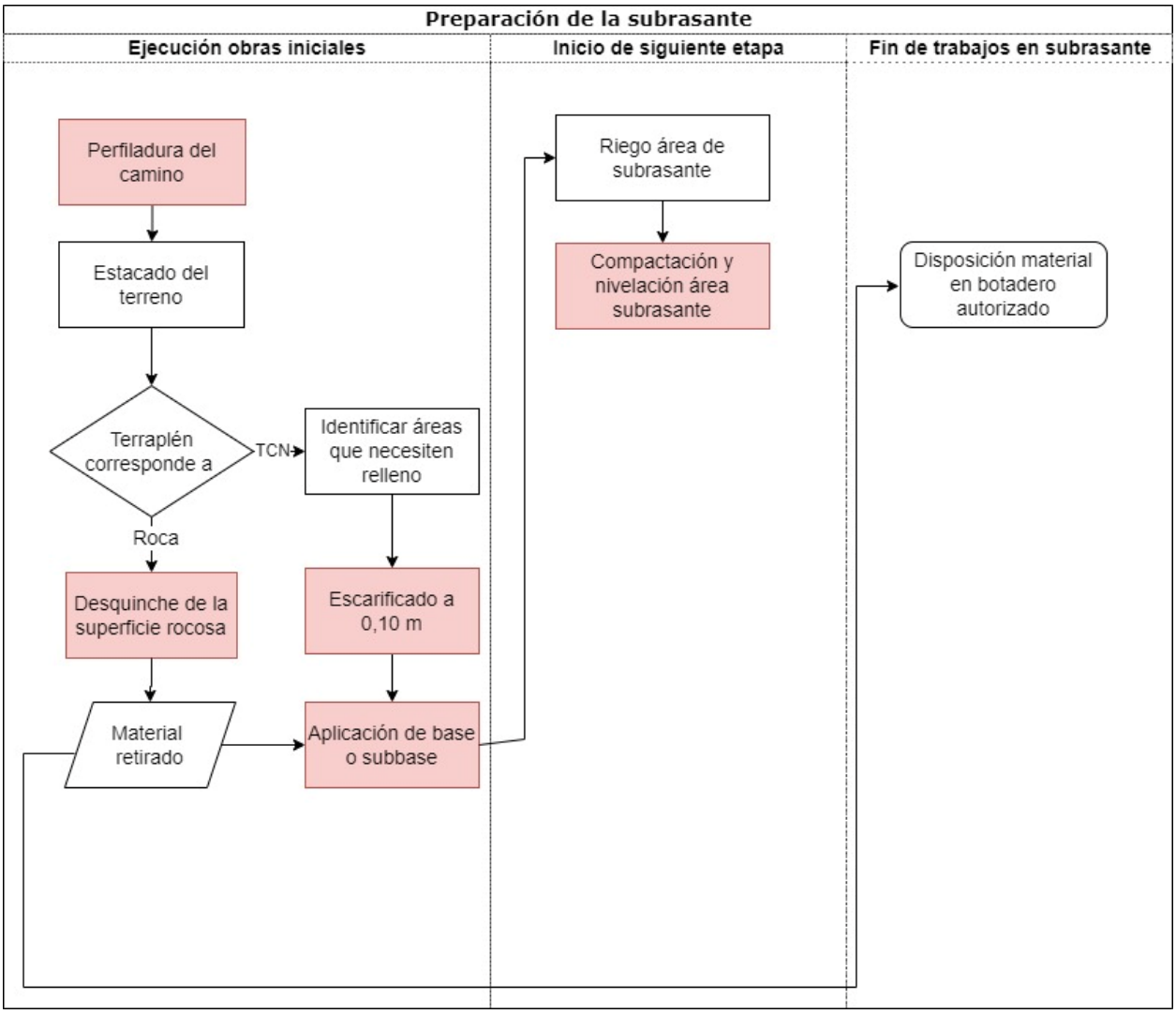


Figura A8. 61. *Diagrama de flujo para procedimiento: preparación de la subrasante. Fuente: Elaboración propia.*

Capas granulares

Es conocido con este nombre el conjunto de materiales granulares que son colocados en la superestructura de un camino. En ocasiones se hace necesaria la adición de base o subbase o ambas dependiendo de cuál sea el tipo de pavimento que irá en la capa siguiente (rígido o flexible) o también es utilizada la capa granular de rodadura directamente en los casos que así lo especifique el proyecto. A continuación, se detallan los tres tipos de capas granulares, para finalmente presentar en el **Figura A8. 62** un diagrama de flujo de los procesos llevados a cabo a través de la ejecución de las obras, el cual es aplicable a los tres casos.

Subbases granulares: Consiste en el mezclado, colocación, perfiladura y compactación de la capa granular llamada subbase. Esta capa va ubicada entre la subrasante y la base granular en los pavimentos flexibles. Para el caso de pavimentos rígidos, corresponde a la capa que va antes de esta.

La colocación de los materiales correspondientes a subbases, sólo se lleva a cabo una vez que se haya dado cumplimiento a lo establecido en la preparación de la subrasante u otras especificaciones que correspondan cuando la subbase se coloque directamente sobre pavimentos existentes en caso de proyectos de repavimentación. El material se prepara en plantas fijas o móviles y debe acopiarse en lugares que eviten la contaminación y segregación.

El material granular de la subbase se extiende sobre la plataforma del camino a través de equipos distribuidores autopropulsados, debiendo quedar listo el material para ser compactado. Otra forma de la aplicación del material es transportando este hacia el lugar de trabajo para luego depositarlo en la plataforma del camino en formato de pilas. Una vez se encuentre de esta forma el material, se procede a la mezcla a través de medios mecánicos hasta obtener la homogeneidad y humedad necesaria para extenderse uniformemente sobre la subrasante. La subbase se construye por capas de material compactado de $0{,}12m \leq espesor \leq 0{,}30m$. El material extendido debe presentar una granulometría uniforme. La compactación se realiza a través de rodillos vibratorios, terminando el procedimiento con rodillos lisos o neumáticos. La compactación debe realizarse hasta que el material se haya asentado y estabilizado totalmente, alcanzado la densidad solicitada para el tipo de proyecto.

Finalizada la compactación y respectiva perfiladura de la subbase, esta debe presentar características uniformes sin variaciones en cota de acuerdo con la tolerancia especificada en el proyecto, teniendo en consideración que, en caso de presentarse deterioros o deformaciones de la subbase, se debe remediar como corresponda, manteniendo el terreno en buen estado hasta la ejecución de la siguiente etapa.

Bases granulares: La base granular se ubica comúnmente sobre una subbase o subrasante presentando. Tienen como función formar parte de la estructura de un pavimento asfáltico de rodadura del tipo concreto asfáltico o tratamiento superficial, incluyendo construcción de bermas cuando se indique. Los materiales granulares empleados en esta etapa, se ajustan a lo descrito en el Manual de Carreteras Vol 8 de acuerdo con las características solicitadas para bases estabilizadas.

Para la confección y colocación de los materiales que sean destinados a base, deben haber finalizado los trabajos asociados a la preparación de la subrasante. Para asegurar la correcta perfiladura y compactación de la base, se deben emplazar puntos de referencia altimétrica, ejes y bordes mediante estacado.

El material, al contemplar una fracción de chancado, deberá generarse en plantas procesadoras móviles o fijas que aseguren que el material cumpla con lo establecido en el proyecto, siendo acopiado en sectores habilitados especialmente para ello, asegurando la no contaminación del material.

Se trasladará el material hacia el sector a trabajar, extendiéndose sobre la plataforma del camino a través de distribuidores autopropulsados, debiendo quedar el material listo para su posterior compactación. También puede utilizarse el método de distribución en pilas, procurando el mezclado del material antes de extenderlo.

La construcción será por capas compactadas de 0,12m≤espesor≤0,30m, mediante rodillos del tipo vibratorio para finalizar utilizando rodillos lisos y neumáticos. La densidad de compactación dependerá de cada proyecto en particular.

Finalizada la compactación y la perfiladura de la base granular, el terreno deberá presentar una superficie de aspecto uniforme sin variaciones en cota y de acuerdo a las tolerancias especificadas. Cuando se detecte un desnivel con respecto a la cota, estas áreas deben escarificarse en un espesor mínimo de 0,10 m para posteriormente regar y recompactar la superficie.

Capa granular de rodadura: Consiste en la construcción de capas granulares de rodadura, las cuales no contemplan ningún tipo de revestimiento en su superficie; es decir, no llevan pavimentos en una capa superior. La capa granular de rodadura será construida sobre una subrasante previamente preparada. La composición de los materiales empleados va a variar acorde a la zona del país dónde se realicen los trabajos, según lo especificado en Manual de Carreteras Vol 8.

La producción de material que será empleado para la confección de capas de rodadura granulares, se realiza en plantas procesadoras fijas o móviles, para luego ser acopiado en sectores habilitados para ello, asegurando la no contaminación del material.

El material preparado se extiende sobre la plataforma del camino a través de distribuidores autopropulsados, debiendo quedar el material listo para su posterior compactación. También puede utilizarse el método de distribución en pilas, procurando el mezclado del material antes de extenderlo.

La construcción será por capas compactadas con 0,12m≤espesor≤0,30m, lo cual será efectuado mediante rodillos preferentemente del tipo vibratorio para finalizar utilizando rodillos lisos y neumáticos. El nivel de compactación dependerá de las tolerancias cada proyecto en particular.

Una vez terminada la compactación y la perfiladura de la base granular, ajustándose a los perfiles de cada proyecto en específico, el terreno deberá presentar una superficie de aspecto uniforme sin variaciones en cota. Cuando se detecte un desnivel con respecto a la cota, estas áreas deberán escarificarse en un espesor mínimo de 0,10 m para posteriormente regar y recompactar la superficie.

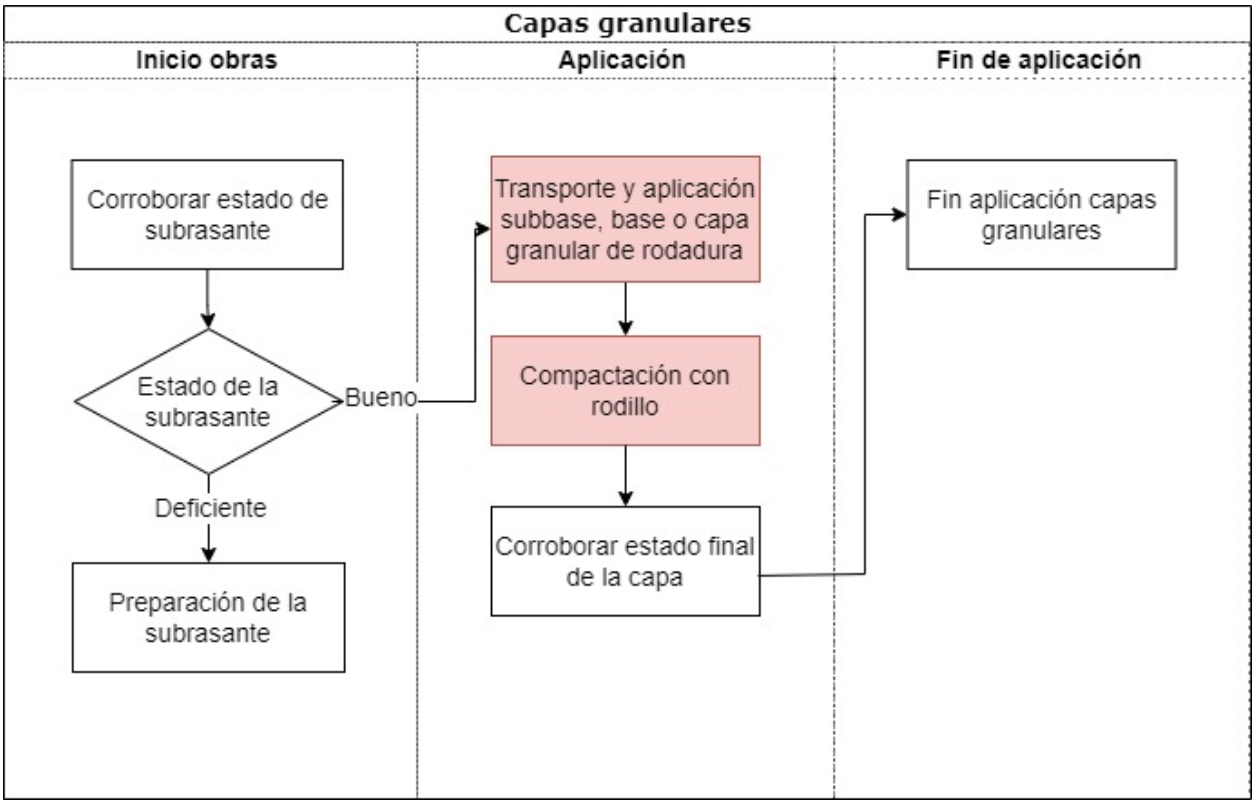


***Figura A8. 62**. Diagrama de flujo para procedimiento: capa granular de rodadura. Fuente: Elaboración propia.*

Imprimación

Consiste en la aplicación de un riego de asfalto cortado de baja viscosidad con el objetivo de impermeabilizar, evitar capilaridad, cubrir y ligar las partículas sueltas y proveer adhesión entre la base o subbase y la capa inmediatamente superior. Para este proceso de emplea como material asfaltos cortados de curado medio de acuerdo con lo especificado en el proyecto y manual de carreteras.

Los asfaltos deberán ser almacenados en estanques cerrados metálicos, de hormigón armado o de fibra de vidrio. Cuando sea requerido, los estanques deberán tener equipos para calentar el asfalto, tales como vapor, serpentines y caldera de aceite, calentamiento por gases de combustión u otros.

El asfalto se distribuye en camiones o equipos similares, aislados y con sistema de calentamiento. El material se distribuye mediante riego por boquillas en una barra regadora, las que deben calentarse a una temperatura adecuada.

Antes de la imprimación, se debe retirar de la superficie el material suelto, polvo o suciedad, procediendo a rociar con agua la superficie en caso de que la superficie a imprimar presente partículas finas sueltas como consecuencia de una sequedad excesiva. Se procede a realizar la imprimación solo cuando toda el agua de la superficie haya desaparecido.

Para la aplicación del asfalto, este será aplicado mediante distribuidores a presión en toda la superficie necesaria, cubriendo para ello estructuras, vegetación e instalaciones públicas o privadas ubicadas en el área de trabajo.

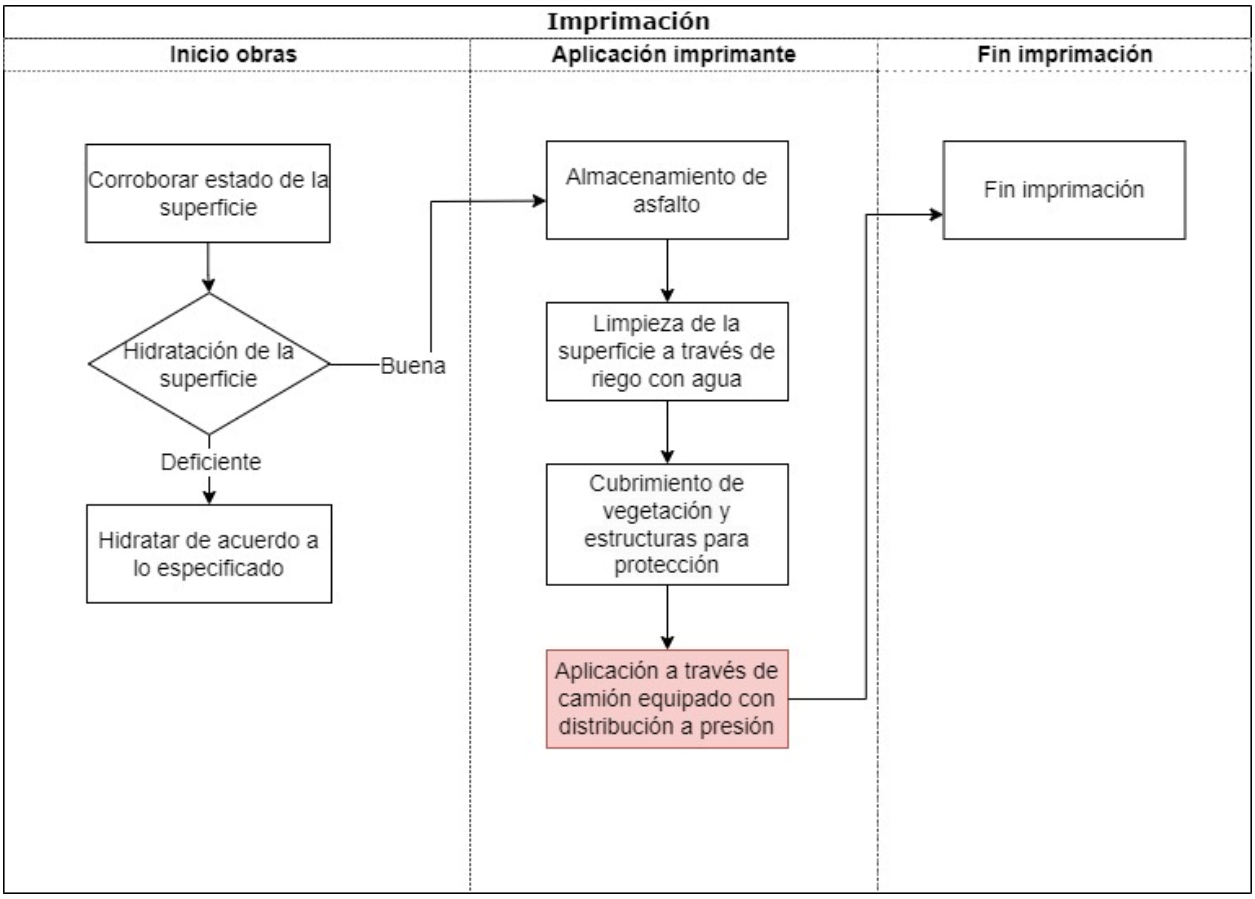


Figura A8. 63. *Diagrama de flujo para procedimiento: imprimación. Fuente: Elaboración propia.*

Concreto asfáltico en caliente

Este ítem hace referencia a la construcción de concretos asfálticos en caliente y mezclados en planta, para lo cual es considerada la provisión de materiales, transporte, distribución y compactación. Las mezclas utilizadas van a depender de lo especificado en cada proyecto, pudiendo ser estas de granulometría densa, semidensa, gruesa, abierta o fina.

Los materiales a utilizar en este proceso corresponden a áridos previamente extraídos y acopiados en canchas especialmente destinadas a esto. La composición de áridos comprende una fracción gruesa, una fracción fina y polvo mineral (filler). Por otro lado, se hace uso de asfalto con características de viscosidad de acuerdo con ETE del proyecto. Como se mencionó anteriormente, el material es mezclado en plantas.

Los trabajos comienzan con la preparación de la superficie, dónde se verificará que dicha superficie satisfaga todo lo necesario en la etapa de imprimación. La mezcla es preparada en plantas de tambor, continuas o discontinuas para luego ser transportadas en camiones tolva distribuida a través de una terminadora autopropulsada. Al colocarse la mezcla en la superficie, esta deberá estar seca o ligeramente húmeda, procurando que no esté encuentre congelada y se debe evitar la colocación cuando la temperatura atmosférica sea inferior a 5°C o se presente lluvia. Para comenzar con la aplicación de la mezcla se hará necesario contar con terminadora autopropulsada equipada con elementos que permitan controlar el espesor de la capa, rodillo tandém de dos ruedas de acero, rodillo neumático, entre otros elementos manuales.

Ya esparcidas, enrasadas y alisadas las irregularidades de la superficie, se procede a la compactación de la mezcla hasta que alcance una densidad específica, utilizando para ello rodillos adecuados. Esta acción debe realizase dentro del tiempo en que la mezcla es trabajable y, para evitar adherencia del concreto asfáltico a los rodillos, deben mantenerse húmedas las ruedas.

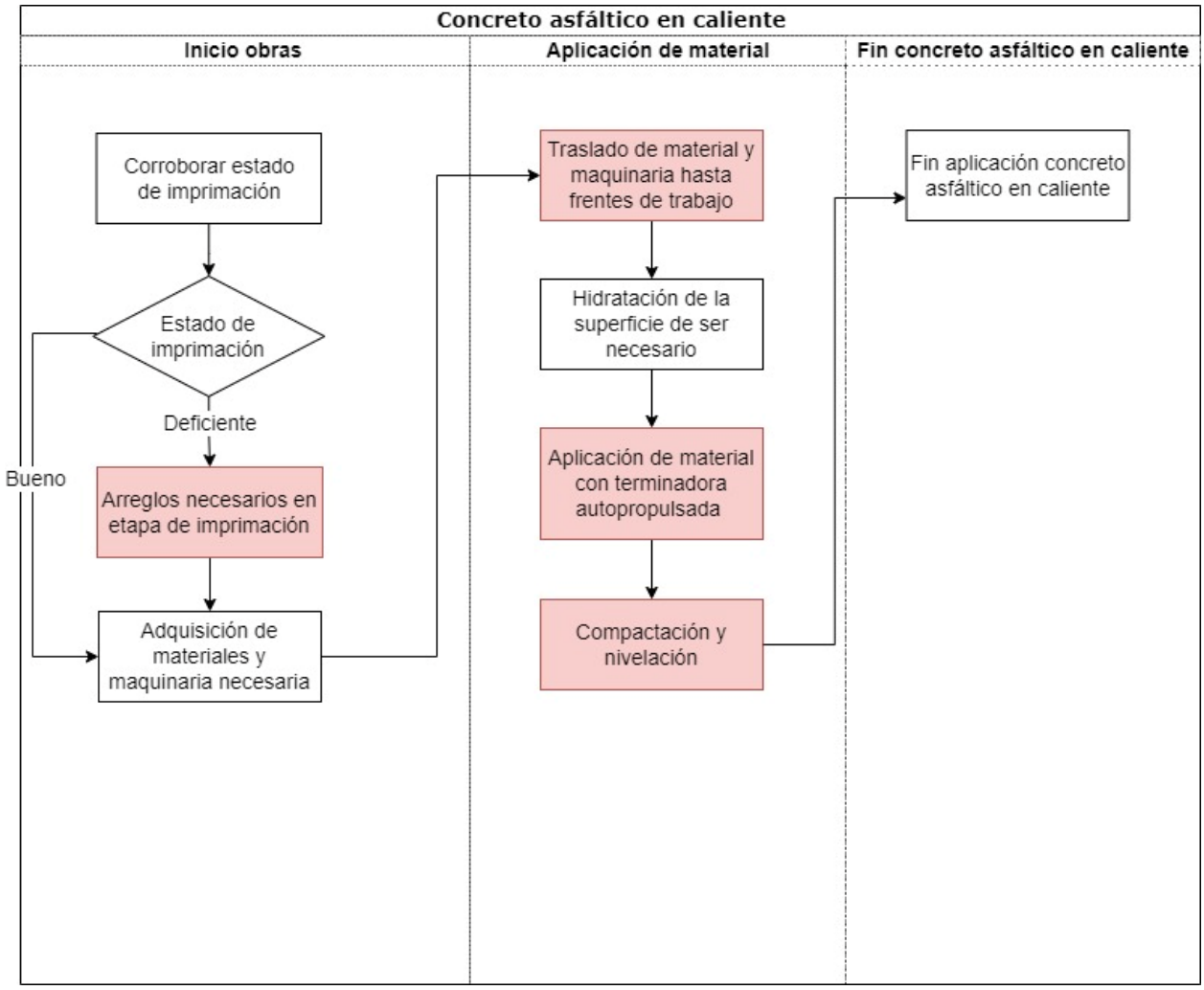


Figura A8. 64. *Diagrama de flujo para procedimiento: concreto asfáltico en caliente. Fuente: Elaboración propia.*

Concreto asfáltico en frío

Este concreto asfáltico es generada con mezcla de áridos no calentados y asfaltos cortados o emulsiones asfálticas. La mezcla es confeccionada en planta, incorporando en los áridos una fracción gruesa, fracción fina, y emulsiones asfálticas que cumplan con o especificado en el proyecto.

Los trabajos comienzan con la preparación de la superficie, dónde se verificará que dicha superficie satisfaga todo lo necesario en la etapa de imprimación. Una vez verificado que la superficie cumpla con los requisitos necesarios, se procede a la preparación de la mezcla ya sea en plantas fijas o móviles. Luego se procede al transporte de la mezcla en camiones tolva y la aplicación a través de terminadora autopropulsada que esparce el material. La mezcla debe extenderse sobre superficies que se encuentren secas y previamente imprimadas y teniendo precaución con la temperatura ambiental. La mezcla se coloca en condiciones de temperatura de al menos 10 °C, sin lluvia ni humedad.

Con la mezcla esparcida, enrasada y alisada, se procede con la compactación. Para ello se debe verificar que el agua o los solventes se hayan evaporado suficientemente de la mezcla para evitar ahuellamientos por el rodillado. Se debe compactar hasta que la superficie presente una textura uniforme y alcance el nivel de densidad especificado. Este proceso se realizará a través de un compactador de ruedas de acero tipo tándem y luego con rodillos vibratorios y finalizar con rodillos neumáticos. Para evitar la adherencia de mezcla en los rodillos, las ruedas deben mantenerse húmedas o pueden tratarse con aceites lubricantes quemados.

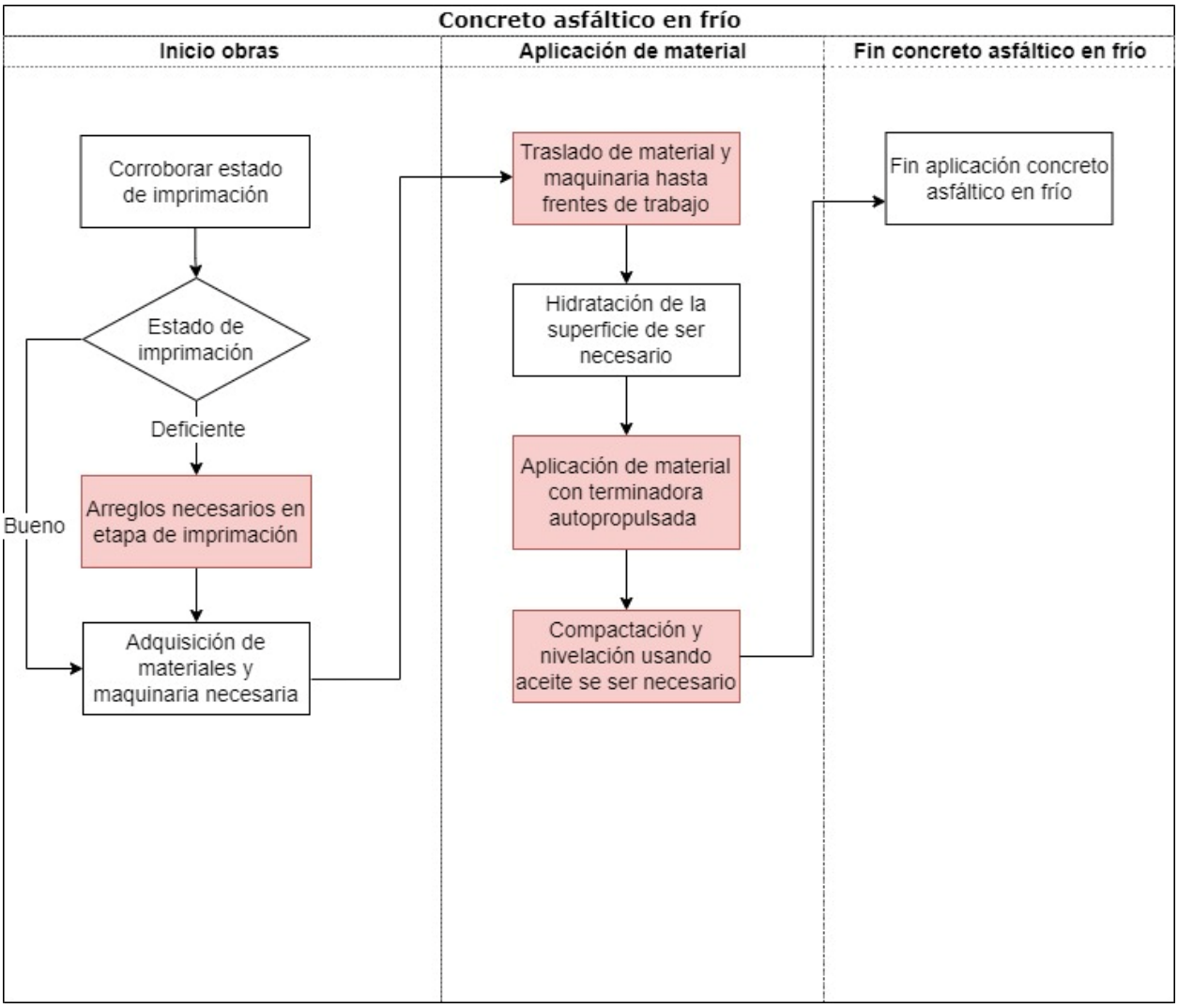


Figura A8. 65. *Diagrama de flujo para procedimiento: concreto asfáltico en frío. Fuente: Elaboración propia.*

Pavimentos de hormigón

Este tipo de pavimento está elaborado con cemento hidráulico, sobre una superficie previamente preparada. Esta capa subyacente debe mantenerse limpia y compacta hasta que el hormigón sea vaciado sobre ella. Para protegerla y producir una separación clara del hormigón, en caso de ser una subbase granular, debe ser humedecida antes de colocar el hormigón, a fin de evitar posibles absorciones de agua de amasado de hormigón.

Los materiales empleados son principalmente cemento hidráulico el cual debe cumplir en su totalidad con las características especificadas en el proyecto, áridos con fracción gruesa y fracción fina según lo indicado, filler, agua, aditivos y fibra estructural. También se utilizan compuestos de curado, acero, sellantes, moldes, desmoldantes y retardadores de evaporación.

Los trabajos comienzan con la mezcla del hormigón en maquinaria especializada en planta, para luego ser transportado con los equipos y procedimientos adecuados para mantener las características y homogeneidad que fue obtenido en el proceso de mezclado. El transporte podrá ser a través de camiones agitadores o del tipo tolva, procurando que el tiempo de traslado sea menor a 30 minutos, salvo indicaciones especiales

Posteriormente, se preparade la capa subyacente, la que debe estar limpia y compacta para recibir la mezcla de hormigón. Si la capa subyacente es una subbase granular, se debe humedecer previo antes del vaciado para posibles absorciones del agua de amasado del hormigón.

El hormigón debe ser esparcido, enrasado y compactado por maquinaria especializada que distribuye y compacta la mezcla uniformemente, evitando al mínimo terminar con trabajo manual.. Si el hormigonado se detiene por más de 45 minutos se genera una junta de construcción. La colocación y compactación del hormigón debe realizarse antes del inicio del proceso de fraguado. Se pueden utilizar sistemas de moldes fijos cuando las especificaciones lo establezcan de esta forma. Estos moldes deben permanecer el tiempo que asegure que al desmoldar no se dañen los bordes del hormigón. En caso de utilizar moldes deslizantes, se debe verificar que la capa subyacente se encuentre preparada. Las pavimentadoras de moldes deslizantes deben tener las dimensiones, formas y características adecuadas al espesor del pavimento especificado. serlas máquinas deben permitir el esparcido, enrasado y compactado en forma uniforme de manera que el pavimento quede terminado con un trabajo manual adicional mínimo. La compactación utiliza vibradores de superficie, de inmersión manuales u otros procedimientos que garanticen efectividad al compactar, evitando segregación y exudación en la mezcla.

Las terminaciones deberán generarse cuando el hormigón se encuentre fresco y luego de haber sido esparcido y compactado. Se utilizan equipos terminadores autopropulsados y en el caso de pavimentadores de moldes deslizantes la terminación se realiza de forma automática por la misma máquina. Se debe completar la terminación con trabajos manuales en caso de ser necesario para dejar la superficie pareja y uniforme.

Una de las etapas finales de este proceso es el curado y protección del hormigón, mediante la aplicación compuestos líquidos que forman una película o membrana impermeable. Toda la superficie de hormigón expuesta al aire deberá ser curada, incluyendo juntas y costados del pavimento. Este proceso se realiza al finalizar la terminación y antes que se evapore el agua superficial. El proceso de

curado requiere de protección del sol, viento y lluvias, considerando protecciones superiores (techos) y laterales (paramentos). En algunos casos, dependiendo de la temperatura de hormigonado, se requerirán sistemas para mantener las temperaturas adecuadas.

Finalmente se procede al aserrado de juntas mediante sierras de corte autopropulsadas y el sellado de estas. Antes de colocar las mezclas sellantes, se tratan las juntas con imprimante.

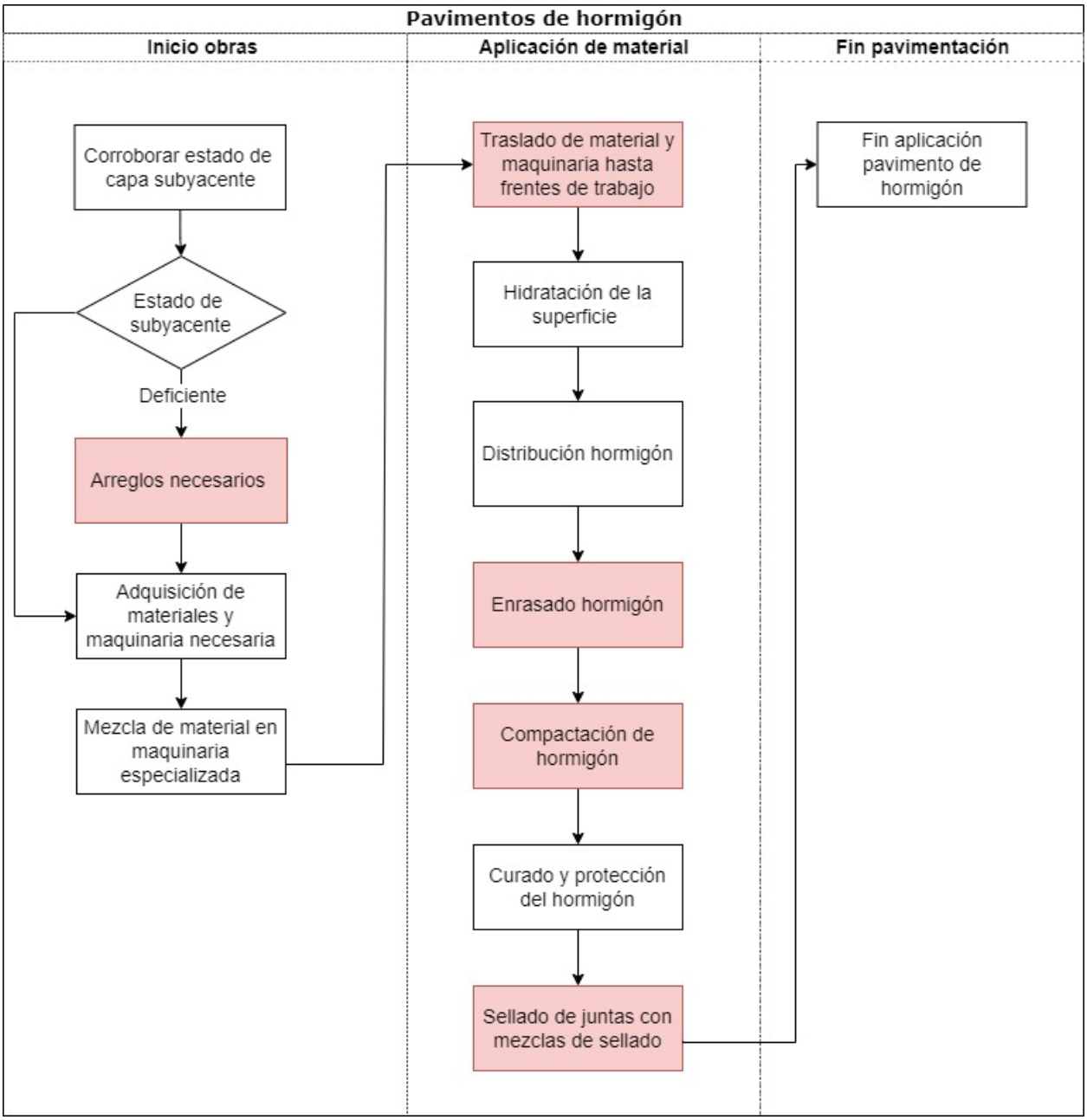


Figura A8. 66. *Diagrama de flujo para procedimiento: pavimentos de hormigón. Fuente: Elaboración propia.*

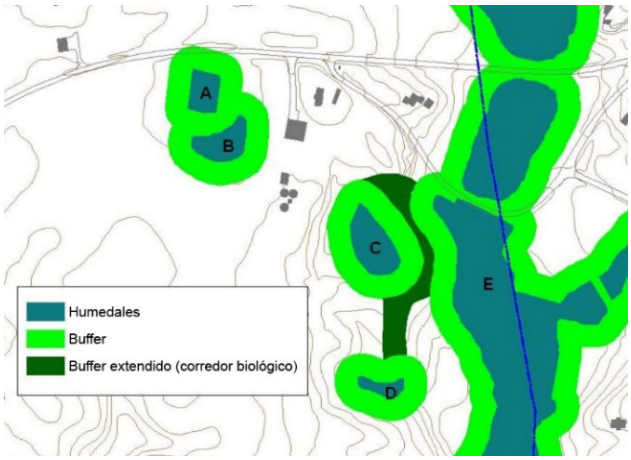
ANEXO 9 | Fichas de buenas prácticas

Delimitación de un área de amortiguación

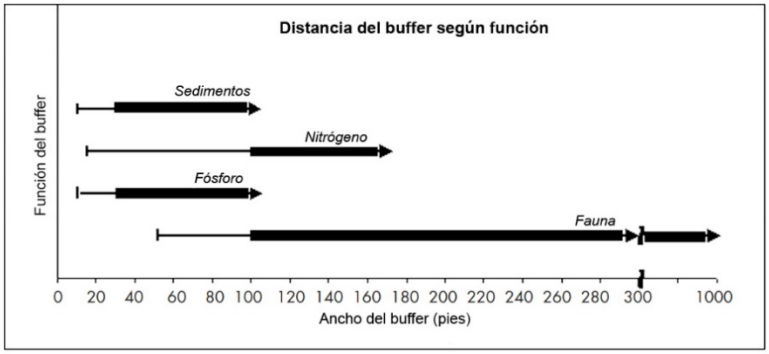
1

Aspecto ambiental 1	• **Generación** de ruido.		
Aspecto ambiental 2	• **Generación** de material particulado sedimentable.		
Aspecto ambiental 3	• **Derrame** de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño.		
Alcance temporal	Durante la etapa de instalación de las faenas y ejecución de obras.	**Alcance espacial**	En torno al humedal o en sus márgenes.

Descripción



Corresponde a un área sin perturbación en el entorno del humedal. De acuerdo a las recomendaciones del Ministerio del Medio Ambiente (Proyecto GEF Humedales Costeros, 2020) como mínimo se debe considerar una distancia de 36 m a lo largo de todo el perímetro del humedal. Para humedales muy pequeños (<0,4 ha) una razón 3:1 de hábitat terrestre sin perturbar es recomendable. Notar que las dimensiones del área de amortiguación son caso específico y dependerán de múltiples aspectos como: el atributo del humedal que se busca proteger, los requerimientos de las especies que habitan el humedal, el aspecto ambiental de la obra que se busca controlar, la intensidad de las perturbaciones en el sitio de la obra, entre otros. Se deberá definir una zona de amortiguación o *buffer* multifuncional que cumpla con todos los requerimientos de los atributos del humedal. El objetivo es asegurar la calidad del agua (en cuanto a sedimentos, nutrientes y otros contaminantes) y proteger el humedal como hábitat para aves, Anfibios y reptiles, mamíferos y peces. En general, un *buffer* que busca proteger la calidad del agua tiene dimensiones entre 5 y 50 m. Por otro lado, un buffer que busca no perturbar las especies que habitan el humedal varía entre 20 y 300 m o más.



Superior: Esquema de buffers en humedales. Fuente: modificado de Environmental Law Institute. Inferior: Relación antre ancho y función del buffer. Fuente: modificado de Center for Watershed Protection.

Delimitación de un área de amortiguación	1

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Luego de definir el ancho mínimo de la zona de amortiguación se recomienda realizar una delimitación física con un cerco perimetral o estacas con cuerdas, especialmente en la zona adyacente al sitio de la obra.
- Antes de incorporar el límite físico en todo el perímetro es necesario evaluar la presencia de corredores biológicos y procurar su conectividad.
- Se deberá incorporar señalética informativa especialmente en las zonas adyacentes con el sitio de construcción de tal forma de informar sobre la función de la zona de amortiguación y las actividades restringidas en ese lugar.

Paneles acústicos

3

Aspecto ambiental 1	• **Generación** de ruido.

Alcance temporal	Instalar antes del movimiento de maquinarias y mantener durante toda la etapa de ejecución de obras.	**Alcance espacial**	En zonas perimetrales del sitio de construcción colindantes a receptores sensibles. También en torno a fuentes estacionarias que no lleven encierro acústico

Descripción

Los paneles acústicos se diseñan para absorber el sonido y reducir el ruido emitido en el sitio de la obra. En general estos se instalan en vallas perimetrales alrededor del sitio o bien en el tramo colindante con receptores sensibles, en este caso el humedal de interés. La materialidad, dimensiones y densidad de los paneles es variable, por lo general funcionan con una estructura tipo *sándwich* usando un material aislante acústico como lana mineral. Se recomienda la realización de un estudio de ruido para seleccionar estratégicamente la ubicación y configuración de los paneles. Se recomienda su uso para trabajo de largo plazo y que se ejecutan de forma fija en un mismo lugar, aún así es posible hacer algunas adaptaciones para que sean móviles.







Paneles anclados (izquierda superior e inferior) y móviles (derecha superio). Fuente: Environmental Noise Control

Paneles acústicos	3

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Requiere de capacitación del personal para asegurar su uso.
- Considerar el movimiento de maquinaria a lo largo del flujo del proyecto, de manera de ir reposicionando los paneles o bien incorporando nuevas líneas.

Encierro de fuentes de ruido estacionarias 4

Aspecto ambiental 1	• **Generación** de ruido.		
Alcance temporal	Implementar con la instalación de faenas y mantener durante toda la etapa de ejecución de obras.	**Alcance espacial**	En torno a fuentes de ruido estacionarias.

Descripción

Consiste en el encierre de las fuentes de ruido estacionarias (como martillado, soldadura, perforación, etc., o plantas fijas como compresores o generadores) mediante paneles acústicos. El encierre debe ser lateral y superior, generando un recinto aislado acústicamente. Los recintos acústicos pueden estar hechos de contrachapado o láminas de vinilo, con el interior revestido de material absorbente de sonido (por ejemplo, fibra de vidrio con revestimiento de papel de aluminio perforado) o bien, utilizar estructuras prefabricadas. No debe haber espacios en las juntas o esquinas. Esta solución dependerá de la factibilidad de encierre de la fuente de ruido. En caso de no ser posible, se recomienda rodear la fuente con paneles acústicos modulares fijos o móviles (ver BP N°60).



Encierre de generador. Fuente: Environmental Noise Control.

Encierro de fuentes de ruido estacionarias	4

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Requiere de capacitación del personal para asegurar su uso.
- El posicionamiento de las fuentes de ruido estacionarias debe considerarse durante la etapa de planificación de obras, teniendo en cuenta la relación espacial con receptores sensibles en el humedal.

Planificación del trabajo según los ciclos de la biota - Aves

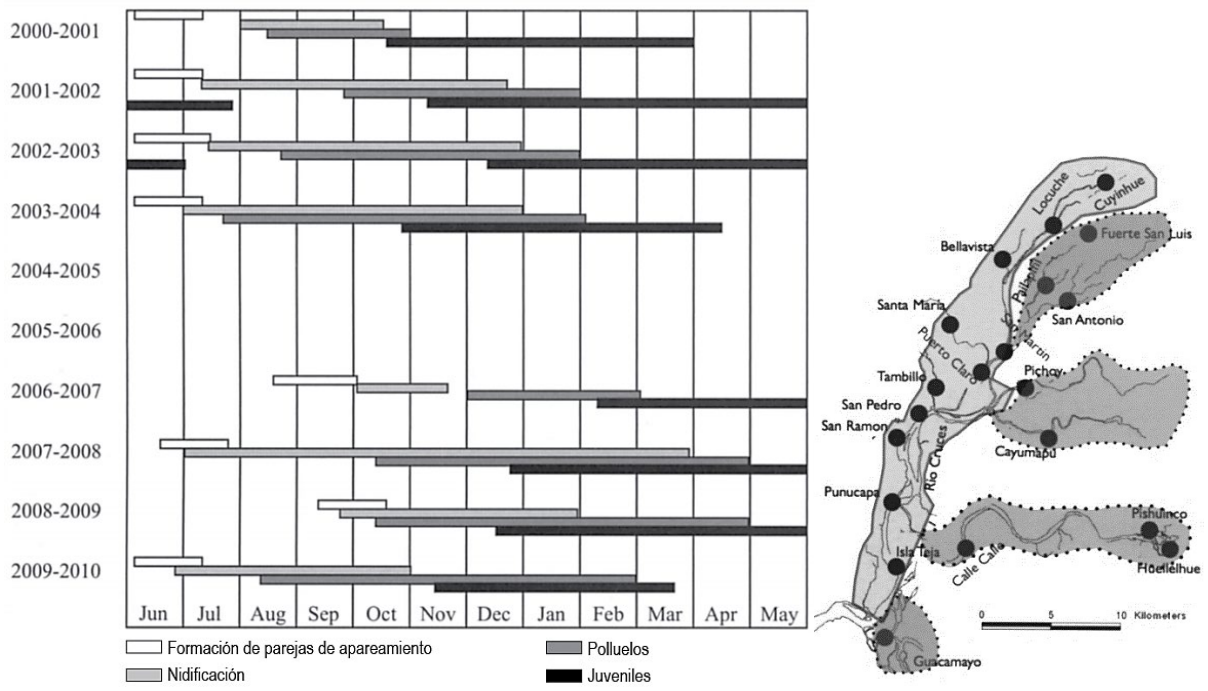
13

Aspecto ambiental 1	• **Generación** de ruido.
Aspecto ambiental 2	• **Extracción** de vegetación aledaña al humedal.
Aspecto ambiental 3	• **Extracción** de vegetación en el humedal

Alcance temporal	Planificar antes de la ejecución de obras y aplicar acciones según etapas clave del ciclo de vida.	**Alcance espacial**	En el humedal que es objeto de protección.

Descripción

Existen múltiples procesos que ocurren en un humedal que son críticos para los atributos ecológicos clave. Algunos de estos procesos son dinámicos y tienen temporadas críticas, como la formación de parejas de apareamiento, nidificación, eclosión y polluelos y dispersión de juveniles. Se debe identificar si es que existen zonas clave para el ciclo de vida de las aves. Estos procesos son importantes para la salud de las poblaciones y su viabilidad ecológica. La planificación del trabajo se deberá hacer evitando o minimizando actividades con generación de ruido, despeje de vegetación, entre otras, así como evitar actividades que puedan afectar la conectividad el paisaje y, con ello, la movilidad de los individuos. Lo anterior puede ser abordado con la implementación de BBPP complementarias que eviten o minimicen dichas perturbaciones.



Variación temporal del ciclo de vida del Cisne de Cuello Negro para diversos sitios de conteo del Santuario de la Naturaleza del Río Cruces. Fuente: modificado de Gonzáles, A., y Fariña, J. M. (2013)

Planificación del trabajo según los ciclos de la biota - Aves	13

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Requiere levantamiento de información espaciotemporal anual sobre etapas clave del ciclo de vida las aves del humedal.

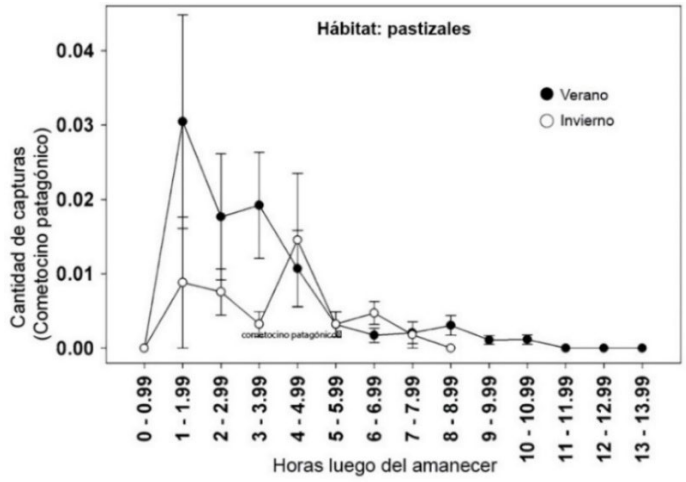
Planificación del trabajo según los ciclos de la biota – Horarios críticos

14

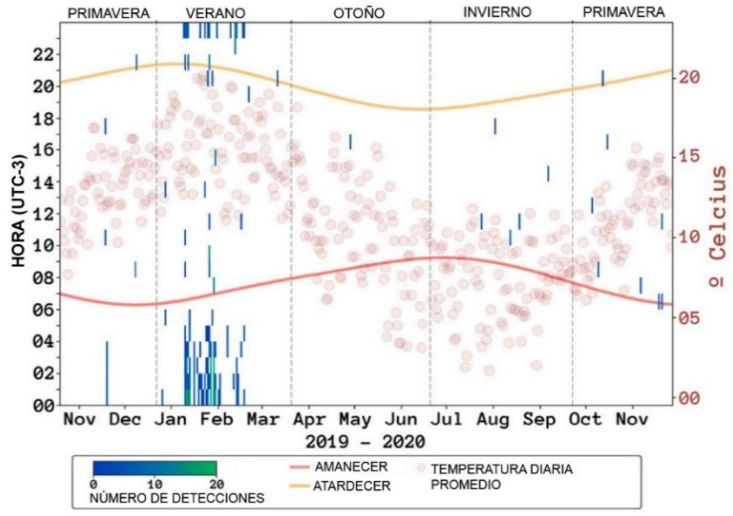
Aspecto ambiental 1	• **Generación** de ruido.		
Alcance temporal	En la planificación diaria de actividades.	**Alcance espacial**	En el sitio de construcción aledaño al humedal.

Descripción

Las obras de infraestructura necesariamente conllevan el uso de maquinaria que impacta la fauna local y aledaña con ruido y vibraciones. Hay periodos del día que son más importantes acústicamente, y que indican mayor actividad en la biota. Por ejemplo, las aves tienden a cantar más intensivamente durante las mañanas (partiendo al amanecer) y en las tardes (cerrando el atardecer) de la primavera y gradualmente menos hacia el verano. Los anfibios son muy activos durante el otoño (muchas especies cantan de noche). Considerar estos factores en la planificación de las actividades a escala diaria puede ayudar a reducir los impactos negativos de las obras. Lo anterior puede ser abordado con la implementación de BBPP complementarias que eviten o minimicen perturbaciones.



Presencia de una especie de ave (número de capturas) en un rango de 12 horas desde el amanecer para invierno y verano en el Parque Omora, Isla de Navarino. Fuente: modificado de Reyes-Arriegada, R., y Jiménez, J. (2014).



Patrón de actividad diaria a lo largo de un año de una especie (Burrito negruzco) en el humedal Miraflores en Valdivia en base a detecciones bioacústicas. Fuente: modificado de: Morales, G., Vargas, V., Espejo, D., Poblete, V., Tomasevic., J., Otondo, F., y Navedo, J. (2022)

Programación del trabajo según los ciclos de la biota – Horarios críticos	14

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Requiere levantamiento de información espaciotemporal a escala diaria sobre dinámicas poblaciones y hábitos en el humedal de interés.
- Incorporar paneles informativos, señaléticas y capacitar al personal respecto de las restricciones horarias para ciertas faenas.

Estabilización química

15

Aspecto ambiental 1	• **Generación** de material particulado sedimentable.		
Aspecto ambiental 2	• **Perturbación** de suelo aledaño al humedal.		
Alcance temporal	Aplicar antes del tránsito de maquinaras y mantener hasta el cierre de la faena o bien implementar otra medida luego del término de la vida útil del producto.	**Alcance espacial**	En caminos, zonas de tránsito, estacionamiento de maquinarias o vehículos y en superficies que no escurran directamente hacia el humedal.

Descripción

Los estabilizadores químicos o aglutinantes del suelo proporcionan estabilización en suelos descubiertos ubicados en áreas en las que no se puede establecer vegetación (ej: zona de tránsito de maquinaria). Algunos estabilizadores comúnmente utilizados son cloruro de calcio, lignosulfonatos, goma guar, poliacrilamida y bischofita.

Es importante tener en cuenta que algunos de estos estabilizadores contienen contaminantes químicos que pueden ser arrastrados al humedal por lo que nos pueden aplicar aguas arriba de este.



Aplicación de estabilizador químico desde camión con rociador. Fuente: Environmental Protection Agency, EEUU.

Estabilización química

15

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Evitar aplicar aguas arriba o en sectores en donde los químicos puedan ser arrastrados hacia el humedal.
- No sobrepasar la dosificación recomendada por el fabricante.
- Verificar la compatibilidad del estabilizador con los tipos de suelo del sitio.
- Considerar repetir la aplicación en base a la tasa de degradación del producto.
- Evitar compuestos de cloruro, ya que limitan el establecimiento de la vegetación.
- Evitar compuestos en base a glicerina, lignosulfonatos, melaza y aceites vegetales, ya que incrementan la demanda biológica de oxígeno en el cuerpo receptor.
- Evitar compuestos en base a petróleo, por su impacto negativo en plantas y agua.

Riego de suelos descubiertos

16

Aspecto ambiental 1	• **Generación** de material particulado sedimentable.		
Alcance temporal	Aplicar constantemente en la medida que exista tránsito de vehículos.	**Alcance espacial**	En caminos, zonas de tránsito, estacionamiento de maquinarias o vehículos y movimientos de tierra.

Descripción de material particulado

Consiste en el riego suelos descubiertos para evitar el levantamiento de material particulado fino. Se aplica a zonas con alto tránsito de maquinaria y movimientos de tierra, especialmente si no se pueden implementar otras medidas. El riego es solo superficial y se debe evitar el escurrimiento de aguas. Esta medida es preferible a la estabilización química.





Superior: Camión cisterna con rociadores posteriores y laterales. Fuente: Environmental Protection Agency, EEUU. Inferior: Aspersor en zona de movimientos de tierra. Fuente: Bigsprinklers.com

Riego de suelos descubiertos

16

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Para lograr efectividad de esta medida se debe reaplicar agua constantemente mediante rociadores, considerando la tasa de evaporación.
- Se recomienda la utilización de rociadores en camiones cisterna, especialmente para su aplicación en zonas de tránsito.
- Para terrenos irregulares, como en movimientos de tierra, se recomienda la utilización de aspersores.
- De forma complementaria, se pueden secuenciar las actividades para minimizar el área de suelo perturbada.

Barreras de viento

17

Aspecto ambiental 1	• **Generación** de material particulado sedimentable.		
Aspecto ambiental 2	• **Perturbación** de suelo aledaño al humedal.		
Alcance temporal	Antes del inicio de movimientos de tierra y durante la ejecución de la obra.	**Alcance espacial**	En el perímetro de la obra enfrentando el viento y frente a pilas de acopio de material.

Descripción

Con el uso de barreras se busca proteger el suelo descubierto o el material acopiado frente al viento y evitar que se depositen en humedales aledaños. Las barreras se diseñan específicamente para disminuir su velocidad y turbulencia. Para esto, se ubican de forma perpendicular a la dirección del viento frente a la zona que se busca proteger. Se recomienda el uso de materiales porosos tipo malla con polines, puesto que permite que el viento pase a menor velocidad y baja turbulencia, evitando ejercer demasiada presión en las barreras.



Barrera de viendo con varas de madera. Fuente: Colonial Construction Materials.

Barreras de viento

17

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Se deben inspeccionar regularmente, especialmente después de fuertes vientos. En el caso de que alguna malla esté en mal estado, esta se debe reemplazar.
- Se recomiendan alturas de entre 1 y 1,2 m y con una porosidad del 50%.
- Su disposición en series paralelas aumenta la efectividad de captura de sedimentos.
- Cuando se ponen para proteger acopio de material, estas deben estar ubicadas a una distancia de tres veces la altura de la pila.
- No son efectivas para sedimentos finos o material particulado. En estos casos se deben incorporar prácticas para su manejo, como rociadores de agua en suelos descubiertos.

Planificación del trabajo según régimen hidrológico - Flujos bajos

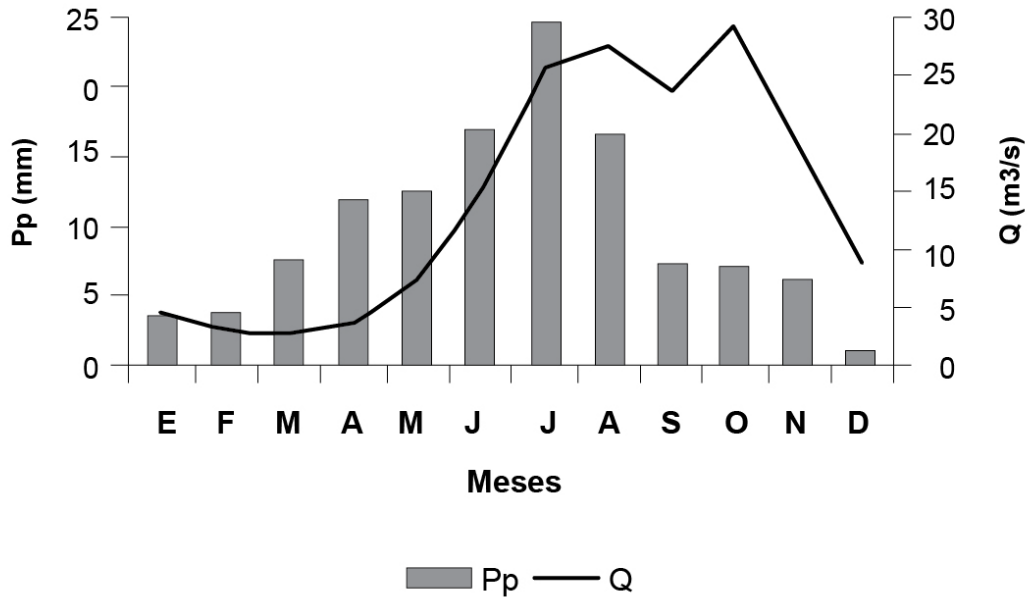
43

Aspecto ambiental 1	• **Derrame** de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño.
Aspecto ambiental 2	• **Perturbación** de suelo aledaño al humedal.
Aspecto ambiental 3	• **Generación** de material particulado sedimentable.

Alcance temporal	Planificar antes de la ejecución de obras y en base al hidroperiodo particular del humedal.	**Alcance espacial**	En el sitio de construcción aledaño al humedal.

Descripción

El régimen hidrológico de los humedales tiene una variabilidad natural que depende de la estacionalidad de su factor forzante. Se deberá conocer esta variabilidad para identificar en qué periodos existen flujos especialmente bajos los cuales son más susceptibles a la contaminación producto de derrame o arrastre de contaminantes y sedimentos. Se deberán evitar actividades con estos aspectos ambientales especialmente durante épocas de bajo flujo o baja altura de agua. En el caso de no poder reprogramar actividades que signifiquen arrastre de sedimentos y potencial derrame de contaminantes, se deberán intensificar las estrategias o buenas prácticas para el control de estas.



Promedios mensuales de precipitación (Pp) y caudal (Q) para un río. Se observa que los caudales bajos se concentran entre enero y mayo. Fuente: modificado de Torrero, M., Agosta, E., y Araneo, D. (2015).

Planificación del trabajo según régimen hidrológico - Flujos bajos

43

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Requiere un análisis previo del hidroperiodo del humedal.
- Es clave conocer el factor forzante de la hidrología y estudiar su variabilidad temporal.
- Requiere de capacitación del personal respecto de la programación y restricciones de ciertas faenas según la estacionalidad de los flujos.

Zona de control salida de maquinaria

44

Aspecto ambiental 1	• **Derrame** de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño.
Aspecto ambiental 2	• **Perturbación** de suelo aledaño al humedal.
Aspecto ambiental 3	• **Generación** de material particulado sedimentable.

Alcance temporal	Durante la etapa de ejecución de obras y movimiento de vehículos y maquinarias.	**Alcance espacial**	En cualquier lugar de entrada y salida de vehículos y maquinarias.

Descripción

Las zonas de control minimizan la cantidad de sedimento que sale del sitio de la obra, como tierra, barro u otro sedimento adherido a los vehículos. Consiste en una plataforma de grava sobre un geotextil en la salida del sitio. A medida que un vehículo o maquinaria pasa sobre la plataforma, esta elimina barro y sedimento de las ruedas y reduce el transporte de suelo fuera del sitio. Adicionalmente se puede instalar una estación de lavado, pero debe contar con un sistema de gestión adecuado de las aguas, como el desvío de estas hacia una trampa de sedimentos.



Ejemplo de una plataforma de grava en el acceso/salida de un sitio de construcción. Fuente: Environmental Protection Agency, EEUU.

Zona de control salida de maquinaria

44

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Localizar las zonas de control en áreas con buen drenaje e idealmente alejados de humedales, ríos, esteros, etc.
- Nivelar la zona de manera que las aguas escurran hacia trampas de sedimento y no hacia calles o directamente hacia cuerpos de agua.
- Si la salida pasa por un canal, estero o río, instalar un puente o alcantarilla para no erosionar la sección.
- En el caso de contar con lavado, considerar la localización estratégica de trampas de sedimentos aguas abajo. Además, se deben retirar los sedimentos acumulados en las trampas frecuentemente.
- Se requiere mantención periódica para agregar piedra y grava, quitar barro y mantener la plataforma estabilizada.
- Es crucial asegurarse de no lavar ni barrer sedimentos en ningún conducto de aguas lluvias, sumidero, canal o cualquier cuerpo de agua.
- Incorporar señalética informativa.
- Se recomienda un espesor de al menos 15 cm de grava en toda la plataforma.

Barreras flotantes

45

Aspecto ambiental 1	• **Derrame** de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño.

Alcance temporal	Durante faenas que impliquen carga, descarga, aplicación de hidrocarburos o derivados. Durante la emergencia en caso de vertidos a humedales.	**Alcance espacial**	En el cuerpo de agua del humedal, conteniendo los contaminantes.

Descripción

Las barreras flotantes se utilizan sobre cuerpos de agua para controlar la propagación de hidrocarburos y así reducir la posibilidad de contaminar hacia aguas abajo o la zona ribereña. Estas barreras concentran los hidrocarburos contaminantes en las capas superficiales facilitando su recuperación. Las barreras pueden ser absorbentes o no absorbentes y tienen diferentes diseños dependiendo del cuerpo de agua que se busca proteger (calmas y poco profundas, con oleaje o aguas corrientes). Cabe destacar que esta corresponde a una estrategia de última instancia ya que la selección de buenas prácticas debe realizarse para evitar que los hidrocarburos lleguen al cuerpo de agua. No obstante, se recomienda su uso preventivo durante faenas que impliquen carga, descarga, transporte o aplicación de hidrocarburos o derivados de este.



Izquierda: Barrera flotante tipo cerco no absorbente. Centro: Barreras de distinto tipo; de arriba abajo: cerco, cortina e inflable. Derecha: Barrera flotante absorbente (derecha) Fuente: AbosorbentsOnline.

Barreras flotantes

45

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- En el caso de dejar instalada la barrera de forma permanente esta se debe monitorear frecuentemente ya que puede dañarse con crecidas u oleajes. De usar barreras no absorbentes los hidrocarburos se deben recolectar cuidadosamente usando bombas o materiales absorbentes, dependiendo de la magnitud del derrame. Los desechos de los materiales absorbentes deben gestionarse según las indicaciones del fabricante.

Preservación de la vegetación existente

48

Aspecto ambiental 1	• **Perturbación** de suelo aledaño al humedal.
Aspecto ambiental 2	• **Generación** de ruido.
Aspecto ambiental 3	• **Generación** de material particulado sedimentable.

Alcance temporal	Durante la ejecución de obras y en la fase de establecimiento de la vegetación reemplazada.	**Alcance espacial**	Vegetación relevante para el humedal (ribereña) y vegetación que puede actuar como barrera para la escorrentía y sedimentos desde el sitio de construcción.

Descripción

Se busca proteger la vegetación existente (árboles, arbustos y pastos) frente al daño en el proceso constructivo. La vegetación existente mejora la calidad de las aguas lluvias y reduce la cantidad de escorrentía. Además, actúa como zona de amortiguación contra el ruido y disturbios visuales.

Se debe seleccionar apropiadamente las zonas y especies que se buscan preservar priorizando aquellas que cumplen un rol relevante en el humedal. Algunas estrategias para la preservación de vegetación existente son: usar barreras o mallas naranjas que delimiten la zona protegida e instalar señaléticas informativas.



Malla de protección para proteger zona de vegetación. Fuente: Environmental Protection Agency, EEUU.

Preservación de la vegetación existente

48

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Para el uso de mallas, priorizar materiales bio o fotodegradables.
- Se debe realizar un seguimiento continuo del estado de las barreras y señaléticas que protegen la vegetación.
- Procurar incluir siempre señaléticas con las barreras para que el personal de obra tenga en consideración el propósito.
- En el caso de deterioro de individuos protegidos estos deberán ser reemplazados.
- Se debe evaluar la necesidad de riego o aplicación de fertilizantes localmente.
- Al finalizar la obra o bien el establecimiento de vegetación reemplazada, las barreras se deben retirar para evitar que la fauna local se enrede en esta.

Manta de compost

49

Aspecto ambiental 1	• **Perturbación** de suelo aledaño al humedal.
Aspecto ambiental 2	• **Generación** de material particulado sedimentable.
Aspecto ambiental 3	• **Derrame** de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño.

Alcance temporal	Luego de la conformación de taludes y antes de la temporada de lluvias.	**Alcance espacial**	En taludes y zonas con pendiente con potencial escurrimiento de aguas.

Descripción

Capa de material compostado que se aplica de forma suelta sobre el suelo descubierto o áreas perturbadas. Permite reducir la escorrentía superficial, controlar procesos erosivos, favorece el crecimiento de vegetación y remueve contaminantes como metales pesados, hidrocarburos, nitrógeno y fósforo. La aplicación de la capa de compost puede hacerse con pala, bulldozer, esparcidora o hidrosembradora, en capas de 2,5 a 7,5 cm. En terrenos de alta pendiente la aplicación debe considerar el uso de mantas o fibras vegetales.



Aplicación de compost con hidrosiembrea. Fuente: Environment Canterbury Regional Council, NZ



Cama de compost aplicada en ladera con bermas para evitar el flujo de agua. Fuente: Interosion, Australia.



Barreras de retención (rollos de fibra) entre camas de compost. Fuente: Eastgate Supply.

Manta de compost

49

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Son más efectivas cuando las pendientes con una relación de entre 4:1 y 1:1.
- En el caso de pendientes elevadas se recomienda poner barreras de retención (ej: rollos de fibra rellenos con arena) cada cierta distancia o mallas de fibra sobre la superficie donde se aplicará el compost.
- En pendientes mayores a 2:1, se recomienda mezclar el compost con semillas de plantas nativas (gramíneas, flores silvestres, etc.) apropiadas para el clima de la zona.
- No deben localizarse en lugares en donde ser reciban flujos de agua concentrados como canales o descargas de aguas lluvias. En tales se casos, se pueden generar estructuras para difuminar el flujo.
- Se debe inspeccionar la manta de compost periódica y especialmente después de tormentas.
- Si se lavó la capa de compost, una nueva capa debe ser incorporada.
- Se debe restringir o eliminar la circulación peatonal en la zona del compost.

Geotextiles, mantas y mallas

50

Aspecto ambiental 1	• **Perturbación** de suelo aledaño al humedal.
Aspecto ambiental 2	• **Generación** de material particulado sedimentable.
Aspecto ambiental 3	• **Extracción** de vegetación aledaña al humedal.

Alcance temporal	Luego de la conformación de taludes y antes de la temporada de lluvias.	**Alcance espacial**	En taludes, zonas con pendiente con potencial escurrimiento de aguas y, en general, áreas con suelo descubierto.

Descripción

Los geotextiles y mantas de fibras vegetales tienen múltiples usos que permiten controlar la erosión y el arrastre de sedimentos al humedal. Estos pueden utilizarse en soluciones de aguas lluvias tales como trampas de sedimentos y enrocados. También pueden utilizarse como protección temporal de suelos expuestos, especialmente en taludes pronunciados. Adicionalmente, debido a que son porosos y biodegradables, permiten la contención de compost, semillas, suelo y mulch que facilita el establecimiento de vegetación, especialmente en laderas de alta pendiente.



Superior: Detalle de manta de geotextil. Inferior: Manta geotextil porosa para el crecimiento de vegetación localizada en ladera. Fuente: Environmental Protection Agency, EEUU.

Geotextiles, mantas y mallas

50

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- La mantención es variables según la medida implementada y según las especificaciones del fabricante. En todos los casos se requiere inspección regular para determinar si existen fallas en el geotextil, manta o malla.
- Se debe procurar que el material se encuentre anclado y en contacto con el suelo, de lo contrario se generará erosión en caso de haber separación.

Aterrazamiento

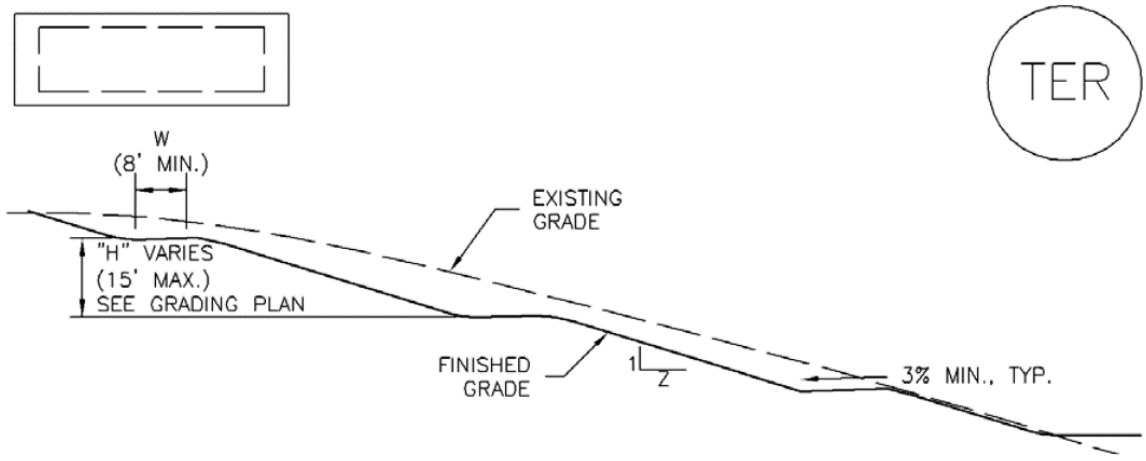
51

Aspecto ambiental 1	• **Perturbación** de suelo aledaño al humedal.		
Alcance temporal	Incorporar la solución en el diseño de los movimientos de tierra y establecer la vegetación tan pronto como sea práctico	Alcance espacial	En zonas con pendiente, conformación de taludes, terraplenes y otros movimientos de tierra que albergarán tráfico, equipos y zonas de trabajo.

Descripción

El aterrazamiento busca nivelar las pendientes pronunciadas (mayores a 4:1) mediante serie de secciones relativamente planas separadas por segmentos de pendiente pronunciada. Busca generar una topografía apropiada para el control de escorrentía, erosión y sedimentación.

El aterrazamiento se debe complementar con el uso de otras medidas de retención de suelos como mulching, mallas/enrejados o aumento de rugosidad. Las tarrazas pueden ser permanentes o temporales.



Superior: Sección constructiva de un aterrazamiento Fuente: Urban Storm Drainage Criteria Manual Volume 3, Chapter 7, Denver, Colorado.

Aterrazamiento

51

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- El diseño del espaciamiento de las terrazas debe considerar la pendiente y la longitud de la pendiente.
- Se debe minimizar la perturbación del suelo natural, por lo que el diseño de terrazas debe ser estratégico considerase sólo para áreas de trabajo, tráfico e instalación de equipos.
- El aterrazamiento no debe ser utilizado en humedales, ríos, esteros o cualquier agua corriente, áreas con vegetación natural o que incluya especies protegidas.
- Se deben reparar las cárcavas en zonas de alta pendiente y remover los sedimentos en sectores planos de forma permanente.
- En el caso de terrazas temporales, una vez terminadas las faenas se debe conformar la pendiente, cubrirla con tierra vegetal, mantas, u otro sistema de retención de suelo, y sembrar la pendiente con vegetación.
- En el caso de terrazas permanentes, se debe establecer la vegetación en terrazas y pendientes lo antes posible.

Mulching o cobertura vegetal

52

Aspecto ambiental 1	• **Perturbación** de suelo aledaño al humedal.		
Aspecto ambiental 2	• **Generación** de material particulado sedimentable.		
Alcance temporal	Aplicar antes de las lluvias. Si es hidrosiembra, en primavera, verano u otoño y nunca antes de eventos meteorológicos con viento y lluvia.	**Alcance espacial**	Áreas con pendientes altas y suelos erosionables y zonas en donde el establecimiento de la vegetación es difícil, tales como áreas de alta exposición solar y temperaturas.

Descripción

El mulching es una práctica para el control de la erosión que utiliza materiales vegetales como pastos, fibras de madera, paja o grava para estabilizar las superficies expuestas del suelo o recientemente plantadas.

El mulching es más efectivo para el control de la erosión si se combina con siembra de vegetación. En zonas con alta pendiente, ventosas y con escurrimiento de agua, se debe complementar con mantas de fibras vegetales u otras, lo que previene o disminuye la necesidad de aplicar mulch nuevamente. Es posible aplicar el mulch usando una hidrosembradora o manualmente.



Hidrosiembra en ladera para controlar la erosión. Fuente: Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile.

Mulching o cobertura vegetal

52

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Es necesaria una inspección frecuente, zonas descubiertas producto de las lluvias deberán ser recubiertas.
- Preferir fibras naturales como paja, madera y material vegetal. En caso de que se requiera corte de vegetación en el sitio de la obra, reutilizarlo como materia prima para el mulch.
- La utilización de materiales inorgánicos se puede especificar para zonas que no requieren vegetación.
- El mulch no es apto para zonas con flujos de agua concentrados. En tales se casos, se pueden generar estructuras para difuminar el flujo.
- Incorporar especies nativas cuando se utilice siembra de vegetación.

Siembra

53

Aspecto ambiental 1	• **Perturbación** de suelo aledaño al humedal.
Aspecto ambiental 2	• **Generación** de material particulado sedimentable.
Aspecto ambiental 3	• **Extracción** de vegetación aledaña al humedal.

Alcance temporal	Aplicar antes de las lluvias. Si es hidrosiembra, en primavera, verano u otoño y nunca antes de eventos meteorológicos con viento y lluvia.	**Alcance espacial**	Zonas con movimientos de tierra irregulares y sin una topografía definida. Taludes conformados con pendientes altas.

Descripción

La siembra establece una cobertura vegetal perenne (permanente), lo que ayuda a controlar la erosión del suelo en áreas perturbadas. Es una medida de bajo costo comparativamente con otras. Es posible realizar siembra manual o hidrosiembra.





Superior: Vegetación permanente en ladera. Fuente: Simmons Landscape & Irrigation Inc. Inferior: hidrosiembra de ladera. Fuente: Acacia Erosion Control.

Siembra

53

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- La mantención dependerá del tipo de las especies seleccionadas, considerando aspectos como mantener la humedad del suelo y regular la temperatura de este con mulch.
- Se deberá evaluar la necesidad de preparar el suelo para la siembra, incluyendo la calibración del pH en función de las especies y descompactación, además del uso riego y fertilizantes si corresponde.
- En el caso de un bajo prendimiento se deberá resembrar. Se podrán utilizar especies anuales como emergencia, pero procurando el establecimiento de especies perennes en el largo plazo.
- La capacidad de prevenir la erosión aumenta con el establecimiento de la vegetación y sus raíces, por lo que se deben incorporar otros métodos complementarios de control de erosión durante esta etapa.
- Considerar ocupar especies nativas y adaptadas al clima local para reducir acciones de mantenimiento. Se recomienda ocupar mezcla de gramíneas con legumbres, ya que estas últimas fijan nitrógeno fertilizando el suelo de manera natural, además de especies arbustivas.

Aumento de la rugosidad del suelo

54

Aspecto ambiental 1	• **Perturbación** de suelo aledaño al humedal.		
Alcance temporal	Al ser una práctica temporal, debe ejecutarse de forma recurrente, especialmente si no se complementa con otras estrategias.	**Alcance espacial**	En pendientes mayores de 3:1, pilas de tierra y zonas con suelos erosionables que son perturbados frecuentemente por el personal de construcción.

Descripción

Es una práctica estrictamente temporal para el control moderado de la erosión que en general se lleva a cabo en conjunto con el aterrazamiento. Consiste en aumentar el relieve del suelo descubierto con surcos horizontales (en dirección paralela a las curvas de nivel del terreno).

Esta práctica permite crear irregularidades que retienen el agua, reducen la velocidad de la escorrentía y favorecen la infiltración. Además, prepara el suelo para ser sembrado. Al ser una práctica temporal esta debe ser complementada como la siembra o cobertura vegetal.



Pendiente paralela a camino con surcos. Fuente: nativerevegetation.org

Aumento de la rugosidad del suelo

54

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Se requiere inspección posterior a eventos de precipitación y mantención de los surcos de ser necesario.
- En zonas donde los surcos se ven dañados puede ser necesaria la implementación de otra medida para el control de la erosión.
- En caso de usar maquinaria, limitarse a suelos de arena, ya que suelos arcillosos se compactan fácilmente. Para el caso anterior, utilizar métodos manuales.

Protección con enrocados

55

Aspecto ambiental 1	• **Perturbación** de suelo aledaño al humedal.
Aspecto ambiental 2	• **Movimiento** de tierra aledaño en el humedal.
Aspecto ambiental 3	• **Extracción** de suelo.

Alcance temporal	Durante existencia de flujos concentrados de agua producto de las obras.	**Alcance espacial**	En áreas en donde otras medidas de control de erosión han excedido su capacidad de estabilizar el suelo y zonas de salida de flujo concentrado de agua.

Descripción

Es una capa de piedras o bolones que protegen el suelo de erosión/socavación. Esta práctica puede ser especialmente útil en descargas de aguas lluvias o en otras zonas donde se concentre flujo a alta velocidad, como salidas de alcantarillas y obras de drenaje en general.

En el contexto de obras de conservación, esta estrategia puede ser temporal durante el tiempo en que se generan flujos concentrados por la existencia de salidas de agua necesarias para el desarrollo de las faenas (colectores, alcantarillas, etc.). Sin embargo, también pueden ser permanentes en el caso de construcción de descargas de aguas lluvias, las que pueden incorporar esta solución para el manejo y control de erosión.



Enrocado en salida de alcantarilla. Fuente: Adobe Fotostock.

Protección con enrocados

55

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Es necesario inspeccionar las áreas con riprap anualmente y después de tormentas importantes. Si las tormentas dañan el riprap o el material geotextil, reparar de inmediato para evitar un fallo progresivo. Si un lugar necesita reparaciones repetidamente, evaluar el sitio para determinar si las condiciones de diseño originales han cambiado.

Colector en pendiente temporal

56

Aspecto ambiental 1	• **Perturbación** de suelo aledaño al humedal.		
Alcance temporal	Su uso es temporal y se utiliza hasta que se habilite una solución permanente que evite el flujo concentrado de aguas por la pendiente.	**Alcance espacial**	En pendientes en donde se puedan generar flujos concentrados producto del drenaje de aguas.

Descripción

Es un conducto utilizado para transportar agua de lluvia por una pendiente perturbada mientras se previene la erosión. En la parte superior de la pendiente, un canal o zanja desvía el flujo hacia la entrada del tubo para su transporte por la pendiente. El extremo de descarga del tubo requiere protección en la salida.



Colector en pendiente. Fuente: Environmental Protection Agency, EEUU.

Colector en pendiente temporal

56

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Se recomienda que el área de drenaje del colector no sea mayor a 0,4 ha.
- Las zonas de entrada y salida deben ser estabilizadas con enrocados o grava.
- Es necesario verificar las estructuras de entrada y salida para detectar posibles zonas con socavación y realizar las reparaciones necesarias de inmediato.
- Se requiere inspeccionar el colector después de cada lluvia para determinar si ha excedido su capacidad, si se han producido obstrucciones, si se han desarrollado fugas, si el anclaje está seguro y si la posición es adecuada para el sitio.

Barreras de retención

57

Aspecto ambiental 1	• **Perturbación** de suelo aledaño al humedal.
Aspecto ambiental 2	• **Derrame** de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño.

Alcance temporal	Durante la ejecución de las obras. Al finalizar las faenas deben ser retiradas.	**Alcance espacial**	En canales o zanjas existentes o que se creen producto de las obras de construcción (ej: caminos socavados o hundidos).

Descripción

Estructuras relativamente pequeñas y temporales construidas dentro de áreas de flujo concentrado como canales y zanjas, ya sea como unidad o en serie. Las barreras pueden ser de enrocado, bolsas llenas de arena o grava, o rollos de fibra y compost. Estos elementos reducen la velocidad del flujo de las aguas y actúan como trampas de sedimentos. Se utilizan, por ejemplo, en canales que han sido erosionados o que aún no están cubiertos de vegetación por lo que existe un arrastre significativo de sedimentos. También pueden utilizarse en zonas donde se generarán flujos producto de las obras de construcción.



Dos tipos de barreras: con rocas (superior) y rollos de fibra (inferior) Fuente: Environmental Protection Agency, EEUU.

Barreras de retención

57

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Se recomienda que las barreas de retención no drenen áreas mayores a las 4 ha.
- Su sección central no debe superar los 60 cm de altura y debe cruzar toda la sección del canal.
- Las barreras se deben inspeccionar especialmente después de grandes tormentas; si las piedras se han movido se deben reposicionar. En el caso de roturas de sacos estos se deben reemplazar. En las inspecciones se deben retirar hojas o basura acumulada. Cada vez que se acumulen sedimentos hasta un 30% de la altura de la barrera estos se deben retirar manualmente.

Barrearas vegetales

58

Aspecto ambiental 1	• **Perturbación** de suelo aledaño al humedal.		
Aspecto ambiental 2	• **Derrame** de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño.		
Alcance temporal	Durante existencia de flujos laminares de agua producto de las obras u aguas lluvias. Al finalizar las faenas deben ser retiradas.	**Alcance espacial**	En zonas perimetrales del sito de construcción y perpendicular al drenaje natural de las aguas.

Descripción

Estructuras de control de sedimentos gruesos construidas con materiales como pequeñas ramas de árboles, raíces, piedras u otros escombros resultantes de la limpieza y despeje del sitio. Una cubierta de manta vegetal filtrante en la barrera puede estabilizar la estructura y mejorar su eficiencia. Las barreras vegetales son soluciones temporales de bajo costo y son apropiadas para zonas que reciben escurrimiento laminar y distribuido. No se deben usar en zonas donde se concentra flujo con velocidad.



Barrera formada con desecho vegetal en el perímetro de un sitio de construcción. Fuente: Environmental Protection Agency, EEUU.

Barrearas vegetales

58

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Son apropiadas para áreas de drenaje pequeñas y con flujos laminares. Se recomienda que una barrera de 30 metros de longitud no drene un área mayor a 1000 m2.
- Las pendientes máximas del área de drenaje no deben ser mayores de 2:1.
- Se recomiendan barreras de 60 cm de alto por 60 cm de ancho.
- Luego de lluvias, se debe inspeccionar la barrera para tapar agujeros o brechas y retirar acumulación excesiva de sedimentos cuando la altura de estos alcanza entre 1/3 y 1/2 de la altura de la barrera.

Barreras o bermas de compost

59

Aspecto ambiental 1	• **Perturbación** de suelo aledaño al humedal.		
Aspecto ambiental 2	• **Derrame** de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño.		
Alcance temporal	Durante existencia de flujos laminares de agua producto de las obras u aguas lluvias.	**Alcance espacial**	En zonas perimetrales del sito de construcción y perpendicular al drenaje natural de las aguas.

Descripción

Son similares a las barreras vegetales, pero están compuestas de compost lo que favorece la retención de contaminantes de menor tamaño como metales, hidrocarburos o material particulado. Son apropiadas para zonas que reciben escurrimiento laminar y distribuido. No se deben usar en zonas donde se concentra la velocidad.

Son soluciones temporales, generalmente las bermas de desarman o esparcen una vez finalizan las obras. Pueden ser de carácter permanente cuando se combinan con vegetación. En este caso, pasan a ser una solución alternativa para el control de aguas lluvias, específicamente, el filtrado de las aguas.



Bermas de compost en serie con solución complementar de malla de fibra. Fuente: Environmental Protection Agency, EEUU.

Barreras o bermas de compost

59

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Se disponen generalmente en serie paralelas a la pendiente y deben distanciarse del fondo de la pendiente para evitar su destrucción.
- En el caso de pendientes más pronunciadas se debe reducir el espacio entre bermas e incorporar otras soluciones como mantas y mallas.
- Son especialmente útiles cuando la infiltración hacia la napa subterránea no es deseable por factores que puedan alterar la cantidad y calidad de agua que soporta un determinado humedal.

Rollos de fibra

60

Aspecto ambiental 1	• **Perturbación** de suelo aledaño al humedal.
Aspecto ambiental 2	• **Derrame** de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño.

Alcance temporal	Luego de la conformación de taludes y antes de la temporada de lluvias. Al finalizar las faenas deben ser retiradas.	**Alcance espacial**	En taludes y zonas con pendiente con potencial escurrimiento de aguas. También en zonas perimetrales del sito de construcción o alrededor de pilas de material erosionable.

Descripción

Sistemas para el control de erosión en forma de tubo y rellenas de material en base a fibras, arroz, compost u otro. Están hechas de materiales fotodegradables o 100% biodegradables. Los rollos de fibras se utilizan en zonas de alta pendiente y permiten disminuir la velocidad de la escorrentía, captar sedimentos y filtrar contaminantes. Se utilizan frecuentemente como complementos de otras estrategias como el "mulch" o siembra. Los rollos de fibras se disponen de forma transversal a la pendiente y se debe asegurar su contacto con el suelo. Se recomienda que mientras mayor sea la pendiente, menor sea la distancia entre rollos.

Al finalizar las obras, los rollos pueden ser dejados en su lugar dependiendo de su localización, por ejemplo, en taludes que se serán plantados puesto que ayudan a retener humedad y acumulan materia orgánica lo que es beneficioso para la vegetación. En caso de retirarlos, se debe procurar limpiar el sedimento acumulado.



Rollos de fibra perpendiculares a la pendiente. Fuente: Environmental Protection Agency, EEUU.

Rollos de fibra

60

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Se disponen en trincheras de 5 cm de profundidad con estacas para mantenerlas en su lugar.
- A mayor pendiente, menor la separación entre rollos. Se recomienda la siguiente separación según la pendiente. 1:1 / 3 m - 2:1 / 6 m - 3:1 / 9 m - 4:1 / 12 m.
- La zona para captura de sedimentos del rollo de fibra es baja por lo que requieren limpieza frecuente. Cuando los sedimentos alcanzan la altura de 1/3 del rollo estos deben ser retirados.

Berma filtrante

61

Aspecto ambiental 1	• **Perturbación** de suelo aledaño al humedal.		
Aspecto ambiental 2	• **Derrame** de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño.		
Alcance temporal	Durante existencia de flujos laminares de agua producto de las obras u aguas lluvias. Al finalizar las faenas deben ser retiradas.	**Alcance espacial**	En zonas de pendientes bajas, perimetrales del sito de construcción y perpendicular al drenaje natural de las aguas

Descripción

Una berma filtrante de grava o piedra es una elevación temporal hecha de grava suelta, piedra o roca que filtra sedimentos del flujo superficial laminar. Se utilizan en terrenos relativamente planos y de forma perimetral y transversal a la dirección del escurrimiento. Es posible cubrir las bermas filtrantes con un geotextil.





Superior: Berma filtrante de grava. Fuente: Minnesota Stormwater Manual. Inferior: Berma de grava cubierta con malla. Fuente: Environmental Protection Agency, EEUU.

Berma filtrante

61

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Se recomiendan para zonas con pendientes menores al 10%.
- Para pendientes 3:1 o menores, deben ser de 60 cm de ancho en su parte superior.
- Se recomienda construir la berma en una trinchera de 10 cm de profundidad si se busca optimizar la captura de sedimentos.
- Se deben inspeccionar las bermas tanto antes como después de los eventos de precipitación. En el caso de que estén dañadas se deben reconstruir. Se deben retirar los sedimentos acumulados y gestionarlos de forma adecuada evitando su arrastre hacia cuerpos de agua o sumideros de aguas lluvias.

Trampas de sedimentos

62

Aspecto ambiental 1	• **Perturbación** de suelo aledaño al humedal.		
Aspecto ambiental 2	• **Impermeabilización** del suelo aledaño.		
Aspecto ambiental 3	• **Vertimiento** de sedimentos y contaminantes.		
Alcance temporal	Durante existencia de flujos de agua producto de las obras u aguas lluvias.	**Alcance espacial**	En zonas perimetrales del sito de construcción de acuerdo al drenaje natural de las aguas y aguas arriba de humedales.

Descripción

Las trampas de sedimentos son excavaciones temporales o permanentes que permiten que las partículas sedimenten. Normalmente se ubican aguas arriba de los cuerpos de agua o en puntos de descargas de aguas lluvias. Estas pueden estar cubiertas por geotextiles y agregados o rocas, especialmente en zonas de entrada y salida.

En el contexto de las obras de conservación, esta solución es apropiada para evitar la sedimentación de humedales evitando que material erosionable del sitio de la obra fluya hacia estos durante lluvias o bien durante procesos constructivos que requieran el vertido de agua.



Trampa de sedimento con geotextil. Fuente: New Zealand Forest Road Engineering Manual. Operators Guide.

Trampas de sedimentos 62

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Son apropiadas para áreas de drenaje de no más de 2 ha.
- A lo largo del tiempo se acumulará sedimento en la trampa. Para mantener el funcionamiento se deben retirar los sedimentos manualmente cada vez que estos alcancen el 50% de la capacidad de la trampa.
- Por seguridad, se recomienda la instalación de vallas en su perímetro.

Malla o barrera de sedimentos

63

Aspecto ambiental 1	• **Perturbación** de suelo aledaño al humedal.		
Alcance temporal	Durante existencia de flujos de agua producto de las obras u aguas lluvias.	**Alcance espacial**	En zonas perimetrales del sito de construcción de acuerdo al drenaje natural de las aguas y aguas arriba de humedales.

Descripción

Una malla de sedimentos corresponde a una barrera temporal de un textil poroso afirmado por pequeños postes que permite el paso de la escorrentía, pero no de los sedimentos arrastrados por esta. Se utiliza en el sitio de la obra, especialmente en zonas donde el suelo se ha perturbado. Al igual que la mayoría de las estrategias para la retención de sedimentos se ubican de forma transversal a la dirección del flujo de agua. Cada barrera debe ubicarse aguas abajo de un área de pequeñas dimensiones (30 metros de barreara para drenar un máximo de ~0,1 ha) y si el agua pasa por arriba de la barrea indica que el área aportante es demasiado grande. Las mallas y los postes deben estar enterrados y tensados. Las barreras o mallas de sedimento son estrategias de "última línea", es decir, se ubican en la zona más aguas abajo del terreno y de forma perimetral y se deben complementar con otras estrategias para el control de la erosión y arrastre de sedimentos. Visto en planta, se recomienda su configuración en forma de "J" y en la zona perimetral y baja del sitio.



Barrera de sedimentos de malla en el perímetro de un sitio de construcción. Fuente: Environmental Protection Agency, EEUU.

Malla o barrera de sedimentos

63

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Si la barrera no está generando un efecto de apozamiento, no estará cumpliendo su objetivo y hay que reubicarlas o mejorar su instalación. Considerar reposicionamiento en la medida cambia la configuración del sitio de la obra.
- Si el agua pasa por arriba de la barreara, el área aportante es demasiado grande y deberán incorporarse más mallas para distribuir el área aportante a cada una.
- Se deben evitar grandes longitudes, ya que tenderá a represar agua en la parte más baja con el consecuente rebalse y escape de sedimentos. Se deben disponer en serie generando múltiples zonas de retención.
- Se recomienda que los extremos de la barreara sean más altos que la zona media para evitar que el agua fluya alrededor de esta.
- No se deben ubicar en canales con flujo continuo de agua.
- Se deberán inspeccionar las barreras de forma rutinaria y especialmente después de eventos de precipitación, para determinar si necesitan mantenimiento debido a que están llenas o dañadas.

Protección para sumideros de aguas lluvias

64

Aspecto ambiental 1	• **Perturbación** de suelo aledaño al humedal.		
Aspecto ambiental 2	• **Derrame** de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño.		
Alcance temporal	Durante la ejecución de las obras. Implementar antes de los movimientos de tierra.	**Alcance espacial**	En sumideros existentes que se encuentren en torno al sitio de construcción, especialmente si evacúan en humedales.

Descripción

La protección de sumideros es la última instancia para evitar que los sedimentos arrastrados ingresen al sistema de colectores de aguas lluvias. Estas son soluciones temporales y previenen que el suelo o desechos y contaminantes entren al sumidero. La protección del sumidero puede ser interna o externa. Los controles internos consisten en un filtro que se coloca dentro de un sumidero, y estos controles generalmente solo son útiles para sedimentos más grandes. Los controles externos permiten la formación de apozamientos alrededor del sumidero utilizando algún tipo de barrera de filtro hecha de piedra, grava o tela.





Controles externos. Fuente. Superior: ERTC Environmental Systems. Inferior: Protect Our Water, Hawaii.

Protección para sumideros de aguas lluvias 64

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Se requiere mantención regular. Se deben revisar todos los elementos de protección después de eventos de precipitación. Cuando la capacidad de los elementos de protección disminuya a la mitad se deben retirar todos los sedimentos o desechos acumulados. Eliminar el sedimento de la zona de sedimentación o desatascar los orificios de drenaje si el control no drena dentro de las 48 horas. Reemplazar inmediatamente las rasgaduras en los controles de tela o controles de filtración interna. Esto puede requerir reemplazar el control completo dependiendo del grado de daño.

Definir senderos o zonas de tránsito

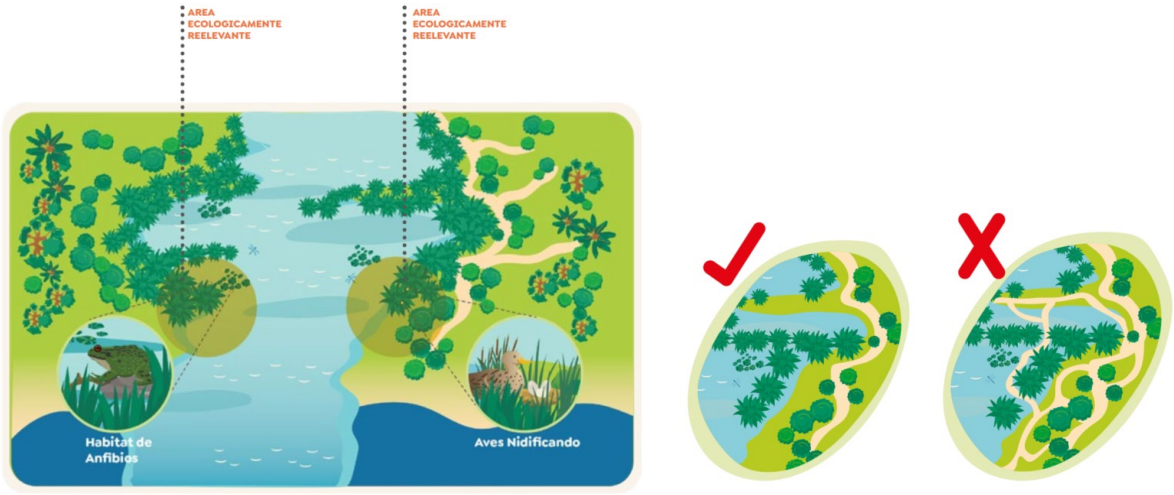
65

Aspecto ambiental 1	• **Compactación** del suelo del humedal		
Aspecto ambiental 2	• **Perturbación** de suelo aledaño al humedal.		
Aspecto ambiental 3	• **Extracción** de vegetación aledaña al humedal		
Alcance temporal	Planificar e implementar antes de las faenas y mantener durante la ejecución de obras	**Alcance espacial**	En torno al humedal y su zona ribereña evitando zonas ecológicamente sensibles.

Descripción

En el caso de que el proceso constructivo requiera pasos peatonales por la zona ribereña o por la zona de amortiguación definida, se deberán establecer senderos definidos y delimitados con pequeños cercos o estacas con cuerda. Esta práctica disminuirá la compactación de la zona ribereña. Además, se podrán incluir pasarelas en el caso de ser necesario.

Los senderos deberán estar alejados de zonas sensibles del humedal y se deberán incorporar señaléticas que describan el humedal como también la funcionalidad de los senderos. Estos senderos solo deberán ser usados por peatones, se debe restringir el ingreso de vehículos y maquinaria.



Estrategia adecuada para la planificación de senderos de manera de evitar la fragmentación del hábitat y evitar zonas sensibles o relevantes. Fuente: MMA, ONU Medio Ambiente, Proyecto GEF Humedales Costeros.

Definir senderos o zonas de tránsito

65

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Las zonas de tránsito deberán estar delimitadas físicamente con un cerco.
- Considerar el uso de carteles informativos para indicar la funcionalidad del sendero.
- Se recomienda capacitar al personal respecto de las zonas de tránsito.
- La construcción de senderos en ningún caso debe significar la perdida de superficie del humedal o su fragmentación, considerando inclusive la franja ribereña.
- Antes de incorporar el límite físico de los senderos es necesario evaluar la presencia de corredores biológicos y procurar su conectividad.
- En cuanto a materialidad, usar materiales permeables, inertes y no tóxicos. Evitar maderas tratadas con químicos.
- Panificar la construcción de senderos antes de la instalación de la empresa constructora, evitando construirlos en épocas clave para el ciclo de vida de la biota (nidificación de aves, desove peces, etc.).

Planificación del trabajo según los ciclos de la biota – Peces y Anfibios

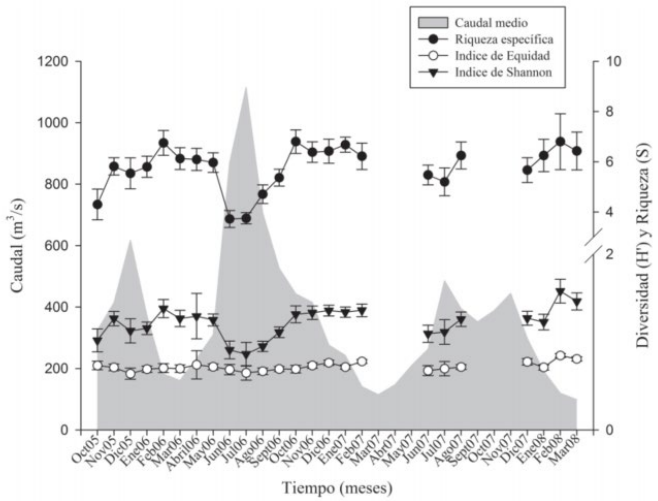
66

Aspecto ambiental 1	• **Movimiento** de tierra en el humedal
Aspecto ambiental 2	• **Transformación** temporal de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad.
Aspecto ambiental 3	• **Instalación** temporal de barrera transversal.

Alcance temporal	Planificar antes de la ejecución de obras y aplicar acciones según etapas clave del ciclo de vida.	**Alcance espacial**	En el humedal que es objeto de protección.

Descripción

Existen múltiples procesos que ocurren en un humedal que son críticos para los atributos ecológicos clave. Algunos de estos procesos son dinámicos y tienen temporadas críticas, uno de estos es la reproducción parte de su ciclo de vida. De ser posible se deberá identificar las temporadas de las etapas clave del ciclo de vida o bien entender la dinámica espaciotemporal de la especie o comunidades, considerando aspectos como riqueza, abundancia y los patrones de ocupación del ecosistema (ej: pozas, canales, zona terrestre inundada) de acuerdo a la distribución anual de caudales altos y bajos. Dentro de lo posible, se deben evitar o minimizar las perturbaciones a estos procesos por actividades dentro del cauce.



	Promedio de abundancia relativa (% de contribución)	
	AQ	BQ
G. australis	1,9	4(3,7)
D. camposensis	3,5(3,4)	8,3(9)
T. areolatus	11,3(14,2)	**21,4(23,7)**
G. maculatus	**21,1(22,5)**	7,5(8,2)
G. platei	13,9(13,1)	**21,4(7,4)**
Ch. australe	3,7(3,3)	3,4
P. gillissi	**27,7(29,6)**	**27,2(28,3)**
P.trucha	1,9	4,0
B. australis	3,1(5,2)	8,3
O. mykiss	4,6(5)	5,9(6,5)
S. trutta	3,2	1,7

Izquierda: Diversidad y riqueza de especies en el Río San Pedro de acuerdo a la variación de caudal mensual. Derecha: Abundancia relativa por especie según época de caudal alto (AQ) y caudal bajo (BQ) Fuente: Colin, N., Piedra, P., y Habit, E. (2012).

Planificación del trabajo según los ciclos de la biota - Peces	66

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Requiere levantamiento de información espaciotemporal anual sobre etapas clave del ciclo de vida la fauna.
- Considerar las diferencias de caudal y cómo afectan la riqueza y diversidad de especies a lo largo del año.
- Considerar cómo las diferencias físicas del río, producto de la variación de caudal, afectan la distribución espacial y abundancia de peces en la sección transversal del humedal.

Manejo adecuado de tareas de reforestación y restauración

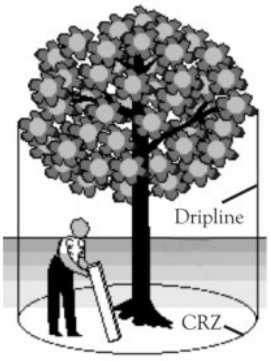
67

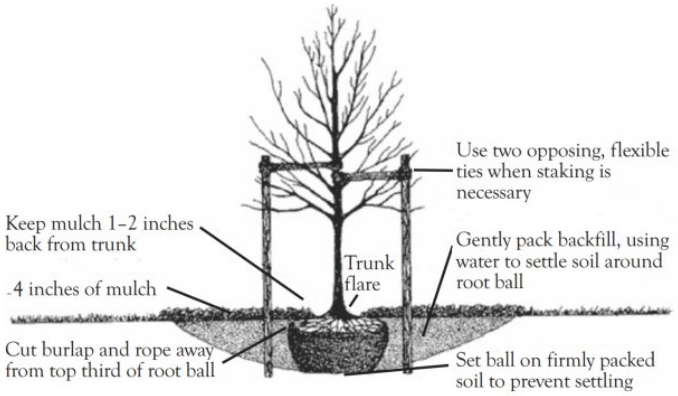
Aspecto ambiental 1	• **Uso** de flora exótica invasora.

Alcance temporal	Durante la plantación y establecimiento.	**Alcance espacial**	En zonas de reforestación y restauración.

Descripción

Esta solución aplica tanto para el Plan de Manejo para Corta y Reforestación de Bosques y el Plan de Revegetación, indicados en el Manual de Carreteras, como para cualquier otra solución que especifique el uso de material vegetal. En ambos casos, se debe priorizar la reforestación usando vegetación nativa y propia de la zona climática del sitio, además de aplicar acciones adecuadas de manejo de la vegetación para la selección de especies, plantación y protección de individuos plantados.





Tree diameter	Critical root zone radius	Total protection zone diameter, including trunk
2 inches	2 feet	4+ feet
6 inches	6 feet	13.5 feet
20 inches	20 feet	42 feet
46 inches	46 feet	96 feet





Superior: Acciones de manejo para protección de árboles. Izquierda: relación entre diámetro de tronco, zona de raíz y zona de protección. Derecha: esquema del espacio de plantación con diferentes acciones como la aplicación de mulch y tutores. Fuente: Oregon State University. Inferior: Estándar de tamaño y trasplante según normativas de Montreal. Fuente: Strathmore Landscape Management.

Manejo adecuado de tareas de reforestación y restauración

67

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Para asegurar el éxito de esta solución, considerar la aplicación de aquellas buenas prácticas destinadas a evitar el establecimiento de especies exóticas invasores como el flameo.
- Incorporar un ingeniero forestal, arquitecto del paisaje, o profesional afín para la faenas.
- Recomendaciones para la selección de especies: (1) seleccionar especies con capacidad de adaptación al cambio climático, (2) establecer estándares mínimos de tamaño de árbol al plantar (Diámetro de Altura al Pecho o DAP, (3) elegir individuos con buen estado fitosanitario.
- Recomendaciones para la plantación (1) Considerar una adecuada preparación del suelo, ubicación y distancia entre individuos, tamaño de hoyadura y alcorque, uso de tutores, riego y mantención (poda).
- Recomendaciones de protección post plantación: (1) considerar el área crítica de raíz (CRZ, *Critical Root Zone*) para diámetro del cerco de protección y señaléticas, (2) evitar compactar el suelo, (3) no cambiar topografía en torno al individuo, (4) evitar vertido de líquidos y químicos, (5) riego adecuado, (6) fertilizar y aplicar mulch.

Flameo para eliminar semillas en agregados

68

Aspecto ambiental 1	• **Uso** de material agregado.		
Alcance temporal	Al recibir el material granular y durante su disposición en capas.	**Alcance espacial**	En zonas de acopio y/o plataformas de material granular en el sitio de construcción.

Descripción

El flameo de agregados busca eliminar las semillas de especies invasoras que podrían estar presente en el material. Para esto se aplica calor por medio de una llama producida con gas metano (quemador de antorcha) lo que causa daño térmico y deshidratación en las células vegetales.





Ejemplos de flameo con quemador. Fuente. Superior. r/landscaping. Inferior: Bur Oak Land Trust.

Flameo para eliminar semillas en agregados

68

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Se debe realizar el flameo en condiciones climáticas adecuadas para evitar la propagación del fuego.
- En algunos casos, puede ser necesario realizar tratamientos repetidos de flameo para eliminar por completo las malezas y semillas.
- El flameo se debe realizar lejos de la vegetación propia del sitio.

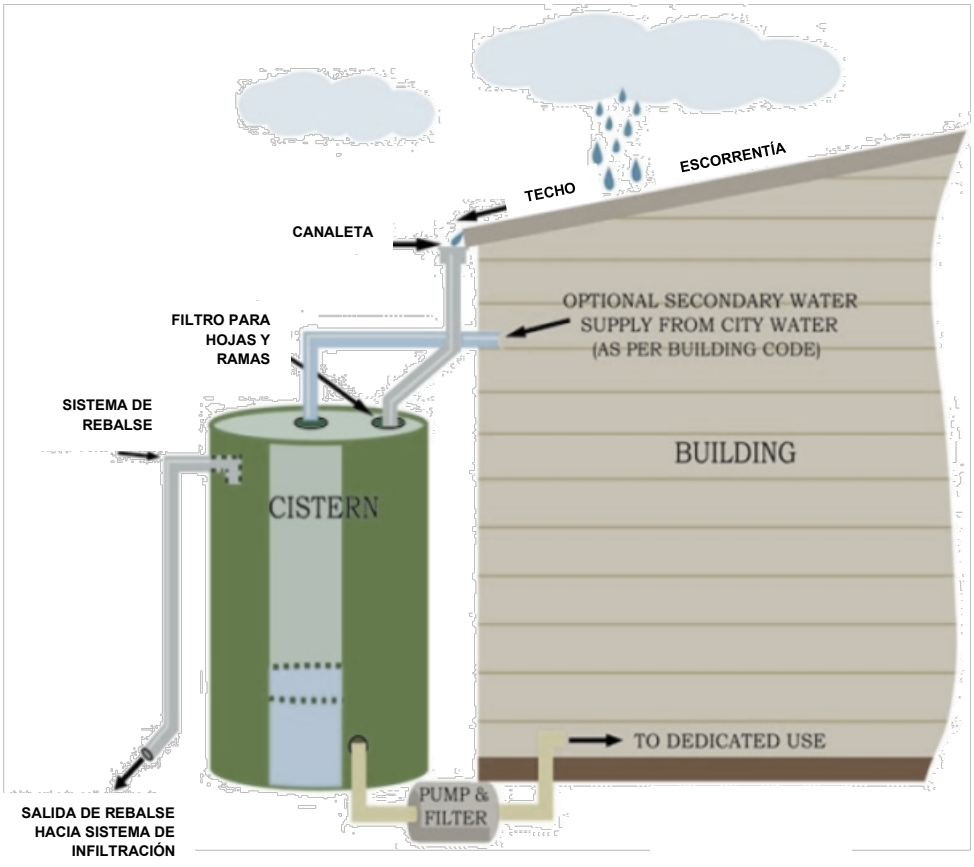
Elementos de almacenamiento local de aguas lluvias

70

Aspecto ambiental 1	• **Impermeabilización** del suelo aledaño.		
Aspecto ambiental 2	• **Perturbación** de suelo aledaño al humedal.		
Alcance temporal	Implementar con la instalación de faenas y mantener hasta el cierre.	**Alcance espacial**	En torno a estructuras con techumbre.

Descripción

Los elementos de almacenamiento local como barriles, estanques o cisternas, en superficie, permiten captar las aguas lluvias que caen en techos de la instalación de faenas. Su función es evitar que las aguas escurran, generen erosión y arrastren sedimentos u otros contaminantes hacia los humedales. La recolección de aguas lluvias permiten además reutilizar estas aguas para otros usos como riego de suelos descubiertos, lo que evita el levantamiento de material particulado. Detalles de diseño pueden tomarse del "Manual de Drenaje Urbano" (MOP, 2013).



Esquema de un sistema de almacenamiento local de aguas lluvias. Fuente: modificado de North Carolina Department of Environmental Quality, Stormwater Design Manual.

Elementos de almacenamiento local de aguas lluvias

70

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Se debe implementar un sistema de filtros para evitar que ingresen hojas o ramas al estanque de almacenamiento.
- Se debe contar con un sistema de salida de emergencia en el caso de que el barril alcance su capacidad. Las aguas evacuadas deben evitar escurrir libremente y se recomienda la localización de elementos de infiltración como pozos de infiltración, franjas filtrantes o zanjas de infiltración.
- Para permitir la reutilización de las aguas por gravedad se sugiere implementarlos zonas altas y evitar el uso de bombas.
- Luego de una tormenta se debe dar uso al agua almacenada de tal forma que la capacidad de almacenamiento esté disponible para un próximo evento de precipitación.

Canales vegetados

71

Aspecto ambiental 1	• **Impermeabilización** del suelo aledaño.
Aspecto ambiental 2	• **Perturbación** de suelo aledaño al humedal.
Aspecto ambiental 3	• **Derrame** de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño.

Alcance temporal	Durante existencia de flujos concentrados de agua producto de las obras u aguas lluvias. Implementar antes de los movimientos de tierra.	**Alcance espacial**	En zonas perimetrales del sito de construcción de acuerdo al drenaje natural de las aguas. En suelos erosionables pendientes moderadas y, con espacio suficiente para albergar la sección del canal.

Descripción

Consisten en canales con vegetación, generalmente gramíneas, que colectan la escorrentía del sitio de la obra y debido a su baja pendiente y rugosidad, permiten la infiltración de las aguas lluvias. Además, favorecen la sedimentación de contaminantes por la baja velocidad de escurrimiento. Esta solución es apropiada para evitar el escurrimiento de sedimentos y contaminantes desde el sitio de la obra hacia humedales aledaños. Dependiendo de sus dimensiones, son capaces de retener temporalmente un volumen de aguas lluvias en su sección.

En el contexto de obras de conservación, la solución es de carácter temporal puesto que está destinada a capturar las aguas lluvias y otros escurrimientos durante la ejecución de las faenas. También puede funcionar como una solución alternativa permanente para obras de drenaje de aguas lluvias. Detalles de diseño pueden tomarse del "Manual de Drenaje Urbano" (MOP, 2013).



Canal vegetado con césped en sitio de construcción. Fuente: Environmental Protection Agency, EEUU.

Canales vegetados

71

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Las zonas salida deben ser estabilizadas con enrocados o grava.
- El objetivo más importante en el mantenimiento de canales revestidos de césped es mantener un crecimiento denso y vigoroso, ya que es la principal protección contra la erosión para el canal. Después del establecimiento de la vegetación la mantención es mínima, se requiere retiro de basura que puede obstruir el flujo.
- Se pueden combinar con enrocados y geotextiles para generar una protección adicional contra la erosión de la base y paredes del canal.

Delimitación física del humedal

72

Aspecto ambiental	• Estrategia preventiva, aplicable a múltiples aspectos ambientales.		
Alcance temporal	Planificar e implementar antes de las faenas y mantener durante la ejecución de obras	**Alcance espacial**	Siguiendo la delimitación funcional del humedal y en zonas ecológicamente sensibles.

Descripción

Una vez delimitado funcionalmente el humedal de interés o en el caso de existir una delimitación previa, se debe establecer un límite físico que indique el inicio del humedal. Esto puede ser usando un cerco, estacas con cuerdas, señaléticas o una combinación de estas. La señalética debe informar como mínimo sobre los límites del humedal y sus zonas ecológicamente sensibles. Antes de incorporar un cerco perimetral se debe evaluar la existencia de corredores biológicos que pueden verse fragmentados con el cerco. Esta estrategia puede realizarse en conjunto con la zona de amortiguación.



Cercos temporales con señaléticas para delimitar el humedal y zonas sensibles en humedal de Cáhuil (superior) y humedal Río Maipo (Inferior). Fuente: MMA, ONU Medio Ambiente, Proyecto GEF Humedales Costeros.

Delimitación física del humedal	72

Consideraciones para la mantención y buen funcionamiento

- Se debe inspeccionar el cerco, estacas y señaléticas corroborando su buen estado y reemplazar en el caso de ser necesario.
- Se recomienda capacitar al personal respecto de las zonas sensibles y las actividades prohibidas en estas y en el humedal mismo.

ANEXO 10 | Fichas de estudios para descartar alteraciones

Análisis de calidad de agua 1

Atributos ecológicos clave	• Calidad del agua
Relaciones de proximidad pertinentes	• Aguas arriba • Alrededor • Dentro

Descripción del estudio

Un análisis de calidad de agua implica evaluar parámetros físicos, químicos y biológicos del agua. Su evaluación previa al desarrollo de la obra es útil para establecer rangos aceptables durante el desarrollo de esta en función de la condición base del humedal o bien para determinar si éstos se encuentran dentro de los rangos permitidos para diferentes usos, por ejemplo, para consumo humano, agricultura o recreación (NCh 1333) o incluso, si están dentro de los rangos de una Norma Secundaria de Calidad de Agua, en el caso de existir. La recolección de muestras se realiza en diferentes puntos y en diferentes periodos, seguido de análisis de laboratorio o in-situ en algunos casos.

Importancia del estudio

Las características físicas, químicas y biológicas del agua permiten o limitan el desarrollo de biodiversidad de flora y fauna en un humedal. La calidad del agua puede verse afectada de forma temporal o permanente por acciones da las obras MOP. Por ejemplo, un desvío de cauce aumenta temporalmente la turbidez del agua debido al movimiento de tierra y levantamiento de sedimentos, esto puede producir un deterioro en la vegetación hidrófila producto de la disminución de la actividad fotosintética.

Diseño del estudio (frecuencia, estacionalidad, distribución espacial, etc.)

- Puede ser mensual, trimestral o incluso semestral, dependiendo de las regulaciones locales y condición actual del cuerpo de agua.
- En entornos donde hay preocupaciones sobre la contaminación o la calidad del agua, especialmente en cuerpos de agua naturales o donde se realizan vertidos, el monitoreo puede ser más frecuente. En casos críticos, se instalan instrumentos de monitoreo continuo que miden algunos parámetros físico-químicos a intervalos regulares (por ejemplo, cada hora o cada 15 minutos). Estos dispositivos proporcionan datos sobre la variación diaria o estacional.
- Se recomienda hacer la selección de parámetros de medir en función de los aspectos ambientales identificados para la obra en estudio y el potencial cambio asociado. Para esto revisar el **Anexo digital 2**, sobres aspectos ambientales, cambios en el humedal e indicadores.

Métodos de medición, instrumentos y factibilidad.

- Algunas mediciones son relativamente sencillas y rápidas en terreno, utilizando equipos portátiles como fotómetros o sondas multiparamétricas. Otros indicadores requieren toma de muestra en terreno y posterior análisis en laboratorio con equipos más sofisticados a través de cromatografía y/o espectrofotometría. Existen nuevas técnicas para recolectar

Análisis de calidad de agua	1
ADN ambiental - el material genético que los organismos vivos desprenden al medio ambiente - lo que permite identificar las especies animales y vegetales presentes en el cuerpo de agua.	
Aspecto ambiental cuyo cambio en el humedal podrá ser descartado con el estudio o bien, permite el diseño de BBPP vinculadas a este aspecto ambiental	
• Derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño. • Generación de material particulado sedimentable. • Movimiento de tierra en el humedal. • Perturbación de suelo aledaño al humedal. • Uso de fertilizantes, pesticidas, herbicidas. • Vertimiento de sedimentos y contaminantes.	

Análisis de calidad del suelo 2

Atributos ecológicos clave	• Calidad del suelo
Relaciones de proximidad pertinentes	• Dentro • Aguas arriba

Descripción del estudio

El análisis de la calidad del suelo describe el sustrato de la superficie terrestre, un recurso natural no renovable, compuesto por componentes abióticos (minerales) y bióticos (materia orgánica, organismos). El suelo puede presentar condiciones muy favorables al desarrollo de ciertas especies y esto depende de su estructura física y composición química. Se estudia el "perfil de suelo", es decir las diferentes capas (profundidad) de formación de suelo. La formación de capas de suelo es un proceso natural condicionado por la acción del clima, la geología subyacente y la actividad biológica. Las características físicas y químicas del suelo permiten evaluar su capacidad para retener agua, filtrar nutrientes y/o resistir la erosión.

Importancia del estudio

La calidad del suelo del humedal y su entorno determina su potencial sostener vegetación hidrófila. Esto va a depender de la granulometría del suelo, de su densidad aparente (compactación y porosidad), del pH y contendido de nutrientes como fósforo y nitrógeno. Identificar los horizontes del suelo y sus propiedades ayuda a entender cómo prevenir la erosión, la compactación o la pérdida de nutrientes. Esto es vital para mantener la resiliencia a largo plazo del suelo. Además, en áreas degradadas o en la evaluación de impactos ambientales, el conocimiento del perfil del suelo ayuda a planificar medidas de mitigación y de restauración.

Diseño del estudio (frecuencia, estacionalidad, distribución espacial, etc.)

- Para el caso del suelo, los cambios ocurren a velocidad lenta ya que dependen en gran parte de procesos geológicos o climáticos. En vez de un monitoreo con una frecuencia que se repite muchas veces al mes como las muestras de agua, para el caso del suelo, es importante obtener una buena representatividad espacial (distribuido de manera representativa en el área de interés). La saturación del suelo puede variar estacionalmente según los procesos de precipitación, infiltración y afloramientos subterráneos, por lo que es recomendable realizar al menos una prospección en temporada seca y otra en temporada húmeda.

Métodos de medición, instrumentos y factibilidad

- La toma de muestras se hace utilizando un barreno o realizando una calicata. Una calicata es una técnica de excavación a profundidad baja o media para la recolección de muestras de tierra. Las muestras se obtienen en diferentes horizontes, o capas de suelo. El análisis posterior se realiza con métodos de tamizaje, secado, uso de tabla Munsell y técnicas de laboratorio.

Aspecto ambiental cuyo cambio en el humedal podrá ser descartado con el estudio o bien, permite el diseño de BBPP vinculadas a este aspecto ambiental

Análisis de calidad del suelo	2

- Compactación del suelo del humedal.
- Derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño
- Disposición permanente de material en el humedal o relleno.
- Extracción de vegetación aledaña al humedal.
- Extracción de suelo.
- Generación de material particulado sedimentable.
- Perturbación de suelo aledaño al humedal.
- Transformación permanente de la zona y frecuencia de inundación.
- Transformación temporal de la zona y frecuencia de inundación.

Estudio de emisiones atmosféricas y material particulado sedimentable	3
Atributos ecológicos clave	• Calidad del agua • Calidad del suelo • Flora hidrófila
Relaciones de proximidad pertinentes	• Dentro • Alrededor

Descripción del estudio

Este estudio se enfoca en el material particulado (MP) generado por acciones de obras MOP, es una evaluación de las emisiones de partículas sólidas y líquidas suspendidas en el aire que pueden tener impactos en la salud humana y el medioambiente. El MP varía en tamaño, composición y origen y puede incluir polvo, cenizas, hollín, aerosoles y otros contaminantes. El estudio de emisiones atmosféricas debe contener al menos los siguientes componentes: identificación de fuentes de emisión según el cronograma de actividades, estimación de emisiones (en fase de construcción y operación), caracterización del material particulado, modelado de dispersión, estimación del MP sedimentable (MPS) y desarrollo de BBPP. **Este estudio podrá complementarse con la caracterización de flora del humedal y calidad del agua.**

Importancia del estudio

Los estudios de emisiones permiten conocer la magnitud de las emisiones y diseñar la BBPP necesarias para prevenir el cambio en el humedal. El MPS puede contener contaminantes que se disuelven en el agua, se depositan en el suelo o se acumulan directamente sobre la flora. Además, el MPS puede afectar las propiedades físicas del agua como los sólidos suspendidos totales (SST) lo que reduce la capacidad fotosintética de la flora acuática. Por otra parte, su acumulación en el suelo puede generar cambios de pH perjudiciales para la flora y fauna.

Diseño del estudio (frecuencia, estacionalidad, distribución espacial, etc.)

- El estudio se realiza previo a la ejecución de la obra en base a la estimación de emisiones atmosféricas, modelación de dispersión y estimación de MPS.
- Se deben identificar todas las actividades de la obra, en sus diferentes fases, que generan emisiones y elaborar un cronograma. Las principales actividades generadoras de emisiones en una obra son: demolición, perforación, escarpe, excavaciones, erosión de material en pila, carguío y volteo de material, compactación, nivelación, tránsito de vehículos, combustión de vehículos, combustión de maquinaria, combustión de grupos electrógenos, combustión de calderas, chancado, pulverizado, tamizado, entre otras.
- Para descartar la potencial alteración se podrán utilizas normas de referencia como la “Ordinance on Air Pollution Control (OAPC)” de la Confederación Suiza (1985) u otra.
- En el caso de ser necesario se deben considerar en la modelación escenarios donde se incluyan las BBPP seleccionadas (ver BBPP vinculadas al aspecto ambiental “generación de material particulado” de la Matriz de BBPP (**Anexo digital 4**)

Estudio de emisiones atmosféricas y material particulado sedimentable	3

Métodos de medición, instrumentos y factibilidad

- El estudio de emisiones atmosféricas y MPS se realiza en gabinete en base al diseño de la obra, el cronograma de actividades y factores de emisión teóricos para diferentes actividades.
- Una metodología comúnmente utilizada para evaluar el aporte de MPS es screening, recomendada por la US EPA. Se recomienda abordar la modelación preliminarmente con un modelo simple antes de utilizar uno demasiado sofisticado.
- De forma preliminar se recomienda considerar condiciones desfavorables de viento y estabilidad atmosférica. En algunos casos no es necesario modelar todo el periodo de construcción, solo será necesario el periodo con mayores emisiones.

Aspecto ambiental cuyo cambio en el humedal podrá ser descartado con el estudio o bien, permite el diseño de BBPP vinculadas a este aspecto ambiental

- Generación de material particulado sedimentable.

Estudio de ruido sobre fauna	4

Atributos ecológicos clave	• Aves • Peces • Anfibios y reptiles • Mamíferos
Relaciones de proximidad pertinentes	• Dentro • Alrededor

Descripción del estudio

El estudio de ruido se centra en evaluar cómo las emisiones acústicas de las obras MOP pueden afectar a las especies de animales que habitan en un humedal.
Este estudio debe considerar al menos lo siguiente: caracterización del ambiente sonoro, identificación de actividades o procesos de la obra que pudieran generar emisiones de ruido, identificación de la diferencia entre los niveles de ruido con el proyecto y los niveles de ruido de fondo representativos del entorno donde habita fauna nativa, identificación de especies de fauna sensibles al ruido y hábitats de relevancia, modelación de dispersión acústica, definición de umbrales de referencia asociados al tipo de impacto y grupos de especies, identificación del potencial impacto de generación de ruido y diseño de BBPP.
Este estudio se complementa con el de caracterización de fauna ya que requiere de la identificación de hábitats de relevancia y especies de fauna sensibles.

Importancia del estudio

El ruido producido por uso de maquinarias y generadores puede producir efectos negativos en la fauna silvestre, tales como cambios en el comportamiento, la comunicación, la reproducción y la supervivencia. El ruido puede generar efectos directos (ej. estrés fisiológico) y efectos indirectos (ej. interferencia en la comunicación y la detección de presas o depredadores, denominados conductuales).

Diseño del estudio (frecuencia, estacionalidad, distribución espacial, etc.)

- Se evalúan las fuentes actuales de ruido antropogénico y natural en términos de niveles de ruido en diferentes momentos del día (se sugiera un registro continuo durante 24 horas).
- Se deben identificar los escenarios de emisión de ruido más desfavorables en función del cronograma de la obra.
- El estudio debe identificar las especies de fauna presentes en el humedal y determinar su sensibilidad al ruido en términos de frecuencia, intensidad, duración y efectos en el comportamiento de cada especie (conductuales y fisiológicos). Se deben tener en cuenta los ciclos de las especies presentes, tanto a escala anual como diaria.
- Se deberán utilizar los umbrales de afectación de fauna definidos en el documento “Criterio de evaluación en el SEIA: evaluación de impactos por ruido sobre fauna nativa” (SEA, 2022).
- En el caso de ser necesario ya que no se cumplen los umbrales establecidos, se deben considerar en la modelación escenarios donde se incluyan las BBPP para el control de

Estudio de ruido sobre fauna — 4

ruido. Los resultados de este estudio son clave para el diseño de las BBPP tales como barreras acústicas o la delimitación de una zona de amortiguación (ver BBPP vinculadas al aspecto ambiental “generación de ruido” de la Matriz de BBPP (**Anexo digital 4**).

Métodos de medición, instrumentos y factibilidad

Este estudio se realiza previo a la ejecución de la obra y requiere de trabajo en terreno y simulaciones en gabinete. La modelación de las emisiones acústicas se realiza en base al diseño de la obra, el cronograma de actividades y la predicción de generación de ruido. Se sugiere seguir los lineamientos establecidos en la guía SEA (2022) – “Criterio de evaluación en el SEIA: Evaluación de impactos por ruido sobre fauna nativa”.
Para mediciones en terreno se utiliza un sonómetro, un instrumento de bajo costo y baja dificultad de uso. La metodología para tomar datos se especifica en el DS 38, que a pesar de ser asociado a poblaciones humanas, puede ser adaptado para cuantificar impactos sobre la fauna.

Aspecto ambiental cuyo cambio en el humedal podrá ser descartado con el estudio o bien, permite el diseño de BBPP vinculadas a este aspecto ambiental

- Generación de ruido.

Estudio de ingeniería (diseño y construcción) — 5

Atributos ecológicos clave	• Cantidad de agua • Calidad del agua • Calidad del suelo

Estudio de ingeniería (diseño y construcción)	5
	• Estructura de la vegetación ribereña • Flora hidrófila • Conectividad hidrogeomorfológica • Conectividad del paisaje
Relaciones de proximidad pertinentes	• Dentro • Aguas arriba • Aguas abajo • Alrededor

Descripción del estudio

Este estudio responde a una de las preocupaciones más recurrentes indicadas por el SEIA en las consultas de pertinencia realizadas por el MOP: el método constructivo de la obra. Según lo solicitado, se debe incluir detalladamente los aspectos ambientales (AA) generados. Se debe delinear el cronograma de la obra, indicando variaciones estacionales y horarias en la ejecución de acciones de la obra. También es menester incluir consideraciones de gestión del riesgo y planes de contingencia por causas humanas y naturales. Esto se refiere, por ejemplo, medidas de acción en caso de ocurrencia de terremotos o incendios que puedan afectar el desarrollo de la obra y su interacción con el humedal. Otras emergencias consideran los derrames accidentales de sustancias tóxicas, en cuyo caso, se debe describir cuáles serán las medidas de contención, limpieza y rehabilitación para abordar esta emergencia. Por último, se debe prestar especial atención a la generación de residuos. Se establecen medidas para su adecuada disposición, asegurando el cumplimiento estricto de la normativa ambiental y evitando la creación de vertimientos de escombros o micro basurales que puedan afectar los lugares circundantes. Las características de la obra expuestas deben considerar las BBPP seleccionadas y correctamente diseñadas en función de los otros estudios realizados para descartar alteraciones.

Importancia del estudio

Este estudio es fundamental desde el punto de vista de la ejecución de la obra y de su sostenibilidad en el tiempo de manera compatible con el humedal. Conocer la temporalidad del desarrollo de obras es esencial para comprender su interacción con la con la variación temporal natural de los ecosistemas, por ejemplo, los ciclos reproductivos de ciertas especies de fauna.
También, contar con planes de contingencia refleja una adecuada preparación por parte del MOP y sus contratistas para abordar todas las dimensiones planificadas e imprevistas que pudieran generar alteraciones en el humedal. Por otra parte, el manejo responsable de los residuos contribuye significativamente a la aceptación de las obras por parte de las comunidades humanas aledañas al humedal.

Diseño del estudio (frecuencia, estacionalidad, distribución espacial, etc.)

- El estudio de ingeniería se realiza en gabinete, considerando el cronograma de actividades, la distribución espacial de las obras y sus actividades e incorporación de BBPP.

Estudio de ingeniería (diseño y construcción)	5

- Se requiere la participación de profesionales especializados en construcción de obras, utilización de maquinaria, recursos humanos y gestión del riesgo.

Métodos de medición, instrumentos y factibilidad

- Este estudio se realiza desde un enfoque preventivo. Se sugiere la participación de un equipo interdisciplinario compuesto por especialistas en diseño, topografía, construcción de obras civiles, prevención de riesgo y gestión ambiental. El tipo de herramientas utilizadas incluyen tecnologías de teledetección como el uso de drones para el levantamiento topográfico y sistemas de información geográfica (SIG) para precisar el emplazamiento espacial de la obra y la planificación temporal de las acciones. También se pueden utilizar software de diseño asistido por computadora (CAD) para la planificación detallada de construcción de obras en conformidad con los estándares ambientales establecidos. La factibilidad de realizar este estudio es alta y de baja complejidad. Requiere la disponibilidad de los profesionales especializados y la coordinación efectiva dentro del equipo multidisciplinario.

Aspecto ambiental cuyo cambio en el humedal podrá ser descartado con el estudio o bien, permite el diseño de BBPP vinculadas a este aspecto ambiental

- Compactación del suelo del humedal.
- Disposición permanente de material en el humedal o relleno.
- Extracción de vegetación aledaña al humedal.
- Extracción de vegetación en el humedal.
- Generación de material particulado sedimentable.
- Generación y mala gestión de residuos sólidos.
- Instalación de pilotes en la sección transversal.
- Instalación permanente de barrera transversal.
- Instalación temporal de barrera transversal.
- Perturbación de suelo aledaño al humedal.
- Transformación permanente de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad.
- Transformación temporal de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad
- Transformación permanente de la zona y frecuencia de inundación.
- Transformación temporal de la zona y frecuencia de inundación.
- Vertimiento de sedimentos y contaminantes.

Caracterización de flora y fauna 6

Atributos ecológicos clave	• Estructura de la vegetación ribereña • Flora hidrófila • Aves • Peces • Anfibios y reptiles • Mamíferos
Relaciones de proximidad pertinentes	• Dentro • Aguas arriba • Alrededor

Descripción del estudio

Esta descripción de flora y fauna debe profundizar la información generada en la etapa previa de caracterización del humedal. La caracterización inicial se realiza en gabinete en base a revisión bibliográfica y predicción de presencia de especies. Esta profundización requiere trabajo de campo para obtener mayor precisión sobre las especies presentes en el caso particular, más allá de la información que se pueda obtener mediante trabajo de gabinete (revisión bibliográfica).

Importancia del estudio

Cada ecosistema se comporta de manera particular dadas sus características físico-químicas y biológicas intrínsecas, pero también de las intervenciones antrópicas ya existentes que pueden haber modificado las características de base originales. Entonces este estudio permite elaborar un diagnóstico preciso de la flora y fauna que refleje la condición real, no teórica, del humedal. Esto es importante para tomar consideraciones de diseño y buenas prácticas para la obra MOP específica. Además, permite identificar y predecir posibles alteraciones de las obras que puedan generar efectos sinérgicos con alteraciones preexistentes. El real estado de la flora y fauna del humedal previo al desarrollo de la obra facilita el dimensionar adecuadamente el efecto específico de la obra y cuáles son las medidas realmente abordables mediante buenas prácticas. Por último, con la información generada con este estudio se pueden implementar BBPP que incluso puedan mejorar las condiciones para el desarrollo de flora y fauna, por ejemplo, el mejoramiento de los corredores biológicos.

Este estudio es un insumo necesario para el desarrollo de otros estudios como el de emisiones atmosféricas y material particulado sedimentable y el de ruido sobre fauna.

Diseño del estudio (frecuencia, estacionalidad, distribución espacial, etc.)

- La frecuencia de monitoreo puede estar relacionada con el ciclo reproductivo de las especies de fauna presentes. Si es que estas especies tienen ciclos reproductivos con patrones estacionales, se sugiere realizar una caracterización que considere levantamiento en terreno durante las estaciones clave asociadas con la reproducción.

Caracterización de flora y fauna	6

- De manera similar, existen especies de flora que sólo son detectables en ciertas temporadas, por lo que es necesario caracterizar el humedal en terreno para no descartar equivocadamente su presencia por no detección. Se sugiere que el estudio contemple mediciones a lo largo de un año para capturar cambios estacionales.
- Los resultados de la caracterización deben entregar información sobre:
- La ubicación de hábitats relevantes.
- Existencia de especies de flora y fauna con algún grado de conservación.
- Presencia de formaciones vegetales frágiles o escasas.
- Abundancia total o específica por especie.
- Riqueza específica.
- Evidencias de reclutamiento.
- Presencia de áreas de nidificación.
- Presencia de áreas de descanso de aves migratorias.
- Evidencia de reproducción y crianza.

Métodos de medición, instrumentos y factibilidad

- Para el caso de fauna, los métodos consideran el uso de cámaras trampas o detección de fecas y huellas para mamíferos; diferentes artes de pesca cómo pesca eléctrica o de arrastre; identificación de hábitat de reproducción de anfibios y reptiles; observación de hábitat favorable para la reproducción en dónde se detecte la presencia de juveniles del año; identificación de sitios de nidificación, entre otras técnicas. La factibilidad depende de la articulación con profesionales, consultoras o centros de investigación dedicados al estudio de fauna.
- Para el caso de flora, los métodos consideran el muestreo mediante transectos o cuadrantes. Este trabajo es de baja dificultad, pero requiere conocimiento técnico específico. Otras herramientas incluyen el uso de drones o imágenes satelitales para describir formaciones vegetales y sus cambios estacionales, por ejemplo, mediante el análisis del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).

Aspecto ambiental cuyo cambio en el humedal podrá ser descartado con el estudio o bien, permite el diseño de BBPP vinculadas a este aspecto ambiental

- Aumento de tránsito vehicular.
- Extracción de la vegetación aledaña al humedal.
- Extracción de la vegetación en el humedal.
- Ingreso de especies domésticas de libre circulación
- Instalación permanente de barrera transversal.
- Generación de ruido.
- Generación de material particulado sedimentable.
- Transformación permanente de la zona y frecuencia de inundación.
- Transformación temporal de la zona y frecuencia de inundación.
- Perturbación de suelo aledaño al humedal.

Caracterización de flora y fauna	6

- Movimiento de tierra en el humedal.
- Vertimiento de sedimentos y contaminantes
- Uso de fertilizantes, pesticidas y/o herbicidas.
- Disposición permanente de material en el humedal o relleno.
- Uso de flora exótica invasora.
- Uso de material agregado.

Estudios hidrológicos, hidráulicos y de arrastre de sedimentos

7

Atributos ecológicos clave	• Cantidad de agua
Relaciones de proximidad pertinentes	• Dentro • Aguas arriba • Aguas abajo

Descripción del estudio

Los estudios hidrológicos, hidráulicos y de arrastre de sedimentos se enfocan en cuantificar la magnitud del agua en el humedal, su temporalidad, duración y frecuencia para el funcionamiento adecuado de la flora, fauna y suelo del humedal. Sus resultados entregan información sobre indicadores como la magnitud mensual de las condiciones del agua, la magnitud y duración de las condiciones extremas anuales, el tiempo de ocurrencia de las condiciones extremas anuales y la tasa y frecuencia de cambio en las condiciones del agua.

Existen diferentes formas para caracterizar la hidrología e hidráulica del humedal de interés, la metodología adoptada depende de la pregunta que se busca resolver y de la cantidad de información disponible. Por ejemplo, en el caso de existir datos históricos del caudal o altura de agua, el cual corresponde al factor forzante de un humedal tipo río o lago, respectivamente, podrá llevarse a cabo un análisis de la serie de tiempo, identificando así la frecuencia, duración y temporalidad de ciertas condiciones críticas para al humedal.

En otros casos, los datos existentes serán solo asociados a series de precipitación por lo que será necesario modelar el proceso de lluvia-escorrentía para determinar el caudal aportante al humedal de interés. Las modelaciones de lluvia-escorrentía podrán llevarse a cabo con un enfoque por eventos vinculadas a tormentas de diseño específicas o bien, por un periodo de tiempo prolongado tomando un enfoque de duración continua. La ventaja de este último enfoque es que permite modelar las condiciones frecuentes del cuerpo de agua caracterizando flujos críticos para el sustento de la flora y fauna del humedal.

En ambos casos, de ser necesario, podrá llevarse a cabo una modelación hidráulica, que entrega resultados como velocidad de escurrimiento, altura de agua y área inundable para condiciones de agua específicas. Los resultados del modelo hidráulico permitirán estimar el potencial de arrastre de sedimentos.

Por último, en el caso de contar con un periodo de tiempo suficiente, podrán implementarse instrumentos en terreno que cuantifiquen variables fluviométricas de interés como caudal o altura de agua.

Importancia del estudio

Es crucial entender la hidrología ya que corresponde al factor forzante del humedal, es decir, permite el desarrollo del suelo hídrico, de la flora hidrófila y de una estructura de vegetación ribereña particular que a su vez son el hábitat de diferentes especies de fauna. Por ejemplo, la magnitud y duración de las condiciones extremas anuales repercute en la dispersión y reproducción de diferentes especies de flora y fauna. Otro ejemplo es la necesidad de flujos bajos que permiten la subsistencia de vegetación hidrófila que requieren de condiciones de saturación. Por otra parte, el tiempo de ocurrencia de estas condiciones extremas anuales, genera una conectividad, en el caso

Estudios hidrológicos, hidráulicos y de arrastre de sedimentos 7

de los ríos, entre el cauce y la planicie de inundación. Esta conectividad es fundamental para el aporte de nutrientes a la planicie de inundación y también para la provisión de hábitat para especies acuáticas en sus temporadas de reproducción.
Los estudios hidrológicos también pueden ser necesarios para diseñar algunas BBPP del **Anexo digital 4** como trampas de sedimentos, canales vegetados, elementos de almacenamiento local, protección con enrocados o también la programación del trabajo según régimen hidrológico.

Diseño del estudio (frecuencia, estacionalidad, distribución espacial, etc.)

- El enfoque de los estudios de hidrología, hidráulica y arrastre de sedimentos deberá estar puesto en estimar el cambio en el régimen hidrológico que pueden introducir las obras MOP y que de forma indirecta alteran otros AEC. En este sentido se deberán estudiar diferentes escenarios de modelación considerando la condición previa al desarrollo del proyecto como también posterior a este y con una serie de BBPP incorporadas. Otra alternativa, simplemente pueden entregar información sobre el régimen hidrológico del humedal lo que permite adoptar estratégicamente algunos criterios de diseño de la obra.
- Cabe destacar que en este caso se debe estudiar la hidrología desde la perspectiva de los AEC de flora, fauna, suelo y conectividad hidrogeomorforlógica y no únicamente desde la perspectiva del riesgo (eventos extremos vinculados a grandes periodos de retorno). En este sentido se debe estudiar el régimen hidrológico en un amplio rango de condiciones.
- En cuanto a mediciones directas en terreno, el nivel del agua puede ser medido mediante la instalación de sensores hidrométricos que miden nivel en intervalos de tiempo fijos (cada una hora, una vez al día, etc.). Para mediciones directas de caudal, se sugiere medir al menos en tres condiciones: caudal alto, caudal bajo y caudal intermedio.

Métodos de medición, instrumentos y factibilidad

- El análisis de series de tiempo de estaciones pluviométricas y fluviométricas se realiza desde gabinete. Se recomienda realizar un análisis que considere temporalidad, duración y frecuencia. La factibilidad de este análisis depende de la disponibilidad de datos históricos por un periodo de tiempo representativo.
- Las modelos de lluvia escorrentía pueden ser en base métodos simples como el método racional, aun así, este solo entrega caudales máximos instantáneos. Otra alternativa es estimar hidrogramas para crecidas hidrogramas unitarios sintéticos o el método de curva número. Todos estos métodos tienen un enfoque por eventos.
- Otra alternativa es utilizar software de modelos numéricos de proceso de lluvia escorrentía tales como HEC-HMS para cuencas fluviales o SWMM para zonas urbanas. Ambos permiten realizar modelación por eventos o de forma continua.
- El modelo hidráulico comúnmente utilizado por la DOH y aceptado por la DGA es HEC-RAS, este puede ser utilizado en sus versiones 1D y 2D. En este es posible integrar obras en el cauce con el fin de estudiar su impacto en las variables de flujo de interés (altura, velocidad y área inundable).

Estudios hidrológicos, hidráulicos y de arrastre de sedimentos	7

- Para el caso de sedimentos se pueden utilizar trampas de sedimentos que capturan sedimento para luego ser medidos en laboratorio mediante el tamizaje de diferentes granulometrías. También se utilizan geófonos que cuantifican el volumen de los sedimentos del lecho en base al nivel de impacto de diferentes partículas.

Aspecto ambiental cuyo cambio en el humedal podrá ser descartado con el estudio o bien, permite el diseño de BBPP vinculadas a este aspecto ambiental

- Instalación de pilotes en la sección transversal.
- Instalación permanente de barrera transversal.
- Instalación temporal de barrera transversal.
- Transformación permanente de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad.
- Transformación temporal de de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad.
- Transformación permanente de la zona y frecuencia de inundación.
- Transformación temporal de la zona y frecuencia de inundación.
- Impermeabilización del suelo aledaño.

Modelación hidrogeomorfológica 8

Atributos ecológicos clave	• Conectividad hidrogeomorfológica
Relaciones de proximidad pertinentes	• Dentro • Aguas arriba • Aguas abajo

Descripción del estudio

Este estudio es especialmente relevante para las obras que se realizan en humedales de tipo río. Se enfoca en cuantificar los atributos hidro-geomorfológicos a escala de cuenca, de valle y de canal. Mediante este estudio se identifican los forzantes que determinan la forma de los ríos, lo cual tiene directa relación con los procesos físicos y ecológicos que cumplen en el contexto de la red hidrológica como un todo. Los indicadores que son considerados en este estudio son la conectividad longitudinal, la conectividad lateral, el patrón del cauce y la sección transversal.
Para humedales que no son ríos se consideran variables como el tamaño de la cuenca aportante, la ubicación del humedal dentro de la cuenca y su conectividad con otros humedales.

Importancia del estudio

Comprender las características hidro-geomorfológicas de los ríos entrega información, por ejemplo, de los procesos geomorfológicos dominantes como la erosión, transporte y almacenamiento de sedimentos. Estos procesos generan efectos como el desplazamiento lateral del cauce y la erosión del lecho. Esto permite planificar con mayor precisión el emplazamiento de obras como puentes y predecir las dificultades que puedan presentarse en las etapas de construcción y futura conservación de la obra. Los procesos geomorfológicos determinan en gran medida la presión física y factores que generen deterioro en las obras fluviales.

Diseño del estudio (frecuencia, estacionalidad, distribución espacial, etc.)

- Es posible desarrollar este estudio en gabinete en etapa de diagnóstico. Varias de estas medidas se obtienen mediante el uso de imágenes satelitales, por lo cual es importante considerar la fecha de estas imágenes. Por ejemplo, la variable de ancho de cauce activo será diferente si es que la imagen de referencia es en verano o en inverno. Para corregir esto, se sugiere consultar imágenes de diferentes fechas. Otras variables físicas, como la pendiente del cauce, no cambian sustancialmente.
- En una etapa de diseño de la obra, se sugiere realizar medidas in-situ para el tramo de río que será intervenido. Específicamente se sugiere medir con mayor precisión variables como la pendiente, la proporción entre ancho de cauce lleno y planicie de inundación, el grado de confinamiento y el índice de confinamiento.
- Los eventos extremos, como inundaciones, deslizamientos de tierra o aluviones, pueden modificar notoriamente la conectividad longitudinal y lateral de los ríos de

Modelación hidrogeomorfológica	8

manera inmediata. Ante estos eventos, es importante volver a medir las variables geomorfológicas y considerar los cambios para el diseño de obra.

Métodos de medición, instrumentos y factibilidad

- Los métodos de medición son principalmente técnicas de teledetección como el uso de drones e imágenes satelitales y el análisis de información geoespacial. Se utilizan softwares de sistemas de información geográfica como ArcGIS o QGIS y también GoogleEarth Pro, incluyendo su herramienta de análisis de imágenes satelitales históricas.
- Dependiendo de la etapa, puede ser factible realizar validaciones en terreno y medir directamente ciertas variables para mayor precisión.

Aspecto ambiental cuyo cambio en el humedal podrá ser descartado con el estudio o bien, permite el diseño de BBPP vinculadas a este aspecto ambiental

- Instalación de pilotes en la sección transversal.
- Instalación permanente de barrera transversal.
- Instalación temporal de barrera transversal.
- Movimiento de tierra en el humedal.
- Transformación permanente de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad.
- Transformación temporal de de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad.
- Transformación permanente de la zona y frecuencia de inundación.
- Transformación temporal de la zona y frecuencia de inundación.
- Impermeabilización del suelo aledaño.

ANEXO 11 | Análisis de consultas de pertinencia de ingreso al SEIA realizadas por el MOP por literales s) y p)

En el presente anexo se presentan los principales resultados del análisis de Consultas de Pertinencia (CP) de ingreso al SEIA realizadas por el MOP cuya tipología principal de ingreso fueran los literales s) y/o p). Se trabajó con la base de datos que recopila las CP llevadas a cabo entre los años 2020 y 2023. La **Tabla A11. 1** detalla los filtros aplicados sobre esta base de datos para llevar a cabo el análisis.

A continuación, se exponen los principales resultados obtenidos a través de tablas y gráficas. Estos se clasifican según tipo de obra (conservación o construcción), tipología de ingreso (s y/o p), tipo de proyecto (proyecto nuevo, cambio con RCA o cambio con RCA), tipo de antecedentes solicitados, estado (resueltas (ingreso y no ingreso) y desistidas), entre otros atributos relevantes. Cabe mencionar que para los años 2020 y 2021 no se encontraron CP asociadas al literal s) o al literal p) en temas de humedales urbanos, razón por la cual los resultados solo hacen alusión a los años 2022 y 2023.

Tabla A11. 1. *Filtros aplicados sobre la base de datos para llevar a cabo el análisis. Fuente: Elaboración propia.*

Años de ingreso CP	Entre 2020 y 2023
Literales de ingreso analizados	s) y p)[74]
Dirección gestora del MOP	Dirección de Vialidad y Dirección de Obras Hidráulicas
Estado de CP analizadas	Resueltas (ingreso y no ingreso), desistidas y abandonadas
Número de CP analizadas	30

[74] En cuanto al literal p), se analizaron únicamente aquellas consultas de pertinencias asociadas a humedales urbanos declarados. No se estudiaron otras áreas colocadas bajo protección oficial.

Análisis según tipo de proyecto, tipo de obra y estado

La **Tabla A11. 2** muestra el conteo de CP según su estado actual (resueltas (ingreso y no ingreso) y desistidas). La cantidad total se muestra clasificada según tipo obra MOP (obras de conservación y construcción) y según corresponde a un proyecto nuevo o a una modificación con o sin RCA.

Tabla A11. 2. *Cantidad de CP de asociadas a obras de conservación y obras nuevas clasificadas según clasificación SEIA. Fuente: Elaboración propia.*

	Conservación	Construcción	Total general
Modificación con RCA	0%	100%	100%
Modificación sin RCA	59%	41%	100%
Proyecto nuevo	0%	100%	100%
Total	**33%**	**67%**	**100%**

De acuerdo con lo observado en la **Tabla A11. 2**, las CP ingresadas por el MOP corresponden a un 33% a obras de conservación y en un 67% a obras de construcción. El tipo de proyecto modificación con RCA abarca sólo obras de construcción, misma situación que ocurre con los proyectos nuevos. Sin embargo, en los proyectos considerados con modificación sin RCA, un 59% de ellos corresponde a obras de conservación y un 41% a obras de construcción.

Tabla A11. 3. *Cantidad de CP de asociadas a obras de conservación y obras nuevas clasificadas según su resolución o estado. Fuente: Elaboración propia.*

Tipo de obra	Abandonada[75]	Desistida[76]	Ingreso	No ingresa
Obra conservación	0%	0%	0%	100%
Obra construcción	15%	20%	20%	45%
Total	10%	13%	13%	63%

Como se puede apreciar en la **Tabla A11. 3**, el 100% de las obras de conservación se encuentran en estado de no ingreso, sin embargo, para el caso de las obras de construcción un 15% de ellas se encontraba en estado de abandono, un 20% en estado de desistimiento, un 45% en estado de no ingreso y un 20% en estado de ingreso.

[75] El estado de abandono de una consulta de pertinencia corresponde a aquella que ha presentado inactividad por un plazo de más de 30 días por parte del interesado. En estas circunstancias el SEIA otorga a través de una carta de apercibimiento un plazo de 7 días hábiles para que el titular continúe con las diligencias, de lo contrario se considera abandonado el procedimiento

[76] El estado de desistimiento corresponde a aquel en el que el titular solicita al SEIA desistir del procedimiento, resolviendo este último acoger la solicitud presentada.

Análisis por región

En la **Tabla A11. 4** se presenta un detalle de la cantidad de ingresos de CP en las distintas regiones y la resolución final de estas.

Tabla A11. 4. *Cantidad de CP de asociadas a obras de conservación y obras nuevas clasificadas según su resolución o estado. Fuente: Elaboración propia.*

Región	Abandonada	Desistida	Ingreso	No ingresa	Total
Arica y Parinacota				2	2
Coquimbo				2	2
Valparaíso				1	1
Biobío		1			1
La Araucanía				1	1
Los Ríos	3	1	1	1	6
Los Lagos			2	1	3
Ñuble		1	1	10	12
O´Higgins		1		1	2
Total	**3**	**4**	**4**	**19**	**30**

Se logra identificar que la región que presenta mayor cantidad de ingreso de CP al SEIA corresponde al Ñuble, con un total de 12 CP de las cuales 10 obtienen resolución final de no ingreso al sistema. Por otro lado, se observa que la región de Los Ríos presenta todas las CP en estado de abandono, además de un desistimiento. Frente a los resultados anteriores y al proceso de CP hasta su resolución final es que se hace necesario un análisis con respecto a los antecedentes adicionales solicitados por el SEIA a escala regional.

Solicitud de antecedentes adicionales

La **Tabla A11. 5** muestra el porcentaje de CP en las cuales el SEIA solicitó información adicional para dar respuesta a la consulta. Se observa una diferencia en la solicitud de antecedentes adicionales entre el año 2022 y 2023, sobre todo en la región del Ñuble. En este mismo sentido, en dicha región se solicitaron antecedentes adicionales en el 100% de las CP que fueron ingresadas en 2022, sin embargo, para el año 2023 estas solicitudes se ven disminuidas a solo un 40%. Las regiones de Los Ríos y Los Lagos también presentaron disminuciones en la solicitud de antecedentes adicionales.

Tabla A11. 5*. Cantidad de CP de asociadas a obras de conservación y obras nuevas clasificadas según su resolución o estado. Fuente: Elaboración propia.*

Región/Año	No solicita antecedentes adicionales	Si solicita antecedentes adicionales
Arica y Parinacota	**100%**	**0%**
2022	100%	0%
2023	100%	0%
Coquimbo	**100%**	**0%**
2023	100%	0%

Región/Año	No solicita antecedentes adicionales	Si solicita antecedentes adicionales
Valparaíso	**0%**	**100%**
2022	0%	100%
Biobío	**100%**	**0%**
2023	100%	0%
La Araucanía	**100%**	**0%**
2022	100%	0%
Los Ríos	**17%**	**83%**
2022	0%	100%
2023	25%	75%
Los Lagos	**33%**	**67%**
2022	0%	100%
2023	50%	50%
Ñuble	**25%**	**75%**
2022	0%	100%
2023	60%	40%
O´Higgins	**0%**	**100%**
2022	0%	100%
2023	0%	100%
Total general	**37%**	**63%**

Más detalles del tipo de información solicitada se presenta a continuación. Con el fin de identificar el tipo de antecedente solicitado con más frecuencia, estos fueron clasificados según las siguientes definiciones:

- **Antecedentes que permitan descartar afectaciones fisicoquímicas**: Hace referencia a la justificación de cómo la obra en todas sus etapas no afecta la composición fisicoquímica del humedal y las medidas de manejo para prevenir tales afectaciones.

- **Hidrología del humedal**: presentar el análisis hidrológico que dé cuenta de la determinación de la zona saturada del cauce, al objeto de justificar técnicamente en base a las condiciones del territorio que todas las partes y obras estarán fuera del humedal.

- **Manejo de arrastre de sedimentos**: Describir el sistema, y medidas para evitar el arrastre de sedimentos hacia el humedal a través de escorrentía generada en la construcción, instalaciones o el proyecto en si ya ejecutado.

- **Calidad del agua:** Solicitud de monitoreo del estado de la calidad del agua del humedal para tener una base respecto a cambios por efluentes o potenciales arrastres de contaminantes por escorrentía que pudiesen llegar al humedal.

- **Composición de fauna:** Descripción de la fauna existente en el humedal a fin de evitar posibles susceptibilidades en aves, anfibios y fauna íctica.

- **Medidas de manejo para fauna**: Indicar las medidas que serán adoptadas para evitar que el ruido en etapa de construcción y operación pueda afectar al componente fauna, así como medidas utilizadas para descartar impactos al interior del humedal.

- **Composición de flora**: Solicitud de descripción de la flora del humedal antes, durante y después del proyecto.

- **Composición de vegetación hídrica**: Composición de vegetación hídrica, azonal y ripariana, mencionando su situación antes y después del proyecto, y en caso de ser necesario las zonas que serán intervenidas con corte y retiro de esta vegetación. Se solicita considera en este mismo ámbito, como los cambios realizados en este tipo de vegetación afectarán al ecosistema y sus componentes bióticos.

- **Dispersión de material particulado sedimentable**: Describir como la suspensión de material particulado sedimentable generado por el proyecto en etapa de construcción puede alterar la calidad de las aguas del humedal y en consecuencia el ecosistema en general.

- **Disposición de material sobre el humedal**: Indicar si el proyecto considera la disposición de material sobre el humedal, y en caso de considerarse presentar cartografía indicando la cantidad de material y lugar.

- **Distancias de obras al humedal**: Indicar la distancia desde los frentes de trabajo considerados en la ejecución de la obra hasta los límites del humedal.

- **Extracción de caudales o áridos**: Señalar si el proyecto considera la extracción de agua o áridos.

- **Impactos sobre la barra terminal**: Indicar si el proyecto genera cambios en la barra terminal del humedal.

- **Manejo de sustancias químicas**: describir manejo de sustancias (combustibles, aceites, químicos, etc.) que pudieran caer en las cercanías por acción del proyecto y que por arrastre de aguas lluvias lleguen al final al humedal.

- **Método constructivo**: Descripción detallada de las obras a ser ejecutadas, cronogramas, personal y maquinaria. En este sentido se hace solicitud de detalles tales como cantidades de material, emisiones, residuos, efluentes, etc. Finalmente se solicita la justificación de como las obras descritas no afectan las condiciones fisicoquímicas del agua. También se solicita en algunas ocasiones específicas de puente, si el proyecto considera el desmantelamiento del actual puente.

- **Sobre desvío de cauce**: Indicar si el proyecto considera desvío de aguas que sustentan el humedal o perforaciones que impliquen descenso del nivel freático

- **Sobre secado**: indicar si el proyecto considera la eliminación total o parcial del espejo de agua o de afloramiento de agua de manera permanente, pasando de una condición húmeda a una condición seca.

- **Transformación de la flora y fauna**: Referirse al análisis para el deterioro, menoscabo, transformación o invasión de la flora y la fauna contenida dentro del humedal, indistintamente de su superficie.

- **Medidas de manejo para reducir impactos en el humedal**: Indicar cuáles serán las medidas de manejo ambiental consideradas, para reducir los efectos sobre el humedal a nivel global.

La **Tabla A11. 6** presenta un cuadro resumen del conteo de veces que se mencionó cada categoría descrita recientemente en las solicitudes de antecedentes adicionales en las CP.

Tabla A11. 6. *Conteo de tipo de información solicitada en CP. Fuente: Elaboración propia.*

Solicitud SEIA	Recuento por solicitud
Método constructivo	13
Composición de vegetación hídrica	10
Manejo de arrastre de sedimentos	9
Composición de fauna	7
Medidas de manejo fauna	7
Dispersión de MPS	7
Disposición de material sobre humedal	6
Antecedentes que permitan descartar afectaciones fisicoquímicas	5
Composición de flora	3
Sobre secado	2
Medidas de manejo para reducir impactos en el humedal	2
Sobre desvío de cauce	2
Distancias de obras a humedal	2
Impactos sobre barra terminal	1
Manejo sustancias químicas	1
Calidad de agua	1
Transformación de flora y fauna	1
Extracción de caudal o áridos	1
Hidrología del humedal	1
Total general	81

Se aprecia que la solicitud que más se pidió fue sobre el método constructivo de la obra, seguido de la composición de vegetación hídrica y el manejo de arrastre de sedimentos. Otros temas solicitados también fueron sobre la fauna, tanto en su composición como en las medidas de manejo para proteger este componente.

Relación entre temas solicitados y aspectos ambientales identificados en las obras MOP

Se contrastaron los temas prioritarios para el SEA y los AA identificados en las obras de conservación MOP a fin de examinar la relación entre ellos. El resultado se presenta en **Tabla A11. 7**. Este paso permite definir un listado acotado de estudios requeridos para descartar alteraciones que impliquen el ingreso al SEIA por literal s).

Tabla A11. 7. *Temas prioritarios para el SEA en las Consultas de Pertinencia y su relación con los aspectos ambientales de las obras MOP.*

	Tema solicitado por el SEA en solicitud de antecedentes adicionales en consultas de pertinencia																		
Aspectos ambientales que ocurren producto de acciones de obras MOP	Método constructivo	Composición de vegetación hídrica	Arrastre de sedimentos	Composición de fauna	Dispersión de material particulado sedimentable	Disposición de material sobre el humedal	Alteraciones fisicoquímicas:	Medidas de ruido para fauna	Composición de flora	Distancias de obras al humedal	Sobre desvío de cauce	Sobre secado	Análisis hidrológico	Calidad del agua	Extracción de caudales o áridos	Impactos sobre la barra terminal	Manejo de sustancias químicas	Sobre desmantelamiento actual puente	Transformación de la flora y fauna
1. Compactación del lecho del río o zona ribereña.	•										•	•				•		•	
2. Derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño.	•						•							•			•		
3. Disminución temporal de la sección transversal.	•										•	•	•		•				
4. Disposición permanente de material en el humedal o relleno.	•					•										•		•	
5. Extracción de la vegetación aledaña al humedal o en la zona de amortiguación.		•		•					•										•
6. Extracción de la vegetación hidrófila.		•		•					•			•						•	•
7. Extracción de suelo.	•				•										•				
8. Generación de material particulado.					•		•							•					
9. Generación de residuos sólidos.	•		•		•	•												•	
10. Generación de ruido.				•				•		•								•	•
11. Impermeabilización del suelo aledaño.	•		•				•			•			•	•		•			
12. Ingreso de especies domésticas asilvestradas.	•			•						•						•			•

Aspectos ambientales que ocurren producto de acciones de obras MOP	Método constructivo	Composición de vegetación hídrica	Arrastre de sedimentos	Composición de fauna	Dispersión de material particulado sedimentable	Disposición de material sobre el humedal	Alteraciones fisicoquímicas:	Medidas de ruido para fauna	Composición de flora	Distancias de obras al humedal	Sobre desvío de cauce	Sobre secado	Análisis hidrológico	Calidad del agua	Extracción de caudales o áridos	Impactos sobre la barra terminal	Manejo de sustancias químicas	Sobre desmantelamiento actual puente	Transformación de la flora y fauna
13. Instalación permanente de barrera transversal.	•										•	•	•	•		•			
14. Instalación temporal de barrera transversal.	•										•	•	•	•		•		•	
15. Movimiento de tierra aledaño en el humedal.			•		•		•			•				•					
16. Movimiento de tierra en el cauce.			•		•		•					•		•		•		•	
17. Perturbación de suelo aledaño al humedal.	•		•		•		•			•				•					•
18. Transformación permanente de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad.	•					•						•			•	•			
19. Transformación permanente de la zona y frecuencia de inundación.	•	•				•			•			•	•	•	•	•			•
20. Transformación temporal de la zona y frecuencia de inundación.	•	•				•			•			•	•	•	•	•		•	•
21. Uso de fertilizantes, pesticidas y/o herbicidas.		•		•			•		•					•			•		•
22. Uso de flora exótica invasora.		•		•					•										•
23. Uso de material agregado.	•	•		•					•										•
24. Vertimiento de sedimentos y contaminantes.			•				•							•					•

ANEXO 12 | Revisión de casos ingresados al SEIA por literal s)

Introducción

Este anexo presenta las conclusiones analíticas de la revisión de proyectos ingresados al SEIA por tipología de literal s). Se trabajó en base a la revisión de los expedientes de los proyectos ingresados en el SEIA hasta la fecha 23 de mayo de 2024. Cabe mencionar que, a la fecha, los proyectos que han ingresado al SEIA por literal s) disponibles en el portal digital del SEA, no son de titularidad del MOP. Esta es una limitación que se desprende del historial de proyectos ingresados, sin embargo, se presta especial atención en la relevancia de los procedimientos para las obras MOP y su ingreso al SEIA. De esta forma, el enfoque de la caracterización permite derivar información útil sobre los proyectos ya ingresados al SEIA por literal s), aunque no sean proyectos MOP.

Campos de análisis de los proyectos ingresados por literal s)

Las tablas a continuación muestran la información recopilada para caracterizar los proyectos ingresados por literal s). La **Tabla A12. 1** muestra los campos de información y la descripción extraídos de los expedientes disponibles para cada proyecto en portal digital del SEA. En la **Tabla A12. 2** se presenta los campos de información obtenidos a partir del análisis de los proyectos en relación con criterios y temáticas desarrolladas en el estudio.

Tabla A12. 1.*Campos de información del expediente SEIA de los proyectos ingresados por literal s) hasta la fecha 23 de mayo, 2024. Fuente: Elaboración propia.*

Campo de información del expediente	Descripción
1. Nombre	Nombre del proyecto ingresado en el SEIA
2. Sector	Para el caso de este análisis los titulares son empresas inmobiliarias y constructoras
3. Región	Los proyectos analizados se encuentran en 4 regiones de Chile: Coquimbo, Valparaíso, Ñuble y Magallanes
4. Titular	Nombre del titular
5. Fecha(s) de ingreso y resolución o estado de proceso	Algunos proyectos fueron ingresados más de una vez por diferentes razones. Se indica el número de ingresos, fecha(s) y resolución del SEIA (No admitido a tramitación, no calificado, desistido, aprobado).
6. Descripción general	Breve caracterización del proyecto y sus objetivos.
7. Superficie intervenida	Cuantifica la superficie que será intervenida por el proyecto durante todo su ciclo de vida.
8. Justificación de la ubicación	Describe dónde está ubicado el proyecto y porqué es un lugar adecuado. Considera mención con límite urbano o planes reguladores, condiciones del terreno, etc.
9. Estudios realizados	Tipos de estudios realizados por el proyecto para descartar alteraciones. Se relacionan a los estudios recomendados por el estudio.
10. Compromisos ambientales voluntarios (CAV) y cuándo fueron incorporados	Los CAV no son obligatorios por ley. Algunos proyectos no presentan CAV, otros los presentan como parte de la descripción de obras o como un anexo específico. También se observa que algunos proyectos incorporan CAV luego de observaciones de los OEACAs.

Tabla A12. 2.*Campos de información generada a partir de los avances del Estudio CEHUM-MOP, en relación a las obras de infraestructura vial y fluvial. Fuente: Elaboración propia.*

Campo de información del Estudio CEHUM-MOP	Descripción
11. Tipo de humedal	Tipo de humedal según el Inventario Nacional de Humedales, asociado o no asociado a límite urbano, declarado o no declarado como humedal urbano.
12. Relación de proximidad	Las relaciones establecidas en el estudio: adentro, aguas arriba, aguas abajo, alrededor.
13. Observación proceso	Detalles del proceso, motivo de desistir o re ingresar.
14. ¿Cuenta con denuncias en SMA o TA?	Antecedentes en internet sobre denuncias previas.
15. ¿Declara impactos equivalentes a los aspectos ambientales (AA) identificados en el estudio?	La información que se busca es para establecer similitudes entre los impactos descritos en las DIAs y los aspectos ambientales identificado para obras MOP. El objetivo es evaluar cómo los proyectos analizados descartan la significancia de estos impactos (y por ende, pueden ingresar por DIA y no por EIA).
16. ¿Cuán relevante es el humedal como objeto de protección (OP)?	Se busca la consideración explícita del humedal como objeto de protección de los estudios, dada la relevancia que tiene para el ingreso por literal s). El foco de esta observación es comprender si es que la consideración del humedal es acorde a lo que busca la Ley de Humedales Urbanos.
17. ¿Menciona criterios mínimos de sustentabilidad?	Consideración explícita de los criterios mínimos de sustentabilidad (CMS) detallados en el Título II Decreto 15 Reglamento Ley de Humedales Urbanos.
18. ¿Contempla el cambio de uso de suelo?	Algunos proyectos se desarrollan dentro del límite urbano en zonas proyectadas para el uso habitacional. Sin embargo, este aspecto no se refiere a cambios normativos o de planificación territorial, si no que a cambios visibles en el uso del suelo en el humedal o aledaño al humedal. Esto se analizó mediante revisión de imágenes satelitales con la herramienta Google Earth Pro Histórico. Se registran cambios físicos, por ejemplo, cambio de bosque a suelo impermeabilizado, movimiento de tierra adentro o aledaño al humedal.

Resumen de los proyectos analizados

Se describe un limitado universo de casos de estudio de titulares diferentes al Ministerio de Obras Públicas, identificándose 4 proyectos, 3 del sector inmobiliario y 1 del sector de energía, en las regiones de Coquimbo, Valparaíso, Ñuble y Magallanes. Los proyectos de Coquimbo y Ñuble cuentan con 2 y 3 ingresos a evaluación, respectivamente, por motivo de desistimiento y reingreso. El proyecto inmobiliario de la región de Ñuble se encuentra en evaluación, y el proyecto inmobiliario en Magallanes fue aprobado. Todos los demás fueron desistidos o no admitidos a trámite. En la **Tabla A12. 3** se muestra la información descriptiva de cada uno de los proyectos, y la información extendida con todos los campos se puede revisar al final de este anexo.

Tabla A12. 3. *Resumen de los proyectos analizados que ingresan por literal s) al SEIA. Fuente: Elaboración propia.*

1. Nombre	Alto Serena VI	Proyecto Habitacional Brisas del Estrecho	Nueva Marina Avendaño	Parque Fotovoltaico Manzano III
2. Sector	Inmobiliario	Inmobiliario	Inmobiliario	Energía
3. Región	Coquimbo	Magallanes	Ñuble	Valparaíso
4. Titular	Inmobiliaria Nuevos Proyectos	Constructora Salfa S.A.	Inversiones e Inmobiliaria Quillón Limitada	Andina Solar 14 SpA.
5. Fecha(s) de ingreso y resolución o estado de proceso	Primer ingreso - 04/08/2022 - **No admitido a trámite** Segundo ingreso - 15/07/22 - **No admitido a trámite**	18/10/2022 - **Aprobado**	Primer ingreso - 13/03/23 - **Término anticipado** Segundo ingreso - 14/11/23 – **Desistido** Tercer ingreso - 11/12/23 - **En trámite**	18/04/2023 - **Desistido**
6. Descripción general	Construcción de 2 torres de 12 pisos (12 mil m^2), considerando 198 departamentos, 236 estacionamientos de autos y 156 de bicicletas.	Construcción de 297 casas (condominio) integrando el resguardo y protección de humedal.	Habilitación de 28 lotes comerciales y 127 habitacionales. Incluye un área de preservación de 21 ha asociado al humedal.	Producción de energía eléctrica con 3.520 paneles fotovoltaicos con potencia nominal de 2,36 (MW).
7. Superficie intervenida	8,8 ha	10 ha	58 ha	3 ha

Resultados del análisis

A continuación, se discute la revisión de los proyectos para extraer conclusiones y lecciones que sean aplicables a los proyectos MOP que se sometan al SEIA. Cada punto de análisis se plantea en forma de una pregunta relevante que puede ser asociada a las diversas temáticas y procesos dentro del SEIA.

Tabla A12. 4. *Preguntas de análisis. Fuente: elaboración propia.*

Pregunta	Relevancia para el estudio
¿Qué estudios ambientales desarrollan las DIAs para descartar impactos ambientales en humedales?	Busca evaluar si los estudios se relacionan con aquellos componentes que permiten la existencia del humedal. Específicamente el agua entendida a través de la hidrología, y otras relaciones que puedan existir.
¿Qué compromisos ambientales voluntarios (CAV) asumen los titulares de proyectos vía ingreso literal s)?	Busca verificar la implementación de buenas prácticas (BBPP) y la pertinencia de estas con los aspectos ambientales identificados para la obra.
¿Qué aspectos ambientales relacionados con obras MOP reconocen los titulares de proyectos vía ingreso literal s)?	Busca determinar la pertinencia de los aspectos ambientales en relación con los objetos de protección relevantes para el humedal y si se pueden asociar a los aspectos ambientales identificados para las obras MOP del estudio.

¿Qué estudios ambientales desarrollan las DIAs para descartar impactos ambientales en humedales?

En la **Tabla A12. 5** se indica el tipo de humedal y relación proximidad por proyecto, y los estudios ambientales presentados por cada titular. Se observa que existe una similitud entre los estudios presentados por los proyectos “Alto Las Serena VI” y “Proyecto Habitacional Brisas del Estrecho”, y los proyectos “Nueva Marina Avendaño” y “Parque Fotovoltaico Manzano III”. El primer grupo de proyectos presentó un número menor de estudios (6), y coincide con que ambos proyectos fueron presentados antes de la publicación de las guías de área de influencia y de predicción y evaluación de impacto ambiental en humedales. El segundo grupo de proyectos fueron ingresados a evaluación posterior a la publicación de las guías, y contemplan un mayor número de estudios (13 y 12 respectivamente). Estos proyectos, al tomar como referencia las guías metodológicas del SEA, indirectamente toman los criterios mínimos de sustentabilidad en humedales, siendo notable la relevancia que toma el ecosistema de humedal como OP en ambos proyectos, al considerar las metodologías indicadas por el SEA en sus guías.

Tabla A12. 5. *Estudios realizados por los proyectos para descartar impactos. Fuente: Elaboración propia.*

Nombre proyecto	Alto Serena VI	Proyecto Habitacional Brisas del Estrecho	Nueva Marina Avendaño	Parque Fotovoltaico Manzano III
Tipo de humedal	Ribereño/Río Estuarino/ Intermareal Asociado a LU y declarado HU	Palustre/ Permanente NO asociado a LU	Lacustre/Lago Palustre/permanente Asociado a LU y declarado como HU	Ribereño/Río Asociado a LU

Relación de proximidad	Alrededor	Alrededor Dentro	Alrededor (lacustre) Dentro (palustre)	Alrededor
Estudios ambientales	1 - Inspección arqueológica 2 - Flora y fauna 3 - Hidrología 4 - Medio humano 5 - Paisaje y turismo 6 - Mecánica de suelos	1 - Estudio de emisiones atmosféricas 2 - Estudio de Ruido 3 - Estudio de Flora 4 - Estudio de Fauna 5 - Estudio de Arqueología 6 - Estudio de Medio Humano	1 - Emisiones 2 - Ruido 3 - Edafología 4 - Flora y vegetación 5 - Fauna 6 - Arqueología 7 - Medio Humano 8 - Paisaje 9 - Turismo 10 - Geología, Geomorfología y Peligros Naturales 11 - Ecosistemas acuáticos y aguas continentales 12 - Modelación hidráulica 13 - Predicción y evaluación de impacto ambiental	1 - Emisiones 2 - Ruido sobre la fauna 3 - Edafológico 4 - Hidrología e hidrogeología (se basa en Zonificación Hidrogeológica, DGA 2002) 5 - Flora y vegetación 6 - Fauna 7 - Arqueología 8 - Medio Humano 9 - Paisaje 10 - Turismo 11 – Geología, geomorfología y peligros 12 - Biodiversidad Humedal

¿Qué compromisos ambientales voluntarios (CAV) asumen los titulares de proyectos vía ingreso literal s)?

De los 4 proyectos analizados, solo dos titulares declaran inicialmente CAV. Los otros dos, demuestran que, a lo largo de la evaluación ambiental de los proyectos, las medidas que se reconocen en algunas secciones de la DIA se han ido incorporando oficialmente como CAV a medida que las OAECAS, Municipios y ciudadanía lo solicitan. Se presentan los detalles en la **Tabla A12. 6**.

La mayoría de los CAV no están relacionadas directamente con el OP humedal y son más bien generales. Sin embargo, aquellas CAV vinculadas directamente con el OP humedal consideran informar a la ciudadanía e incentivar las buenas prácticas en humedales, como promover la tenencia responsable de mascotas para mantenerlas alejadas del humedal; informar a los trabajadores sobre la importancia de evitar alteraciones sobre humedales, y reglamentos de copropiedad para que futuros inquilinos compartan nociones mínimas de buen relacionamiento con el humedal.

En comparación con las BBPP propuestos por este estudio y los CAV propuestas por los titulares, existen elementos en común, como:

- Restringir el ingreso de animales domésticos.
- El manejo adecuado de tareas de reforestación y restauración.
- La protección para sumideros de aguas lluvias.
- Manejo adecuado del suelo.
- Preservación de la vegetación existente.
- Planificación del trabajo según régimen hidrológico.
- Planificación en la recolección de residuos.

Por otro lado, emergen nuevas BBPP que pueden ser complementarias y que se justifican considerando la naturaleza de los proyectos, principalmente inmobiliarios:

- Sostener una comunicación fluida con la comunidad aledaña e integrarla en algunas decisiones.
- El monitoreo de algunas variables ambientales en el marco de una perturbación controlada al ecosistema.
- Asegurar la separación espacial entre faenas y áreas ecológicamente sensibles.
- Minimizar la impermeabilización del suelo aledaño.

En general, los CAV hacen referencia únicamente a la fase de ejecución de obras. Al clasificar los CAV declarados por los titulares según la tipología de BBPP propuesta por el estudio (solución técnica, de proceso, zonificación o planificación), se observa en **Figura A1. 1** que la mayor parte de los CAV son mejoras en los **procesos** durante la construcción de los proyectos, tales como mantener la mayor cantidad de cobertura vegetal posible, minimizar el área de impermeabilización del suelo y prevenir el arribo de especies invasoras vegetales como animales (domésticos).

Respecto a los CAV asociados al tipo **planificación**, destaca mantener una comunicación fluida con la comunidad respecto a las acciones del proyecto y su relación con el entorno, y planificar de manera coordinada la gestión de residuos de la obra y de los futuros inquilinos (en caso de proyectos inmobiliarios). Respecto de CAV de tipo **zonificación**, destaca la identificación de zonas sensibles dentro del ecosistema para evitar el solapamiento con actividades de la obra. En cuanto al tipo **solución técnica** destaca la incorporación de prácticas que disminuyan procesos de erosión y afectación general del suelo. Finalmente, se observa que la gran mayoría corresponde a soluciones de carácter estratégico.

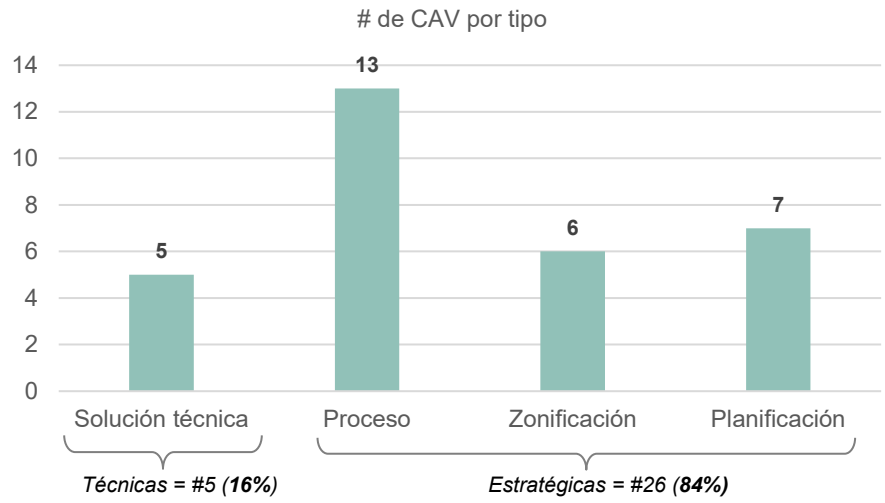


Figura A12. 1.*Cantidad de CAV según tipo aplicado a BBPP del estudio. Fuente: Elaboración propia.*

Tabla A12. 6. Compromisos ambientales voluntarios (CAV) asumidos por los proyectos y descripción de cómo fue su incorporación (contenido de la DIA, etapa de evaluación). Fuente: Elaboración propia.

Proyecto	Descripción de CAV
Alto Serena VI	• Fase Construcción: Incluir a la comunidad en el proceso de construcción del proyecto • Fase Construcción: Carta que sintetice las problemáticas de la comunidad del Sector Puertas del Mar. • Fase Operación: Mantener la vía pública limpia y despejada de RSD. • Fase Construcción y Operación: Aumentar la seguridad en el sector, cierre perimetral con focos hacia el interior y exterior. • Fase Operación: Asumir la gestión de residuos sólidos urbanos y asegurar procesos más sostenibles. • Fase Operación: Lámina informativa en la recepción sobre los puntos limpios habilitados en las cercanías del edificio. • Fase Operación: Reglamento de copropiedad, en relación a la protección y uso responsable de espacios del humedal y sanción al no respeto de reglamento. • Fase Construcción y operación: Instruir a trabajadores e inquilinos sobre la flora y fauna del humedal, y sobre la gestión de residuos
Proyecto Habitacional Brisas del Estrecho	El titular inicialmente declara que no se realizan compromisos ambientales voluntarios, en el marco del D.S. N° 40/2012, sin embargo, durante la tramitación ambiental y aprobación final del proyecto, se presentan 3 compromisos en el marco del ICE: • Inspección Ciudadana • Información Tenencia Responsable de Mascotas • Plan Comunicacional Medidas mencionadas en DIA inicial: • Cierre perimetral entre zona de intervención del proyecto y polígono del Inventario • Movimientos de tierra y acopios serán implementados ""alejados del humedal"" a fin de evitar el ingreso de MP • Señalética para educar a trabajadores sobre la protección del humedal y sus servicios ecosistémicos • El proyecto comprende emisiones de MP, el titular compromete medidas de control para no generar afectación al humedal colindante al proyecto. • Antes de abandonar faena, se revisará y eliminará cualquier elemento ajeno al cauce que pudiese significar un obstáculo o contaminación de las aguas. • No se consideran partes obras o acciones dentro del humedal. • Se consideran áreas verdes que actúan como buffer entre el proyecto y el humedal inventariado • ""Se menciona que el proyecto habitacional Brisas del Estrecho se orienta a realizar una valorización del entorno y de la zona húmeda demarcada dentro del inventario de humedales, manteniendo zonas como áreas verdes sin intervención"" Ver Anexo 3.2 proyecto de áreas verdes y buffer en torno a polígono demarcado en Inventario • ""se consideran una serie de medidas que permiten resguardar el polígono que se encuentra en el inventario nacional de humedales, las cuales se basan en la Guía de buenas prácticas en humedales costeros sector turismo y construcción (MMA,2021)"
Nueva Marina Avendaño	El titular declara que no se realizan compromisos ambientales voluntarios, en el marco del D.S. N° 40/2012, sin embargo, existen algunas medidas abordables reconocidas en la declaración, que pueden ser entendidas como CAV, como las siguientes reconocidas en el estudio de predicción y evaluación de impacto ambiental: • Asegurar que los hábitats sensibles estén fuera del alcance del personal y de infraestructura indispensable (bodegas, estacionamiento). • Evitar el suelo desnudo.

Proyecto	Descripción de CAV
	• Remover especies invasoras en el AI del Proyecto con la asesoría de profesional experto. • No utilizar especies introducidas para paisajismo en las instalaciones o sus inmediaciones. Priorizar el uso de especies nativas. • Mantener un área de resguardo con su cobertura vegetal original, para conservar especies claves, unidades biofísicas sensibles como humedales, zonas ribereñas u otras, que podrían verse afectadas en su estructura y funciones. • Reingresar aguas dentro del proceso productivo. • Recubrir el suelo con diseños y materiales que favorezcan la infiltración de las aguas lluvia, evitando el escurrimiento por superficies de faena que pudieran contaminar las aguas. • Mantener la construcción de edificios fuera de los planos de inundación. • Evitar la canalización de agua mediante superficies permeables y utilizar fuentes alternativas de agua. • Minimizar la impermeabilización de suelos. • Establecer barreras o sistemas de colección de escorrentía. • Protección de vegetación de ribera, dado que evita la evaporación desde el espejo de agua. • Mantener la construcción de edificios fuera de los planos de inundación. • Minimizar el área relativa a suelo impermeabilizado. • Proteger los bordes de humedales que no están afectos a los impactos significativos. • Mantener la cubierta vegetal del humedal, sea ribereña o azonal. • Minimizar el área de remoción de vegetación para el establecimiento de infraestructura como caminos, centros de acopio, instalaciones, entre otras. • Evitar la instalación de tendidos eléctricos aéreos de alta tensión que fragmenten el hábitat y reduzcan la vegetación (afectación que se da principalmente en aves). • Diseñar el Proyecto evitando la intervención de hábitats sensibles para la fauna, especialmente zonas con movimiento de personas e infraestructura indispensable (bodegas, estacionamiento). • Implementar el modelo de parches-corredor y matriz para minimizar afectación a hábitats de fauna.
Parque Fotovoltaico Manzano III	• Mejora de Suelos Agrícolas orientado a la agricultura campesina, haciéndose cargo del impedimento de usar temporalmente suelos de Clase III para uso agrícola. • Comunicación con la comunidad para evitar molestias a la comunidad por la construcción, operación y/o cierre del proyecto. • Perturbación controlada: impacto significativo sobre la fauna de baja movilidad (Liolaemus spp., Philodryas chamissonis) • Charla de protección flora y Fauna • Monitoreos de Seguimiento del Humedal durante los 2 primeros años de operación

¿Qué aspectos ambientales relacionados con obras MOP reconocen los titulares de proyectos vía ingreso literal s)?

Todos los proyectos analizados tuvieron como vía de ingreso una DIA. Es decir, si bien se reconocen la posible generación de impactos ambientales asociados a los componentes ambientales, **se identifican como impactos NO significativos.** De todas maneras, para la utilidad de identificar las acciones de los proyectos analizados, se identificaron las equivalencias con los AA que se han identificado en el estudio. Esto se presenta en la **Tabla A12. 7.**

De los resultados de la tabla, 9 AA son muy frecuentes, presentes en por lo menos 3 de los 4 proyectos identificados: generación de ruido, generación de material particulado, derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño, perturbación de suelo aledaño al humedal, ingreso de especies domésticas asilvestradas, impermeabilización del suelo aledaño, generación de residuos sólidos, instalación de luminarias cercanas al humedal y generación de fuentes de ignición. Todos estos AA, a excepción de la impermeabilización del suelo aledaño, conllevan cambios en el humedal de carácter temporal.

Tabla A12. 7. *Aspectos ambientales identificados para las obras MOP que están presentes también en los proyectos ingresados por literal s) al SEIA mediante vía de ingreso DIA. Fuente: Elaboración propia.*

N	Aspecto Ambiental (AA)	Alto Serena VI	Proyecto Habitacional Brisas del Estrecho	Nueva Marina Avendaño	Parque Fotovoltaico Manzano III
1	Generación de ruido.	●	●	●	●
2	Generación de material particulado.	●	●		●
3	Derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño.	●	●		●
4	Perturbación de suelo aledaño al humedal.	●	●	●	●
5	Extracción de la vegetación aledaña al humedal o en la zona de amortiguación.			●	
6	Extracción de la vegetación hidrófila.				●
7	Transformación permanente de la zona y frecuencia de inundación.				
8	Compactación del suelo del humedal.		●		
9	Disposición permanente de material en el humedal o relleno.	●			
10	Extracción de suelo.	●			
11	Transformación permanente de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad.				
12	Instalación permanente de barrera transversal.				
13	Transformación temporal de la zona y frecuencia de inundación.				
14	Disminución temporal de la sección transversal.				
15	Instalación temporal de barrera transversal.				
16	Movimiento de tierra en el cauce.	●			
17	Movimiento de tierra aledaño en el humedal.	●		●	
18	Vertimiento de sedimentos y contaminantes.	●	●		

19	Uso de flora exótica invasora.				
20	Uso de material agregado.	●	●		
21	Uso de fertilizantes, pesticidas y/o herbicidas.				
22	Ingreso de especies domésticas asilvestradas.	●	●	●	●
23	Impermeabilización del suelo aledaño.	●	●	●	
24	Generación de residuos sólidos.	●	●	●	●
25	Extracción de caudales				
26	Instalación de pilotes en la sección transversal				
27	Instalación de luminarias cercanas al humedal	●	●	●	●
28	Generación de fuentes de ignición	●	●	●	●

Revisión extendida de los expedientes proyectos ingresados vía literal s) al SEIA

En la **Tabla A12. 8** se detalla toda la información extraída del análisis de los 4 proyectos de inversión para consulta general.

Tabla A12. 8. *Resumen de los proyectos analizados que ingresan por literal s) al SEIA. Fuente: Elaboración propia.*

Nombre proyecto	Alto Serena VI	Proyecto Habitacional Brisas del Estrecho	Nueva Marina Avendaño	Parque Fotovoltaico Manzano III
Sector	Inmobiliario	Inmobiliario	Inmobiliario	Energía
Región	Coquimbo	Magallanes	Ñuble	Valparaíso
Titular	Inmobiliaria Nuevos Proyectos	Constructora Salfa S.A.	Inversiones e Inmobiliaria Quillón Limitada	Andina Solar 14 SpA.
Fecha(s) de ingreso y resolución	Primer ingreso - 04/08/2022 - **No admitido a trámite** Segundo ingreso - 15/07/22 - **No admitido a trámite**	18/10/2022 - **Aprobado**	Primer ingreso - 13/03/23 - **Término anticipado** Segundo ingreso - 14/11/23 – **Desistido** Tercer ingreso - 11/12/23 - **En trámite**	18/04/2023 - **Desistido**
Descripción general	Construcción de 2 torres de 12 pisos (12 mil m^2), considerando 198 departamentos, 236 estacionamientos de autos y 156 de bicicletas	Construcción de 297 casas (condominio) integrando el resguardo y protección de humedal	Habilitación de 28 lotes comerciales y 127 habitacionales. Incluye un área de preservación de 21 ha asociado al humedal.	Producción de energía eléctrica con 3.520 paneles fotovoltaicos con potencia nominal de 2,36 (MW)
Superficie intervenida	8,8 ha	10 ha	58 ha	3 ha
Justificación de la ubicación	Según PRC La Serena (2004) el predio se encuentra ubicado en la Zona ZEX-20C, ZEX-20B. Según PRI Elqui (2021) corresponde a los usos de suelo permitidos para vivienda, equipamiento, vialidad y transporte e industrias y almacenamientos.	- Sector sur de la comuna de Punta Arenas, dentro del límite urbano del PRC Punta Arenas, en zona Residencial A (ZH-A)	El proyecto se emplaza aledaño a HU Laguna Avendaño, en zona regulada por el Plan regulador de Quillón, en zonas habitacional (ZH3) y de equipamiento y servicios (ZE), que permiten desarrollo habitacional y de servicios.	Ubicado a 2 km de la ciudad de Casablanca, cercano a subestación de conexión eléctrica.

Nombre proyecto	Alto Serena VI	Proyecto Habitacional Brisas del Estrecho	Nueva Marina Avendaño	Parque Fotovoltaico Manzano III
Estudios realizados	1 - Inspección arqueológica 2 - Flora y fauna 3 - Hidrología 4 - Medio humano 5 - Paisaje y turismo 6 - Mecánica de suelos	1 - Estudio de emisiones atmosféricas 2 - Estudio de Ruido 3 - Estudio de Flora 4 - Estudio de Fauna 5 - Estudio de Arqueología 6 - Estudio de Medio Humano	1 - Estudio de emisiones atmosféricas 2 - Estudio de Ruido 3 - Caracterización edafológica 4 - Estudio de Flora y vegetación 5 - Estudio de Fauna 6 - Estudio de Arqueología 7 - Estudio de Medio Humano 8 - Estudio de Paisaje 9 - Estudio de Turismo 10 - Caracterización Geología, Geomorfología y Peligros Naturales 11 - Caracterización ecosistemas acuáticos y aguas continentales 12 - Modelación hidráulica 13 - Predicción y evaluación de impacto ambiental	1 - Emisiones 2 - Ruido sobre la fauna 3 - Edafológico 4 - Hidrología e hidrogeología (se basa en estudio “Zonificación Hidrogeológica de la DGA, 2002) 5 - Flora y vegetación 6 - Fauna 7 - Arqueología 8 - Medio Humano 9 - Paisaje 10 - Turismo 11 – Geología, geomorfología y peligros 12 - Biodiversidad Humedal
Compromisos ambientales voluntarios (CAV) y cuándo fueron incorporados	- Fase Construcción: Incluir a la comunidad en el proceso de construcción del proyecto - Fase Construcción: Carta que sintetice las problemáticas de la comunidad del Sector Puertas del Mar. -Fase Operación: Mantener la vía pública limpia y despejada de RSD. - Fase Construcción y Operación: Aumentar la seguridad en el sector, cierre perimentral con focos hacia el interior y exterior. - Fase Operación: Asumir la gestión de	El titular inicialmente declara que no se realizan compromisos ambientales voluntarios, en el marco del D.S. N° 40/2012, sin embargo, durante la tramitación ambiental y aprobación final del proyecto, se presentan 3 compromisos en el marco del ICE: - Inspección Ciudadana - Información Tenencia Responsable de Mascotas - Plan Comunicacional	El titular declara que no se realizan compromisos ambientales voluntarios, en el marco del D.S. N° 40/2012, sin embargo, existen algunas medidas abordables reconocidas en la declaración, que pueden ser entendidas como CAV.	- Mejora de Suelos Agrícolas orientado a la agricultura campesina, haciéndose cargo del impedimento de usar temporalmente suelos de Clase III para uso agrícola. - Comunicación con la comunidad para evitar molestias a la comunidad por la construcción, operación y/o

Nombre proyecto	Alto Serena VI	Proyecto Habitacional Brisas del Estrecho	Nueva Marina Avendaño	Parque Fotovoltaico Manzano III
	residuos sólidos urbanos y asegurar procesos más sostenibles. - Fase Operación: Lámina informativa en la recepción sobre los puntos limpios habilitados en las cercanías del edificio. - Fase Operación: Reglamento de copropiedad, en relación a la protección y uso responsable de espacios del humedal y sanción al no respeto de reglamento. - Fase Construcción y operación: Instruir a trabajadores e inquilinos sobre la flora y fauna del humedal, y sobre la gestión de residuos			cierre del proyecto. - Perturbación controlada: impacto significativo sobre la fauna de baja movilidad (Liolaemus spp., Philodryas chamissonis) - Charla de protección flora y Fauna - Monitoreos de Seguimiento del Humedal durante los 2 primeros años de operación
Tipo de humedal	Ribereño/Río Estuarino/Intermareal Asociado a LU y declarado como HU	Palustre/Permanente NO asociado a LU	Lacustre/Lago Palustre/permanente Asociado a LU y declarado como HU	Ribereño/Río Asociado a LU
Relación de proximidad	Alrededor	Alrededor Dentro	Alrededor (lacustre) Dentro (palustre)	Alrededor
Observación proceso	Primer ingreso no fue admitido a trámite por errores en ingreso de expediente, respecto a la personería jurídica. Segundo ingreso no fue admitido a trámite por falta de antecedentes, y no mencionar relación de proyecto con políticas, planes y programas, así como no	Proyecto registra un solo ingreso y fue aprobado. Durante la evaluación ambiental, se incorporan 3 compromisos ambientales voluntarios, luego de ser solicitadas por OAECAS y ciudadanía. Queda formalizado en ICE.	Primer ingreso se dio término anticipado ya que el Titular no presenta los antecedentes necesarios que permitan descartar que el Proyecto genera o presenta. Además, Municipio sugiere que proyecto debe ingresar por literal p), al emplazarse el proyecto en humedal	El Proyecto cuenta con un único ingreso a evaluación ambiental, y fue desistido por el titular luego de que el ICE indicara incapacidad del titular para responder a pronunciamientos de organismos públicos.

Nombre proyecto	Alto Serena VI	Proyecto Habitacional Brisas del Estrecho	Nueva Marina Avendaño	Parque Fotovoltaico Manzano III
	mencionar relación del proyecto con PRI Elqui.		urbano. Por lo anterior, solicita el ingreso del proyecto vía Estudio de Impacto Ambiental. Segundo ingreso fue desistido por el titular luego de observaciones de fondo del Ministerio de Obras Públicas y Servicio Nacional de Turismo. Tercer ingreso se encuentra actualmente en trámite. A través de varias observaciones, OAECAS solicitan formalizar expresamente compromisos ambientales voluntarios. Se solicita la apertura de un proceso de Participación Ambiental Ciudadana PAC.	
¿Cuenta con denuncias en SMA o TA?	No	Un particular presentó un recurso de protección, contra de la Dirección de Obras de la Ilustre Municipalidad de Punta Arenas y en contra de la empresa Constructora SALFA S.A., alegando actos ilegales y arbitrarios respecto del cumplimiento de normativa medioambiental en el desarrollo del proyecto de construcción de viviendas sociales, y	Luego de que se presentara denuncia ciudadana dirigida en contra del proyecto inmobiliario, principalmente, por su intervención del Humedal Laguna Avendaño, la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) requirió a la empresa el ingreso de su proyecto al SEIA.	No

Nombre proyecto	Alto Serena VI	Proyecto Habitacional Brisas del Estrecho	Nueva Marina Avendaño	Parque Fotovoltaico Manzano III
		la Corte Suprema indicó que proyecto debía ingresar vía DIA.		
¿Declara impactos equivalentes a los aspectos ambientales (AA) identificados en el estudio CEHUM-MOP?	- Generación de ruido - Generación de material particulado - Derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño al humedal - Perturbación del suelo aledaño al humedal - Disposición permanente de material en el humedal o relleno - Extracción de suelo - Movimiento de tierra en el cauce - Movimiento de tierra aledaño al humedal - Vertimiento de sedimentos y contaminantes - Uso de material agregado - Ingreso de especies domésticas asilvestradas - Impermeabilización de suelo aledaño - Generación de residuos sólidos - Instalación de luminarias cercanas al humedal - Generación de fuentes de ignición	- Generación de ruido - Generación de material particulado - Derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño al humedal - Perturbación del suelo aledaño al humedal - Transformación permanente de la zona y frecuencia de inundación - Compactación del lecho del río o zona ribereña - Movimiento de tierra en el cauce - Movimiento de tierra aledaño al humedal - Vertimiento de sedimentos y contaminantes - Uso de material agregado - Ingreso de especies domésticas asilvestradas - Impermeabilización de suelo aledaño - Generación de residuos sólidos - Instalación de luminarias cercanas al humedal	- Generación de ruido. - Perturbación de suelo aledaño al humedal. - Extracción de la vegetación aledaña al humedal o en la zona de amortiguación. - Movimiento de tierra aledaño en el humedal. - Ingreso de especies domésticas asilvestradas. - Impermeabilización del suelo aledaño. - Generación de residuos sólidos. - Instalación de luminarias cercanas al humedal - Generación de fuentes de ignición	- Generación de ruido - Generación de material particulado - Derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño al humedal - Perturbación del suelo aledaño al humedal - Extracción de vegetación aledaña al humedal o en la zona de amortiguación - Movimiento de tierra aledaño al humedal - Ingreso de especies domésticas asilvestradas - Generación de residuos sólidos - Instalación de luminarias cercanas al humedal - Generación de fuentes de ignición

Nombre proyecto	Alto Serena VI	Proyecto Habitacional Brisas del Estrecho	Nueva Marina Avendaño	Parque Fotovoltaico Manzano III
		- Generación de fuentes de ignición		
¿Cuán relevante es el humedal como objeto de protección (OP)?	No es relevado por el titular.	No es relevado por el titular.	Se reconoce el HU como OP en el marco de la predicción y evaluación de impacto ambiental.	Se reconoce el HU como OP en el marco de la predicción y evaluación de impacto ambiental.
¿Menciona criterios mínimos de sustentabilidad ?		No	Se reconocen como criterios regidores en estudio de predicción y evaluación de impacto ambiental.	Indirectamente se reconocen, al utilizar guías del SEA de área de impacto, y de predicción y evaluación de impacto en humedales.
¿Contempla el cambio de uso de suelo?	No.	Sí, el proyecto incluye la urbanización respectiva del loteo.	No. Los loteos proyectados se encuentran específicamente en zonas ZEXH-2 y ZH-3, las cuales están definidas como sectores con destino habitacional según el Plan Regulador Comunal de Quillón	Sí, de uso agrícola Clase III a uso habitacional

ANEXO 13 | Fichas de aspectos ambientales e impactos

ASPECTO AMBIENTAL	Aumento del tránsito vehicular	1
Potenciales impactos directos	• Pérdida de individuos de fauna nativa por atropellos y heridas. • Perturbación de patrones de comportamiento de fauna.	
Potenciales impactos en cadena	• Cambio en la composición comunitaria de fauna. • Alteración del flora y fauna por impactos en cascada sobre la red trófica.	

AECs AFECTADOS

(Simbología | **D:** afectación directa. **C:** afectación en cadena)

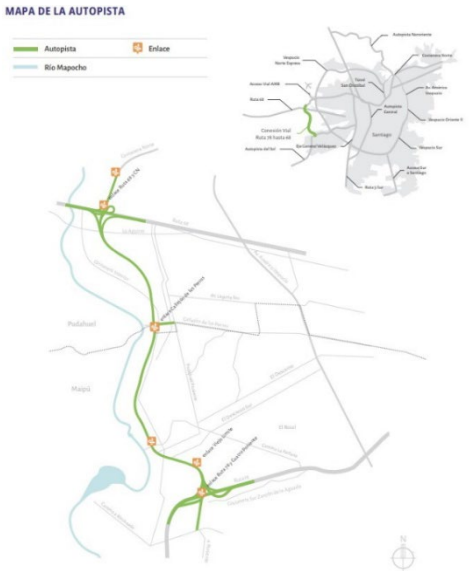
OP	Agua		Suelo	Flora y Vegetación	
AEC	Calidad del agua	Cantidad de agua	Calidad del suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila
Afec.					

OP	Fauna				Ecosistema	
AEC	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidro.	Conectividad del paisaje
Afec.		**D**	**D**	**D**		

Consideraciones para determinar el Área de Influencia (AI)

Este impacto ocurre en **todo tipo de obras MOP,** ya que éstas generan mayor flujo de vehículos desde y hacia la obra por parte de trabajadores. Además, en caso de obras de construcción de caminos nuevos y de conservación de caminos existentes, se establece una nueva o mejor ruta para facilitar el tránsito.

Para la delimitación del OP **fauna,** tomar en cuenta las especies de fauna nativa presentes y su hábitat potencial en el ecosistema, especialmente con relación al humedal. En el caso de especies migratorias, se deben considerar los sitios de nidificación y alimentación. Para especies de fauna que tiene ciclos de vida anuales, como los anfibios y peces, es necesario considerar dentro del AI todo el hábitat potencial que estas especies ocupan y requieren a lo largo del ciclo de vida.



Dimensión lineal del área de influencia del aumento de tránsito vehicular. Fuente: https://lavozdemaipu.cl/proyecto-de-conexion-vial-entre-rutas-78-y-68/

El criterio de delimitación del AI para fauna es el área geográfica hasta donde el impacto no genera ninguna alteración sobre el OP fauna receptora, ya sea de forma fisiológica o conductual. Se debe conocer tanto la interacción obra-humedal cómo las interacciones propias de la biota (relaciones ecológicas) y con el resto de los OP que son parte del humedal.

Si bien existen impactos en cadena, se relacionan con impactos que ocurren de forma simultánea. Se recomienda revisar las fichas de éstos AA para dimensionar adecuadamente el AI:

- (10) Generación de material particulado sedimentable.
- (11) Generación de ruido.
- (16) Instalación de luminarias cercanas al humedal.

Consideraciones para describir los OP en el AI

El OP de interés es la **fauna**, especialmente mamíferos, aves, anfibios y reptiles. Es necesario contar con información actualizada y detallada sobre la distribución de comunidades de fauna y su ocupación en el humedal. Otro OP afectado es el **ecosistema.** Se deben describir los ecosistemas aledaños al humedal o conectados mediante corredores biológicos al humedal.

- **Fauna**: Caracterizar el hábitat y la composición de la comunidad de fauna, enfocándose en la fauna terrestre y semiacuática como mamíferos y aves. Describir el OP mediante indicadores como la riqueza, la abundancia total y relativa. Considerar las rutas de tránsito conocidas por monitoreos sistemáticos (por ejemplo, con cámaras trampa o de video) o bien por avistamientos locales. Identificar la clasificación de las especies según estado de conservación, endemismos e interacciones entre especies (relaciones ecológicas). Tomar en cuenta las zonas del humedal que proveen refugio, zonas de reproducción y crianza. Considerar especies locales y también migratorias. En el caso de aves pueden ocupar el humedal para nidificación en temporadas específicas.

Lineamientos para identificar el impacto

Este impacto ocurre en todas las obras nuevas y obras de conservación, ya que en toda instalación de faenas se incrementa el tráfico vehicular (velocidad y volumen) desde y hacia el sitio de la obra. Además, la maquinaria pesada, si bien puede no causar atropellos, si genera vibraciones y ruido que ahuyentan a la fauna silvestre. El nivel de tráfico es de variable intensidad a lo largo del ciclo de vida de la obra.

Lineamientos para estimar y cuantificar el impacto

Mediante la programación de modelos de redes de transporte, es posible cuantificar el nivel del impacto del aumento del tránsito vehicular. Esto debe considerar el tamaño de la faena, el número de trabajadores/as que se trasladan a diario hacia el lugar y también la intensidad de uso de maquinaria pesada. Especialmente se debe considerar la duración del impacto, ya que los caminos y rutas pueden convertirse en barreras físicas para la conectividad biológica de un humedal y el OP ecosistema.

Es necesario producir modelos de ocupación de especies de fauna silvestre, para conocer la probabilidad de presencia de estas, en especial aquellas que estén en categoría de conservación. Esto se realiza a partir de datos de monitoreo, por ejemplo, con cámaras trampa. Es necesario contar con los datos más completos y exhaustivos, ya que no siempre se documentan todos los

casos de ocupación por falta de monitoreo. Considerando esta información, se sugiere realizar mapas de ocupación y análisis de nivel de riesgo considerando el aumento de tránsito vehicular.

Criterios para evaluar la significancia del impacto

Para evaluar la significancia del impacto a la fauna, se debe considerar el efecto que produce la pérdida de individuos de poblaciones locales y el cambio en la estructura comunitaria del humedal. El aumento de tránsito vehicular representa una barrera para la conectividad biológica. La fragmentación conlleva un impacto en las poblaciones locales de fauna que se ven fragmentadas entre ellas, es decir, se reduce la conectividad de la meta-población. Una meta-población se define como el conjunto de poblaciones locales conectadas entre sí a través de corredores biológicos. La conectividad permite el intercambio genético entre poblaciones, lo cual en conjunto, fortalece la resiliencia de la meta-población. Considerando lo anterior, la ecología cuenta con criterios e índices ecosistémicos y de funcionalidad ecológica que permiten evaluar la significancia del impacto sobre los OP.

Se entenderá que existe un impacto significativo sobre el ecosistema cuando se altere su permanencia, regeneración o condiciones que hacen posible su desarrollo (Artículo 6° RSEIA). En el caso del aumento de tránsito vehicular, considerar:

Permanencia: Se debe evaluar si los cambios introducidos en la conectividad de la meta-población alterar la permanencia de la especie en análisis.

Regeneración: Dada la permanencia de las obras, la regeneración no es posible a menos que se consideren nuevas estructuras que permitan recuperar cierto grado de conectividad biológica (por ejemplo, pasos para fauna). La evaluación del impacto, con respecto a regeneración, solo puede considerar la mitigación del impacto con control de tránsito, aunque no puede ser eliminado del todo.

Condiciones que hacen posible la presencia y el desarrollo: Con el aumento de tránsito se producen cambios estructurales en las condiciones de hábitat para la fauna. Estos cambios pueden alterar sus patrones de comportamiento y producir estrés fisiológico que impacte su supervivencia. La evaluación del impacto debe considerar la presencia de especies en alguna categoría de conservación.

Guías y/o criterios aplicables	Normativa pertinente
• Guía metodológica para la compensación de biodiversidad en ecosistemas terrestres y acuáticos continentales (2022) • Guía de evaluación ambiental componente fauna silvestre (Servicio Agrícola Ganadero, 2016). • Criterio de evaluación en el SEIA: Criterios técnicos para campañas de terreno de fauna terrestre y validación de datos.	• Resoluciones de procesos de clasificación de especies silvestres en estado de conservación. • Decreto 29 (MMA) Aprueba reglamento para la clasificación de especies silvestres según estado de conservación. • Ley 19.475 de Caza (MinAgri) Artículo 5°. Queda prohibido, en toda época, levantar nidos, destruir madrigueras o recolectar huevos y crías, con excepción

	de los pertenecientes a las especies declaradas dañinas. • Decreto 2 (MinAgri) Declara monumento natural a las especies de fauna silvestre huemul, chinchilla costina, chinchilla cordillerana, cóndor, picaflor de Arica y picaflor de Juan Fernández. • Decreto 129 (Ministerio Relaciones Exteriores) Promulga el protocolo específico adicional al Tratado con Argentina sobre Medio Ambiente, sobre Conservación de la Flora y Fauna Silvestre Compartida entre Chile y Argentina.

Lineamientos para diseñar medidas de mitigación, reparación o compensación

En primer lugar se debe adoptar un enfoque preventivo tanto para los trabajadores de la obra como para la población general. Considerar una capacitación inicial el personal de la obra para prevención de atropellos y en caso de accidente, la detección y rescate de fauna silvestre. Es necesario que se respeten los límites de velocidad y se instale abundante señalética en zonas de paso de fauna silvestre nativa.

Como segunda alternativa, es necesario considerar medidas de reparación en caso de accidentes. Se deben definir acciones a implementar en el caso de atropellos de fauna por tránsito vehicular. Por ejemplo, se pueden identificar los centros de rehabilitación de fauna, presentar un protocolo de acción en caso de producirse accidentes en fauna (atropellos, colisión entre otros), explicitando que la responsabilidad y costos de implementación del plan de emergencia corresponden al titular.

Por último, ya que este impacto no se puede eliminar del todo, se sugiere asumir medidas de compensación que tengan que ver con la rehabilitación, reproducción y/o crianza de especies de fauna nativa impactadas para su reintroducción en el ecosistema y seguimiento para monitorear supervivencia y estado de salud.

Vinculación con Criterios Mínimos de Sustentabilidad Ley 21.202

Para descartar la significancia del impacto o bien, para justificar el diseño de medidas, se deberá demostrar que se cumple con los criterios mínimos que permiten mantener la funcionalidad de los competentes bióticos y sus interacciones. Se deberán establecer criterios cuantitativos o cualitativos que permitan asegurar el resguardo de la flora y fauna contenida dentro del humedal.

Consideraciones en la evaluación de impactos para los humedales estadísticamente significativos

Ribereños/ Río	Palustres/ Permanentes
Son frecuentemente hábitat para especies de mamíferos de agua dulce: el huillín y el coipo. esto implica mayor riesgo de atropello a estas especies. También funcionan como corredor	Son frecuentemente hábitat para especies de mamíferos de agua dulce: el huillín y el coipo.

para especies terrestres como el pudú, la güiña y el zorro de Darwin.	Esto implica mayor riesgo de atropello a estas especies.

Palustres/ Turberas	**Palustres/ Andinos**	**Almacenamiento/ Tranque**
Hábitat frecuente para especies de roedores, anfibios y aves.	Hábitat frecuente de varias especies consideradas monumento nacional: huemul, chinchilla costina, chinchilla cordillerana y cóndor.	Aunque sean artificiales, cumplen una función importante de hidratación y alimento para múltiples especies de fauna.

ASPECTO AMBIENTAL	Compactación del suelo del humedal	2
Potenciales impactos directos	• Deterioro de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del suelo. • Cambio en el patrón de infiltración o recarga. • Alteración de procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimento. • Modificación de la morfología del humedal o zona ribereña.	
Potenciales impactos en cadena	• Deterioro del hábitat acuático. • Cambio en la estructura de las formaciones de vegetación presentes.	

AECS AFECTADOS

(Simbología | **D:** afectación directa. **C:** afectación en cadena)

OP	**Agua**		**Suelo**	**Flora y Vegetación**	
AEC	Calidad del agua	Cantidad de agua	Calidad del suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila
Afec.		**D**	**D**	**C**	**C**

OP	**Fauna**				**Ecosistema**	
AEC	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidro.	Conectividad del paisaje
Afec.	**C**		**C**		**D**	**C**

Consideraciones para determinar el Área de Influencia (AI)

El AA compactación del suelo del humedal, se produce en actividades que se ejecutan dentro del humedal como nivelación del lecho, revestimiento, construcción de taludes, construcción de terraplenes, entre otras. Sin embargo, existen otras acciones en las cuales se genera este AA, como lo es el tránsito vehicular y de maquinaria pesada en la obra.

El impacto generado por el AA sobre el OP **suelo**, es asociado principalmente al deterioro de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del suelo producto de la compactación. Ello podría traer diversas consecuencias como el patrón de aireación y patrón de infiltración y recarga. Por lo anterior se debe considerar dentro del AI toda la zona a ser compactada directamente, así como aquella que por tránsito de maquinaria pesada pudiese sufrir compactación indirecta.

Para el OP **agua** se deben considerar las zonas donde existirán cambios en el patrón de infiltración o recarga, así como también por la alteración del régimen de escurrimiento superficial (ver ficha **(13) Impermeabilización del suelo aledaño**). Esto ya que el cambio en las propiedades físicas del suelo podrá generar afectación en el régimen hidrológico del humedal y en su balance. Dependiendo del orden de magnitud del área compactada, en algunos casos, se deberán incorporar dentro del AI los acuíferos que se alimenten a través de la infiltración o zona en la que se determine la existencia de flujos subterráneos de agua que alimenten humedales.

La compactación de suelo se vincula también con la alteración del OP **ecosistema,** ya que implica cambios en la morfología del humedal. El AI debe considerar toda la zona que es transformada en las variables geomorfológicas como sección transversal (Ver ficha **(22/24) transformación de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad**), sustrato del lecho, conectividad lateral, entre otras.

Por último, entendiendo que tanto el suelo como el agua son atributos estructurantes, se debe considerar que los cambios en las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo y en la cantidad de agua pueden traer impactos sobre los OP flora. Esto recae al mismo tiempo en la fauna presente, al presentarse el deterioro del hábitat y las condiciones que hacen posible su presencia.

Para considerar este y otros efectos en cadena se recomienda estudiar también los AA que están comúnmente vinculados a la compactación:

- (4) Disposición permanente de material en el humedal o relleno.
- (13) Impermeabilización del suelo aledaño.
- (20) Movimiento de tierra en el humedal,
- (22) Transformación permanente de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad.
- (23) Transformación permanente de la zona y frecuencia de inundación.
- (24) Transformación temporal de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad.
- (25) Transformación temporal de la zona y frecuencia de inundación.

Consideraciones para describir los OP en el AI

Los OP afectados corresponden al **agua** (calidad), el **suelo** y **ecosistema.** Estos son atributos estructurantes por lo que también se deberá definir el AI para los OP **flora y vegetación** y **fauna** según sea pertinente. Considerar para cada OP:

- **Suelo:** Se deberá caracterizar la calidad de suelo que se compactará. Para esto se deberá identificar qué horizontes del perfil de suelo se modifican describiendo su textura, granulometría, cantidad de materia orgánica, entre otras características. Se deberá poner especial atención en la presencia de indicadores de suelo hídrico como rasgos redoximórficos, suelos gley, entre otros. Lo anterior ya que el suelo hídrico es el sustrato que permite el desarrollo de la flora hidrófila propia del humedal. Se deberá tener en consideración la época de caracterización, ya que el suelo es un atributo cambiante.
- **Agua:** Describir el comportamiento histórico del régimen hidrológico, identificar el rol que cumple la infiltración en el balance hidrológico del sistema.
- **Ecosistema:** Adicional a la caracterización del suelo, considerar el perfil de la sección transversal actual, durante la obra y posterior a la construcción. Como efecto en cadena puede producir daño a las condiciones que permiten el desarrollo de los componentes bióticos y sus flujos ecosistémicos a escala de paisaje.

Por otro lado, para los OP afectados indirectamente por potenciales cambios en el suelo y agua, es decir flora y fauna, se deben caracterizar las especies presentes en la zona intervenida, identificando potenciales pérdidas de hábitat.

Lineamientos para identificar el impacto

Algunas acciones que generan compactación en etapa ejecución obras de conservación son la compactación de sellos para la obra de canales revestidos, la formación de taludes y el revestimiento de canales en la obra mantención de la red primaria de aguas lluvias. En etapa de ejecución obras de construcción destacan: excavación para fundaciones de estribos y cepas y estructuras de acero en la obra de puentes y la formación y compactación de terraplenes en el caso de obras de camino. A esto se le suma el tránsito vehicular y de maquinaria pesada. Para identificar si existe el impacto se deben conocer adecuadamente los límites del humedal de interés e identificar zonas de superposición entre estas acciones y el polígono humedal.

Adicionalmente, la compactación del suelo del humedal es un AA que puede generar impactos en régimen hidrológico sobre todo si es generado sobre un suelo en el que la infiltración de agua de origen y abastezca un acuífero. Ello, debido a que este AA genera cambios en la densidad aparente del suelo y con ello una disminución en la capacidad de retención e infiltración de agua. Para esto se recomienda estudiar la ficha **(13) Impermeabilización del suelo aledaño.**



Compactación se suelo por tránsito de maquinaria pesada. Fuente: Elaboración propia.

Lineamientos para estimar y cuantificar el impacto

A fin de cuantificar la compactación del suelo y los potenciales efectos que este pueda tener hacia los componentes y procesos ambientales, se debe generar un modelo de compactación del suelo. Este modelo puede ser utilizado para predecir los cambios en las propiedades físicas que tendrá el suelo producto de la misma acción de compactar, así como también aquellos cambios generados por el tránsito de maquinaria pesada. Una vez obtenida la proyección de compactación se debe comparar con las condiciones del suelo sin la ejecución del proyecto. En base a lo anterior, se puede estimar cualitativamente como se verá afectada la vegetación hidrófila de la zona, en caso de presentarse esta en la zona aledaña a los trabajos y al tránsito de maquinaria. En esta línea, se debe considerar que aquella compactación propia de la obra será de carácter permanente, no así aquella generada por el tránsito de maquinaria pesada.

En el caso de la recarga de un acuífero subterráneo, se debe realizar un modelo hidrológico, prestando especial atención en el balance hídrico. De esta manera, se estará cuantificando la forma en que se ve impactado el OP agua por la disminución en la infiltración de agua.

Criterios para evaluar la significancia del impacto

Para el AA compactación del suelo del humedal, se considerará que existe un impacto significativo cuando producto la pérdida de capacidad de infiltración del suelo se ve afectada la capacidad de regeneración de un acuífero en caso de encontrarse este en el AI. Por otro lado, también se

considera significativo este AA cuando se evidencie que producto de los cambios en las propiedades físicas del suelo, se ve afectada la capacidad de permanencia y regeneración de las especies de vegetación ribereña y flora hidrófita que exista dentro del AI. Con lo anterior, al verse afectado este componente ambiental, se ve alterado también el criterio de permanencia de especies de fauna al generarse cambios en el ecosistema, los cuales no podrán asegurar la mantención del estado que hace posible su evolución y desarrollo.

Para hacer este análisis se deberá considerar que:

- El impacto de la compactación tiene un efecto acumulativo con otros cambios de uso de suelo que ocurren en la cuenca.
- Se podrá producir sinergia con las amenazas introducidas por el cambio climático. Vinculada a la diminución de precipitación y por ende disminución del aporte de flujos al humedal, o bien, precipitaciones más intensas, lo cual genera caudales máximos aún más altos.

Adicionalmente, se deberá estudiar el cumplimiento de los criterios mínimos que permiten mantener el régimen hidrológico superficial y subterráneo (DS 15 Ley 21.202) mediante criterios cuantitativos o cualitativos justificables.

Guías y/o criterios aplicables	Normativa pertinente
• Guía para la descripción del área de influencia, descripción de los componentes suelo, flora y fauna de ecosistemas terrestres. • Guía metodológica. Marco operativo para proyectos de recarga artificial de acuíferos.	• Artículo 6 del Reglamento del SEIA - Efecto adverso significativo sobre recursos naturales renovables. - a) La pérdida de suelo o de su capacidad para sustentar biodiversidad por degradación, erosión, impermeabilización, compactación o presencia de contaminantes. - g) El impacto generado por el volumen o caudal de recursos hídricos a intervenir o explotar, así como el generado por el transvase de una cuenca o subcuenca hidrográfica a otra, incluyendo el generado por ascenso o descenso de los niveles de aguas subterráneas y superficiales.

Lineamientos para diseñar medidas de mitigación, reparación o compensación

De ser posible, se debe priorizar el diseño de las obras a una distancia lo suficientemente necesaria a fin de evitar los posibles cambios en las propiedades del suelo del humedal o aledaño a este, los posibles cambios en el patrón de infiltración o recarga y alteración del régimen de escurrimiento superficial. Al mismo tiempo se debe tener especial cuidado con zonas de recarga de acuíferos, evitando también la compactación y ejecución de trabajos sobre el área. Al considerar la distancia de los trabajos y la obra hacia el humedal, se estará evitando al mismo tiempo aquellos impactos secundarios generados por los cambios ya mencionados, como lo son la afectación hacia la vegetación ribereña e hidrófila y la fauna presente en el humedal producto de la pérdida de hábitat y el ruido generado por los trabajos.

Vinculación con Criterios Mínimos de Sustentabilidad Ley 21.202
Se deberá mantener o restaurar, según corresponda, los componentes abióticos y bióticos del humedal, su composición, estructura y funcionamiento. La ejecución del proyecto deberá realizarse de forma tal que permita mantener su régimen hidrológico, balance hídrico; en específico el volumen de entrada, acumulación y salida de agua desde y hacia el humedal, y los patrones de inundación, procurando evitar la modificación de la cantidad, niveles y volumen de agua. Se deberá prestar atención en el manejo integrado de los recursos hídricos superficiales y subterráneos como base para su conservación, procurando la mantención de la calidad de los recursos hídricos existentes y los flujos y patrones de disponibilidad del agua que sustenta estos ecosistemas.

Consideraciones en la evaluación de impactos para los humedales estadísticamente significativos	
Ribereños/ Río	**Palustres/ Permanentes**
La compactación del suelo en la ribera del humedal puede traer consecuencias en la morfología y la dinámica del río, pudiendo afectar con ello al mismo tiempo cambios en la dinámica de agua y sedimentos. Lo anterior puede afectar directamente a la fauna presente en el humedal, al ver cambios en las características habituales del ecosistema.	En general se caracterizan por tener suelo de baja permeabilidad y por ende baja tasa de recambio. Acciones como la compactación puede aumentar aún más los tiempos de recambio alterando la oxigenación, intercambio de nutrientes, entre otros.

Palustres/ Turberas	Palustres/ Andinos	Almacenamiento/ Tranque
El balance hídrico está comandado por la infiltración y los afloramientos subterráneos producto de la ausencia de pendiente y depresiones en el terreno, por lo cual la compactación del suelo del humedal afectaría directamente a este balance hídrico.	El balance hídrico en este tipo de humedal está dominado por la infiltración y los afloramientos subterráneos. La compactación de suelo podría afectar negativa y directamente este balance. En este mismo sentido podría verse afectada la recarga de acuíferos en zonas desérticas, pudiendo generar escasez hídrica en humedales ubicados aguas abajo como valles y desembocaduras de río.	La compactación de suelo es una de las alternativas utilizadas a fin de retener el agua dentro del tranque.

ASPECTO AMBIENTAL	Derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño	3
Potenciales impactos directos	• Deterioro de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del agua. • Deterioro de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del suelo.	
Potenciales impactos en cadena	• Pérdida de cobertura vegetal e individuos de flora hidrófila. • Deterioro de hábitat acuático y/o terrestre. • Pérdida de individuos de fauna nativa producto de intoxicación y enfermedad.	

AECs AFECTADOS
(Simbología | **D:** afectación directa. **C:** afectación en cadena)

OP	Agua		Suelo	Flora y Vegetación	
AEC	Calidad del agua	Cantidad de agua	Calidad del suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila
Afec.	**D**		**D**		**C**

OP	Fauna				Ecosistema	
AEC	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidro.	Conectividad del paisaje
Afec.	**C**	**C**	**C**	**C**		

Consideraciones para determinar el Área de Influencia (AI)

El AA derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño, está asociado principalmente a los trabajos con maquinaria pesada, ya que durante la ejecución de las obras y el carguío de combustible, podría generarse eventualmente fuga de hidrocarburos. También puede ocurrir producto de la mala gestión de residuos peligrosos, entrando estos en contacto directo sobre el OP suelo o agua.

En este sentido, el OP **agua** es uno de los componentes que recibiría de forma directa el impacto en caso de ocurrir, cambiando inmediatamente su calidad. Se debe proyectar en este caso los sitios por los cuales transitará maquinaria y en los cuales se realizarán los trabajos, teniendo presente la cercanía a humedales. Al mismo tiempo se debe tener presente la cantidad de maquinaria pesada que estará en funcionamiento durante la ejecución de las obras. De ser necesario se podrá modelar la pluma de dispersión eventualmente generada en caso de producirse un derrame de compuestos en el cauce o cuerpo de agua, delimitando el AI hasta dónde la concentración de los contaminantes sea despreciable.

Por otro lado, el OP **suelo** es también uno de los componentes ambientales que se vería afectado directamente por el eventual derrame de compuestos. Por ello se deben identificar aquellas zonas destinadas a carguío de combustibles, teniendo en cuenta la posibilidad de que las medidas implementadas para evitar escurrimiento de combustible fallen. Lo anterior puede deberse a condiciones climáticas de viento y lluvias extremas. Se debe definir por lo tanto el AI en este caso a través de la proyección del tránsito de maquinaria pesada, ejecución de trabajos con la misma y

zonas de carguío de combustibles, teniendo presente la cercanía a humedales presentes. Con respecto a esta misma situación, se debe determinar la existencia de acuíferos en el sector potencialmente afectados, ya que la infiltración de un derrame podría generar cambios en la calidad del agua que alimenta aguas subterráneas.

En base a lo anterior, la flora hidrófila se podría ver afectada en caso de ser alcanzada por agua o suelo contaminados. Por lo tanto, con las proyecciones generadas para el caso de agua y suelo, se deberá definir hasta qué punto se puede ver afectar la flora hidrófila. En este caso, el OP fauna también podría verse afectado debido al deterioro y pérdida de hábitat o incluso por intoxicación.

Si bien existen impactos en cadena, se relacionan con impactos que ocurren de forma simultánea. Se recomienda revisar las fichas de éstos AA para dimensionar adecuadamente el AI:

- (2) Compactación del suelo del humedal.
- (20) Movimiento de tierra en el humedal.
- (21) Perturbación de suelo aledaño al humedal.

Consideraciones para describir los OP en el AI

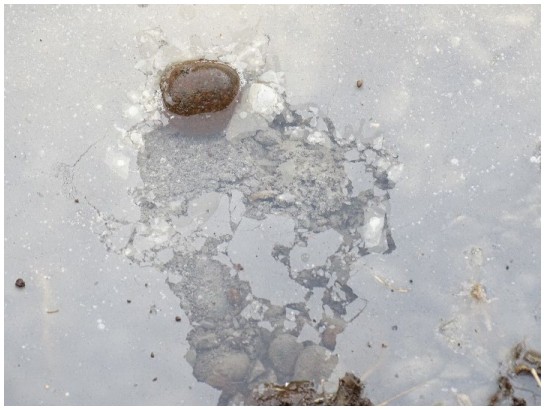
Los OP que recibirían impactos directos producto de un posible derrame de compuestos corresponden al agua y suelo.

- **Agua**: Se debe contar con información hidrometeorológica, delimitación de la cuenca, con cuerpos y cursos de agua y su relación con partes y obras del proyecto. Proporcionar variaciones estacionales e interanuales del nivel del agua en cuerpos de agua lénticos. Identificar las fuentes de agua superficial y subterráneas (incluidos sus afloramientos superficiales) y describir su uso actual. Describir calidad del agua superficial, incluida la selección del sitio de muestreo, la duración y frecuencia del monitoreo.
- **Suelo**: Se debe proporcionar una delimitación y caracterización de las interacciones de agua subterránea, superficial y suelo, incluida una identificación de ecosistemas dependientes, humedales, áreas de descarga y recarga. Definir los horizontes del perfil del suelo, además de un análisis multiparamétrico de este a fin de caracterizar las propiedades fisicoquímicas de este.

Para OP indirectos – **flora y vegetación**; y **fauna** – se debe realizar una identificación de las especies presentes en la zona potencialmente afectada, en conjunto con la identificación de sus requerimientos de hábitat y patrones de distribución.

Lineamientos para identificar el impacto

Las acciones constructivas con las cuales se asocia el AA derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño son principalmente todas aquellas relacionadas con el uso de maquinaria pesada tales como excavaciones, perforaciones, traslado e instalación de materiales, así como también aquellas acciones que específicamente requieren de aplicación de impermeabilizantes, pinturas, diluyentes y la remoción de estos mismos. Para que se genere un potencial impacto en los OP **agua** y **suelo**, se deben generar los trabajos sobre el humedal (caso de puentes o conservaciones fluviales) o aledaño a este (caminos), ya que la posible escorrentía o infiltración de contaminantes en el suelo podría llegar al agua. En obras sobre el agua, los compuestos tóxicos podrían llegar directamente ya sea por limpieza de estructuras o por accidental derrame de compuestos utilizados. Por lo último mencionado, es que se deben identificar las zonas que podrían potencialmente verse contaminadas, incluyendo todos los componentes ambientales que sufrirían deterioro producto de ello. Además, se debe tener en cuenta al momento de identificar el impacto, la peor condición asociada a este. En este caso, estimar el volumen de contaminantes que podría derramarse, ya sea sobre el curso de agua o sobre suelo.



Presencia de compuestos o sustancias tóxicas en curso de agua (canal de regadío). Fuente: Elaboración propia.

Lineamientos para estimar y cuantificar el impacto

A fin de cuantificar el impacto, por un lado, se debe tener un monitoreo de la calidad de las aguas antes de la ejecución de los trabajos, a fin de ser comparado eventualmente con la calidad de las aguas post derrame y con los parámetros establecidos en la NCh 1333 o en normas secundarias de calidad ambiental en caso de ser requerido.

De ser necesario, contar con un modelo de dispersión de contaminantes que considere el volumen estimado derramado de contaminantes, y las condiciones climáticas e hidráulicas, ambos en el peor de los casos. Lo anterior a fin de determinar hasta punto del área el posible derrame afectaría la calidad de las aguas.

Para el caso de suelo también se debe contar con monitoreo de la calidad del suelo en aquellas zonas dónde sea definido el carguío de combustible.

Finalmente, en caso de existir un acuífero en la zona de napa poco profunda, se debe tener en consideración la probabilidad de contaminación de este, determinando la zona dónde se genera la infiltración de aguas.

Criterios para evaluar la significancia del impacto

Se entenderá que existe un impacto significativo en la calidad del agua cuando se superen los valores de las concentraciones establecidas en las normas secundarias de calidad del agua

(NSCA). En el caso de que no exista una norma de calidad ambiental vigente, el titular puede proponer justificadamente otra norma internacional (DS40).

- **Permanencia**: De forma general, para determinar la significancia del impacto se debe determinar si el volumen de agua que eventualmente podría verse contaminado altera la capacidad de condición del suelo y/o agua, y en consecuencia alteración sobre el criterio de permanencia
- **Regeneración**: de los componentes vegetación y fauna. Para ello se hace necesario determinar la reversibilidad de este impacto, considerando en ello la implementación de medidas a través del plan de contingencias.
- **Condiciones que hacen posible la presencia y el desarrollo**: De la misma manera, se debe considerar si el impacto proyectado afectaría la capacidad de condición del ecosistema. Esto es determinando si el ecosistema afectado por el impacto puede seguir manteniendo su estructura en cantidad y calidad para sustentar a la biota que habita allí. Finalmente se debe considerar si con la generación del impacto, se podría garantizar que las condiciones del ecosistema hacen posible la regeneración de los componentes que se encuentren en la zona.

Guías y/o criterios aplicables	Normativa pertinente
• Criterio de evaluación en el SEIA: Contenido técnicos para la evaluación ambiental del recurso hídrico.	• Decreto 143. Establece normas de calidad primaria para las aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo. • Norma Chilena 1.333. Requisitos de calidad del agua para diferentes usos. • Art 103. Plan de prevención de contingencias. • Normas secundarias de calidad de agua (NSCA) • Artículo 6 del Reglamento del SEIA - Efecto adverso significativo sobre recursos naturales renovables. – a) La pérdida de suelo o de su capacidad para sustentar biodiversidad por degradación, erosión, impermeabilización, compactación o presencia de contaminantes. – c) La magnitud y duración del impacto del proyecto o actividad sobre el suelo, agua o aire en relación con la condición de línea de base. – d) La superación de los valores de las concentraciones establecidos en las normas secundarias de calidad ambiental vigentes o el aumento o disminución significativos,

	según corresponda, de la concentración por sobre los límites establecidos en éstas. A falta de tales normas, se utilizarán como referencia las normas vigentes en los Estados que se señalan en el artículo 11 del presente Reglamento. En caso de que no sea posible evaluar el efecto adverso de acuerdo con lo anterior, se considerará la magnitud y duración del efecto generado sobre la biota por el proyecto o actividad y su relación con la condición de línea de base. – f) El impacto generado por la utilización y/o manejo de productos químicos, residuos, así como cualesquiera otras sustancias que puedan afectar los recursos naturales renovables.

Lineamientos para diseñar medidas de mitigación, reparación o compensación

Priorizar medidas que eviten el ingreso de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño a este. Dado que puede generarse una contingencia, se recomienda tener medidas a fin de retener potenciales derrames. Con ello se estará reduciendo el área afectada y por ende los potenciales impactos hacia la flora hidrófila y fauna. Para el caso de zonas de carguío de combustible, se debe priorizar la ubicación de estas lo más alejado del humedal y procurando la protección de posibles acuíferos que se encuentren en el área.

Vinculación con Criterios Mínimos de Sustentabilidad Ley 21.202

Se deberá propender a la mantención y/o restauración, según corresponda, de los componentes abióticos y bióticos del humedal, su composición, estructura y funcionamiento. Lo anterior, considerando acciones para mantener y/o recuperar las características ecológicas del humedal, controlar las amenazas físicas, químicas y biológicas que puedan perturbar las mismas, con énfasis en la preservación de las especies de flora y fauna amenazadas; así como el monitoreo de la efectividad de las medidas implementadas.

Consideraciones en la evaluación de impactos para los humedales estadísticamente significativos

Ribereños/ Río	Palustres/ Permanentes
Dado que el caudal de los ríos se compone por una porción de caudal líquido, el cual es transportado hacia otros cursos de agua interconectados entre sí, una posible contaminación por compuestos o sustancias tóxicas en este ámbito podría afectar a todos aquellos cuerpos de agua que reciben caudal de esta fuente.	El derrame de compuestos o sustancias tóxicas hacia el humedal puede generar que el agua contaminada infiltre hacia acuíferos con napas poco profundas.

Palustres/ Turberas	Palustres/ Andinos	Almacenamiento/ Tranque
El balance hídrico está comandado por la infiltración y los afloramientos subterráneos, por lo cual la contaminación por compuestos o sustancias tóxicas podría generar intercambio hídrico con estas sustancias.	El balance hídrico en este tipo de humedal está dominado por la infiltración y los afloramientos subterráneos, por lo cual la contaminación por compuestos o sustancias tóxicas podría generar intercambio hídrico con contaminantes. Este recurso contaminado, podría incluso llegar a humedales ubicados aguas abajo como valles y desembocaduras de río.	Dado que los tranques son un tipo de humedal construido cuya función es el almacenamiento de aguas lluvias para el uso principalmente en agricultura, es que el derrame de compuestos o sustancias tóxicas generaría potenciales riesgos en la calidad del agua utilizada para este fin. Del mismo modo, se verían afectadas las especies que allí habitan al ser expuestas a concentraciones de agua con sustancias tóxicas.

Nota: *Al momento de trabajar específicamente en cauces con maquinaria pesada, se debe considerar la posibilidad de generar algún tipo de fuga ya sea de aceites y combustibles entre otros. Ante la eventualidad de ocurrencia, se hace necesario contar con un plan de emergencias ante estos eventos, para lo cual, al momento de considerar el Área de Influencia, se deberá considerar el comportamiento de la pluma de dispersión del contaminante de acuerdo con el tipo de humedal, además de las medidas implementadas a fin de disminuir la contaminación en cauces.*

ASPECTO AMBIENTAL	Disposición permanente de material en el humedal o relleno	4
Potenciales impactos directos	• Cambio en la superficie del humedal. • Deterioro de las propiedades físicas del suelo. • Deterioro de las propiedades físicas del agua. • Pérdida de cobertura vegetal e individuos de flora hidrófila. • Transformación de las condiciones de hábitat acuático y/o terrestre. • Modificación de la morfología del humedal o zona ribereña. • Alteración de procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimentos.	
Potenciales impactos en cadena	• Fragmentación y menoscabo de la meta-población de fauna. • Cambio en el patrón de infiltración o recarga. • Modificación de las condiciones hidráulicas del humedal.	

AECs AFECTADOS

(Simbología | **D:** afectación directa. **C:** afectación en cadena)

OP	**Agua**		**Suelo**	**Flora y Vegetación**	
AEC	Calidad del agua	Cantidad de agua	Calidad del suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila
Afec.	**D**	**C**	**D**	**D**	**D**

OP	**Fauna**				**Ecosistema**	
AEC	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidro.	Conectividad del paisaje
Afec.	**D**	**D**	**D**	**D**	**D**	**D**

Consideraciones para determinar el Área de Influencia (AI)

La disposición permanente de material en el humedal supone el sepultamiento de las comunidades de flora hidrófila y la transformación de las condiciones de hábitat de flora hidrófila, y por consecuencia para fauna acuática también, como peces, anfibios y reptiles. Al eliminarse por completo el hábitat de flora y fauna, se cubre el lecho del humedal y se altera la escorrentía superficial y la calidad del agua.

Para determinar el AI, considerar la zona del humedal que será afectada por la disposición. En esta zona se verán impactados atributos de la flora y vegetación, así como del suelo hídrico y el ecosistema. Con respecto a criterios para el AI de ecosistema, particularmente la conectividad hidro-geomorfológica, el AI debe considerar la zona que sufre desconexión de la conectividad en sus dimensiones vertical y lateral. Es decir, el relleno afecta la conectividad vertical entre el agua, el suelo hídrico (o zona saturada, zona hiporréica) y la conectividad lateral del humedal con la zona de inundación. Considerado que el AI se delimita para el OP ecosistema, no para los atributos específicos, el AI del ecosistema debe considerar la superficie geográfica del humedal receptor.

La disposición permanente de material en el humedal o relleno suele ocurrir de forma simultánea con otros AA por lo que se recomienda revisar las fichas de los siguientes AA:

- (2) Compactación del suelo del humedal.
- (20) Movimiento de tierra en el humedal.
- (22) Transformación permanente de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad.
- (23) Transformación permanente de la zona y frecuencia de inundación.
- (24) Transformación temporal de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad.
- (25) Transformación temporal de la zona y frecuencia de inundación.

Consideraciones para describir los OP en el AI

En este AA existe una alteración transversal de los OP. Todos los OP son directamente afectados por la disposición permanente de material en el humedal. Para comprender los alcances del impacto, es necesario describir todas las dimensiones del humedal.

Los OP afectados deben considerar las indicaciones a continuación en su descripción:

- **Suelo**: Describir las propiedades físicas del suelo, como la porosidad, la granulometría y la densidad aparente en las condiciones previas a la obra. Se debe estudiar también la granulometría del suelo perturbado para evaluar su potencialidad de arrastre.
- **Flora y vegetación**: Presencia de flora hidrófila, especialmente especies sumergidas vulnerables al aporte de sedimentos y cambios en la penetración de luz. Identificar especies en categoría de conservación y aquellas que cumplan con un rol de refugio y alimento. Considerar indicadores tanto de flora hidrófila como de la estructura de la vegetación. Para describir la flora hidrófila, se recomiendan los siguientes indicadores: Riqueza específica, abundancia total y específica, proporción o % de especies nativas/introducidas, presencia de especies en categoría de conservación, presencia de formaciones vegetales frágiles o escasas, e índice de Braun-Blanquet.
- **Agua**: Se afectará la calidad de agua, principalmente sus propiedades físicas, por lo que es necesario describir los indicadores sólidos disueltos totales (TDS) y sólidos suspendidos totales (SST). Si bien, la afectación sobre la cantidad de agua es indirecta, ésta debe ser considerada ya que, al alterar la superficie del humedal mediante el relleno, se alteran las condiciones de flujo de agua. El relleno del humedal supone una barrera transversal o longitudinal, por lo que es relevante conocer la condición base de velocidad de flujo (caudal promedio mensual, o Magnitud mensual de las condiciones del agua), como también flujos extremos (magnitud y duración de las condiciones extremas anuales).
- **Ecosistema**: Describir la conectividad hidrogeomorfológica, considerando el área que será transformada por el relleno del humedal. La transformación de la conectividad entre parches y corredores biológicos produce impactos en la conectividad del paisaje. Como efecto en cadena puede producir daño a las condiciones que permiten el desarrollo de los componentes bióticos y sus flujos ecosistémicos a escala de paisaje.
- **Fauna**: Caracterizar la composición de la biota acuática (ej. peces y macroinvertebrados). Identificar especies en categoría de conservación. Considerar en la descripción indicadores como la riqueza específica, la abundancia total y específica y/o relativa, presencia de especies en categoría de conservación, y evidencia de reclutamiento o reproducción. En el

caso de aves y mamíferos considerar también evidencias de reproducción o crianza, así como áreas de nidificación, y específicamente áreas de descanso de aves migratorias.

Lineamientos para identificar el impacto

Las obras que consideran este AA son obras de conservación de cauces, construcción de puentes y caminos. Más en detalle, puede ocurrir en obras de conservación, por ejemplo al montar puentes de emergencia, defensas rígidas, revestimientos de ribera, mantención de la red primaria de agua lluvia, y conservación de colectores; como también en obras de puentes y caminos, que consideren relleno con material, formación y compactación de terraplenes, colocación de hormigón de pilote, entre otras.

La identificación del impacto del relleno se realiza mediante la inspección de las condiciones iniciales en terreno. Es provechoso también revisar imágenes satelitales, por ejemplo, con la función histórica de Google Earth, para evaluar la preexistencia de rellenos que indique un grado inicial de alteración sobre el cual se desarrollará la obra. Esta preexistencia puede indicar el efecto de impactos acumulativos y sinérgicos por la extensión del relleno.

Lineamientos para estimar y cuantificar el impacto

En este caso, la estimación y cuantificación del impacto del relleno permanente se dará de forma cualitativa. Al verse afectados todos los OP de manera transversal, es relevante poder desarrollar un modelo conceptual causal, donde se puedan identificar la ocurrencia de impactos en cadena. Según la ubicación del relleno en el humedal, y la descripción de los indicadores para cada AEC, se pueden identificar elementos críticos de afectación, tales como:

- Fenómenos hidrológicos y sedimentológicos, tales como velocidad del flujo con su modelo tridimensional.
- Tasa de transporte y depósito de sedimento.
- Fauna y flora en categoría de conservación existente en el área.

Al ser este un AA de carácter permanente la definición de su magnitud y extensión espacial, y cómo se vincula este con los OP es clave para estimar y cuantificar el impacto.

Criterios para evaluar la significancia del impacto

Se entenderá que existe un impacto significativo sobre el ecosistema cuando se altere su permanencia, regeneración o condiciones que hacen posible su desarrollo (Artículo 6° RSEIA). Con respecto a la disposición permanente de material en el humedal, es importante señalar lo siguiente:

- **Permanencia**: El impacto es de carácter permanente e irreversible.
- **Regeneración**: El relleno sobre el humedal transforma completamente las condiciones del humedal, a características terrestres. Sin embargo, el sustrato es material compactado, y que probablemente será revestido con hormigón o similar, impidiendo la regeneración del recurso.
- **Condiciones que hacen posible la presencia y el desarrollo**: Finalmente, las nuevas condiciones en el lugar de relleno hacen imposible la presencia y desarrollo de suelo y vegetación.

Guías y/o criterios aplicables	Normativa pertinente

• Guía metodológica para la compensación de biodiversidad en ecosistemas terrestres y acuáticos continentales (2022) • Criterio de evaluación en el SEIA: Contenidos técnicos para la evaluación ambiental del recurso hídrico (2022)	• Artículos 41 y 171 del Código de Aguas, que rigen la alteración de cauce.

Lineamientos para diseñar medidas de mitigación, reparación o compensación

La disposición de material permanente en el humedal, debiera considerar obras que permitan mantener o mitigar hidrología superficial, es decir, la velocidad del flujo, y la tasa de transporte de sedimentos. Por ejemplo, la habilitación y mantención de ductos bajo terraplenes.

Vinculación con Criterios Mínimos de Sustentabilidad Ley 21.202

Al disponer permanente de material en el humedal se requiere abordar el criterio que permite resguardar las características ecológicas y el funcionamiento de los humedales urbanos, ya que el AA transgrede el criterio de mantención de la superficie de humedales urbanos; y el criterio que permite mantener el régimen hidrológico superficial y subterráneo de los humedales urbanos, al verse alterado el régimen hidrológico.

Consideraciones en la evaluación de impactos para los humedales estadísticamente significativos

Ribereños/ Río	Palustres/ Permanentes
La disposición permanente de material en humedales ribereños, interrumpir el régimen hidrológico y la conectividad longitudinal, y dependiendo de las características del ecosistema, podría ser grave para la biota acuática que depende de un ecosistema con agua corriente (zona ritral).	El relleno en humedales palustres puede generar angostamiento de la red de drenaje, y alteración del régimen de sedimento. Es importante entender ambos fenómenos como línea de base, para proceder a realizar las obras.

Palustres/ Turberas	Palustres/ Andinos	Almacenamiento/ Tranque
El relleno en humedales palustres puede generar angostamiento de la red de drenaje, y alteración del régimen de sedimento. Es importante entender ambos fenómenos como línea de base, para proceder a realizar las obras.	Ecosistemas altamente sensibles al relleno, régimen hidrológico y conectividad regulados por flujos subsuperficiales y subterráneos.	El relleno podrá estar vinculado a al mejoramiento de los tranques.

ASPECTO AMBIENTAL	Extracción de caudales	5
Potenciales impactos directos	• Modificación en las condiciones hidráulicas del humedal (cantidad de agua y sección del perímetro saturado). • Deterioro de las propiedades físicas del suelo (secado). • Transformación de las condiciones de hábitat acuático (para peces y anfibios especialmente).	
Potenciales impactos en cadena	• Deterioro del hábitat acuático. • Interrupción de conectividad hidrológica. • Deterioro de las propiedades físicas del agua.	

AECs AFECTADOS

(Simbología | **D:** afectación directa. **C:** afectación en cadena)

OP	Agua		Suelo	Flora y Vegetación	
AEC	Calidad del agua	Cantidad de agua	Calidad del suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila
Afec.	**C**	**D**	**D**		**C**

OP	Fauna				Ecosistema	
AEC	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidro.	Conectividad del paisaje
Afec.	**D**		**D**		**D**	

Consideraciones para determinar el Área de Influencia (AI)

El AI se determina sobre el OP **agua** (cantidad de agua), **suelo**, **fauna** (peces) y **ecosistema** (conectividad hidrogeomorfológica) a través de los cambios en el régimen hidrológico natural, la disminución de la cantidad de agua y/o área de inundación y estratos de suelo hídrico.

Este impacto ocurre en obras tipo puente que requieren excavación en el lecho del río para construir fundaciones de estribos y cepas. El procedimiento produce un AI que es la zona que será “agotada” o drenada mediante bombas.



Instalación de estructuras para mantener área seca y sin derrumbes. Extracción de caudal mediante bombas. Fuente: https://www.nature.com/articles/s41598-023-36737-6

La principal afectación ocurre sobre la zona hiporréica del lugar intervenido. Esto se refiere a la transición vertical entre el lecho del río y las napas subterráneas y es fundamental como hábitat para algas, macroinvertebrados y peces. Considerando esto, el “secado” elimina las funciones ecológicas de la zona hiporréica, ya que la desconecta hidrológica y biológicamente del resto del ecosistema. Entonces para la definición del AI, se debe poner especial atención al área afectada que corresponde al lecho del río o perímetro húmedo del río.

Los cambios graduales o bruscos en el caudal por extracción o restitución, alteran el transporte de sedimentos, luz, temperatura, gases disueltos y otros parámetros fisicoquímicos. La modificación del caudal altera de manera estructural y funcional los atributos del OP fauna. Además puede tener como consecuencia la resuspensión y transporte del sedimento que forma parte del cauce o zona ribereña. El cambio en la calidad de agua genera efectos en cadena sobre la biota.

El criterio de delimitación del AI para fauna es el área geográfica hasta donde el impacto no genera ninguna alteración sobre el OP fauna receptora, ya sea de forma fisiológica o conductual.

Para la delimitación del AI de este impacto se debe conocer tanto la interacción obra-humedal cómo la interacciones propias de la biota (relaciones ecológicas) y con el resto de los OP que son parte del humedal.

Si bien existen impactos en cadena, se relacionan con impactos que ocurren de forma simultánea. Se recomienda revisar las fichas de éstos AA para dimensionar adecuadamente el AI:

- (2) Compactación del suelo del humedal.
- (18) Instalación permanente de barrera transversal.
- (19) Instalación temporal de barrera transversal.
- (20) Movimiento de tierra en el humedal.
- (22) Transformación permanente de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad.
- (23) Transformación permanente de la zona y frecuencia de inundación.
- (24) Transformación temporal de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad.
- (25) Transformación temporal de la zona y frecuencia de inundación.

Como opción metodológica para determinar el AI en términos de la escala longitudinal del cauce, se sugiere implementar algún procedimiento para la segmentación hidro-geomorfológica de la red fluvial que permita determinar “hasta donde llega” el cauce afectado y hasta dónde pueden ser considerados “impactos significativos”.

La clasificación fluvial entrega información sobre el comportamiento del río que es el reflejo del balance entre erosión, transporte y acumulación de sedimentos. Estos procesos son propios del ecosistema y determinan su conectividad hidrogeomorfológica e integridad ecológica. Existen varios métodos para realizar la segmentación y clasificación fluvial. Como parte de este estudio se presenta un Instructivo de Segmentación y Clasificación Fluvial basado en experiencias en la Unión Europea. Este tipo de clasificación fluvial considera variables geomorfológicas como la sección transversal y la sinuosidad, variables que responden a la evolución histórica y procesos que ocurren a escala geológica. Al modificar geomorfológica se están alterando aspectos estructurantes de la función ecosistémica del humedal que pueden provocar la propagación de cambios hacia aguas abajo.

Consideraciones para describir los OP en el AI

Los OP son el **agua** (cantidad), el **suelo**, la **fauna** (peces y anfibios) y el **ecosistema** (conectividad hidrogeomorfológica).

- **Agua**: Se debe estimar el volumen de agua que se extrae del AI y describir de qué manera esto produce una alteración del régimen de escurrimiento superficial. Considerar series de tiempo históricas de mediciones de caudal, nivel, superficie y volumen de agua.
- **Suelo**: Se deberá caracterizar la calidad de suelo que se compactará. Ya que en este caso la compactación ocurre directamente en el lecho desde el cual es extraído el caudal, se debe considerar las características propias del lecho. Por ejemplo, la granulometría, profundidad y características del sustrato del lecho. Al extraer la cubierta de agua de un suelo hídrico, previamente saturado, se expone al aire y a procesos de oxidación todo el lecho que antes se encontraba sumergido.
- **Fauna**: Caracterizar el hábitat y la composición de la comunidad de peces (riqueza, abundancia total y relativa, entre otros indicadores). Considerar el ciclo de vida de las especies y sus respuestas fisiológicas a los cambios en la calidad del agua. Identificar la clasificación de las especies según estado de conservación, endemismos, relaciones ecológicas y zonas de reproducción, desove o alimentación. Considerar especies locales y también migratorias. En el caso de aves y mamíferos considerar la ocupación del humedal para refugio, nidificación y crianza, que puedan ser afectados por la obra. Se desarrolla una representación espacial por especie o por grupo taxonómico que se encuentran en el AI.
- **Ecosistema**: Se ve alterada directamente la conectividad vertical. Para describir cómo será impactado este atributo de conectividad, se sugiere realizar una modelación de la afectación sobre las aguas subterráneas. Análisis de funciones y procesos de los humedales, por ejemplo, mediante el análisis de los ecotipos. Localización del humedal en función del Orden Hidrológico del río, el tipo de geomorfología y su ubicación dentro de la cuenca.

Lineamientos para identificar el impacto

Se enfoca en cambios en las variables hidro-geomorfológicas de la sección transversal y cuál será la duración de éstas. Estos cambios locales pueden ocasionar cambios en el régimen de erosión y la frecuencia e intensidad de las crecidas de caudal. La escala espacial del impacto es la sección transversal intervenida, el tramo longitudinal del río que es intervenido, así como el tramo aguas abajo hasta donde los cambios producidos sobre los atributos ecológicos ya son amortiguados por el humedal.

Preventivamente se deberán considerar escenarios de precipitación y crecida del nivel del río. Estos análisis deben realizarse como parte de los estudios de ingeniería e hidrología para asegurar que las estructuras construidas no colapsen ante eventos climáticos intensos.

La extracción de caudal para el secado permanente produce desconexión hidrológica y biológica del humedal, afecta la calidad de agua y la presencia de macroinvertebrados, flora hidrófila y fauna.

Lineamientos para estimar y cuantificar el impacto

Para las obras de tipo puente que requieren secado del lecho, por lo general, luego de construidos los estribos y cepas, el caudal puede ser restituido. Sin embargo, el secado puede generar un daño severo en el ecosistemas por la pérdida de conectividad hidrológica y biológica. Este daño puede ser irreparable, ya que la zona hiporréica es removida por completo. La magnitud de este impacto puede ser evaluada en relación al tamaño relativo del río con respecto a la zona que es secada.

También se evalúa mediante la consideración de la temporalidad de ciclos reproductivos de especies acuáticas. Si la obra se desarrolla durante una época de reproducción, puede producir un alto impacto por la eliminación de hábitat. Por último, se debe considerar duración y permanencia del impacto, así como las características de restitución a su estado original o similar (por ejemplo, en cuanto a granulometría de la sección transversal).

Criterios para evaluar la significancia del impacto

Para evaluar la significancia de este impacto se debe considerar la normativa relevante con el Caudal Mínimo Ecológico y prestar atención a lo detallado en el Artículo 6° del RSEIA:

- **Permanencia**: Con respecto a la significancia, es muy importante planificar la duración de la obra y cómo esta puede evitar la temporada de reproducción de especies de fauna, especialmente aves y peces.
- **Regeneración**: Una vez que se restituye el caudal, la evaluación debe considerar si la permanencia de la infraestructura construida (estribos, cepas de puente, conservación de cauce) tiene un efecto permanente en los atributos de la sección transversal y su potencial hábitat para flora y fauna.
- **Condiciones que hacen posible la presencia y el desarrollo**: El régimen de flujo natural es la base del funcionamiento del ecosistema, por lo que una vez restituido el caudal a su condición original se presentan condiciones que permiten al mismo río sostener un equilibrio dinámico de los procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimentos

Guías y/o criterios aplicables	Normativa pertinente
• Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental de la Fase de Construcción de Proyectos (SEA, 2012) • Criterio de evaluación en el SEIA: Contenidos técnicos para la evaluación ambiental del recurso hídrico (2022) • Guía metodológica para la compensación de biodiversidad en ecosistemas terrestres y acuáticos continentales (2022) • Guía metodológica para determinar el caudal ambiental para centrales hidroeléctricas en el SEIA (SEA, 2016)	• Decreto 14/2012 (MMA) Aprueba reglamento para la determinación del caudal ecológico mínimo. • Decreto 28/2023 (MOP) Decreto 58 Aprueba reglamento que establece el procedimiento para la elaboración, revisión y actualización, así como el monitoreo y reporte de los planes estratégicos de recursos hídricos en cuencas. • Ley 21.435 (MOP) Reforma el Código de Aguas. • Artículo 6 del RSEIA: g) El impacto generado por el volumen o caudal de recursos hídricos a intervenir o explotar, así como el generado por el transvase de una cuenca o subcuenca hidrográfica a otra, incluyendo el generado por ascenso o descenso de los niveles de aguas subterráneas y superficiales.

Lineamientos para diseñar medidas de mitigación, reparación o compensación
Considerar con especial atención la temporalidad de las medidas. Al extraer el agua del perímetro de un cauce se deja expuesta toda la zona hiporréica (interfaz entre agua, lecho del rio y subsuelo). El secado del perímetro saturado de un cauce realizado de manera abrupta, elimina toda posibilidad de adaptación o movilización para especies acuáticas como macroinvertebrados y peces que utilizan la zona hiporréica. El diseño de medidas debe buscar una planificación que minimice el daño a especies acuáticas en periodos de reproducción o reclutamiento. Considerar el caudal ambiental y el caudal de las Condiciones Ambientales Normales (CAN) antes del proyecto. Las medidas deberán estar diseñadas para asegurar el régimen hidrológico para ambas condiciones.

Vinculación con Criterios Mínimos de Sustentabilidad Ley 21.202
Para descartar la significancia del impacto o bien, para justificar el diseño de medidas, se deberá demostrar que se cumple con los criterios mínimos que permiten mantener el régimen hidrológico superficial de los humedales urbanos. El régimen hidrológico configura la conectividad dentro del humedal, entre humedales adyacentes y entre el agua superficial y subterránea. Se deberá poner atención en la conservación del régimen de sedimentos. Se deberán establecer criterios cuantitativos o cualitativos que permitan asegurar la mantención del régimen hidrológico, el balance hídrico, volumen de entrada y salida, patrones de inundación, estacionalidad, régimen de sedimentos y conectividad hidrológica con otros humedales cercanos

Consideraciones en la evaluación de impactos para los humedales estadísticamente significativos	
Ribereños/ Río	**Palustres/ Permanentes**
El funcionamiento de los ríos depende principalmente del flujo de caudal, ya que este transporta no solamente agua, sino que también sedimentos (arcilla, arena y rocas de diferentes tamaños), material leñoso de gran tamaño y diversas formas de materia orgánica en descomposición. El caudal del río determina su integridad ecosistémica y sus flujos ecosistémicos. La extracción de caudal genera desequilibrio en las tasas de transporte de sedimentos y nutrientes.	El impacto puede manifestarse en un tiempo posterior a la construcción o conservación de obras, debido a la capacidad de amortiguar el cambio, propia del humedal (resiliencia). Sin embargo, la reducción de altura o saturación del suelo ocasiona mortandad en flora y vegetación ribereña.

Palustres/ Turberas	Palustres/ Andinos	Almacenamiento/ Tranque
El impacto puede manifestarse en un tiempo posterior, debido a la gran capacidad de retener humedad, propia de la turbera. Con el tiempo, la reducción en la disponibilidad de agua provocará el deterioro o secado de la vegetación de turberas.	La disponibilidad de agua es especialmente baja, por lo que una leve modificación en el caudal de ingreso puede implicar la pérdida grave del sustento del humedal.	Al tener capacidad definida de almacenamiento, la extracción de caudal es controlada y se puede anticipar procesos cómo la eutrofización y afectación a especies de flora y fauna.

ASPECTO AMBIENTAL	Extracción de suelo	6

Potenciales impactos directos	• Deterioro de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del suelo (pérdida de horizontes y su estructura). • Modificación de la morfología del humedal, riberas o zonas riparianas.
Potenciales impactos en cadena	• Deterioro y pérdida de hábitat acuático y terrestre.

AECS AFECTADOS

(Simbología | **D:** afectación directa. **I:** afectación en cadena)

OP	**Agua**		**Suelo**	**Flora y Vegetación**	
AEC	Calidad del agua	Cantidad de agua	Calidad del suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila
Afec.			**D**	**C**	**C**

OP	**Fauna**				**Ecosistema**	
AEC	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidro.	Conectividad del paisaje
Afec.	**C**	**C**	**C**	**C**	**D**	C

Consideraciones para determinar el Área de Influencia (AI)

Para determinar el AI del OP **suelo** se deberán considerar todas las áreas que, según el emplazamiento y la descripción del proyecto, consideran extracción de suelo. Esto implica zonas de escarpe, retiro de suelo vegetal, rebajes, extracción de áridos, entre otros. Se deberá presentar un polígono o mapa de situación destacando todas estas zonas.

La extracción de suelo se vincula también con la alteración del OP **ecosistema,** ya que implica cambios en la morfología del humedal. El AI debe considerar toda la zona que es transformada en las variables geomorfológicas como sección transversal, sustrato del lecho, conectividad lateral, entre otras.

La extracción de suelos está comúnmente vinculada con otros AA como:

- (7) Extracción de la vegetación aledaña al humedal.
- (8) Extracción de la vegetación en el humedal.
- (10) Generación de material particulado sedimentable.
- (20) Movimiento de tierra en el humedal.
- (21) Perturbación del suelo aledaño al humedal.
- (22) Transformación permanente de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad.
- (23) Transformación permanente de la zona y frecuencia de inundación.
- (24) Transformación temporal de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad.
- (25) Transformación temporal de la zona y frecuencia de inundación.

Se recomienda revisar las fichas respectivas para incorporar sus consideraciones en la determinación de las AI de otros OP afectados por la extracción de suelo.

Consideraciones para describir los OP en el AI

El OP corresponde a **suelo**, aun así, este corresponde a un atributo que actúa como soporte y sustrato por lo que su ausencia afecta otros atributos como la conectividad hidromorfológica y los OP de flora y fauna.

- **Suelo:** Se deberá caracterizar la calidad de suelo que se extraerá. Para esto se deberá identificar qué horizontes del perfil de suelo se extraerán describiendo su textura, granulometría, cantidad de materia orgánica, entre otras características. Se deberá poner especial atención en la presencia de indicadores de suelo hídrico como rasgos redoximórficos, suelos gley, entre otros. Lo anterior ya que el suelo hídrico es el sustrato que permite el desarrollo de la flora hidrófila propia del humedal. Se deberá tener en consideración la época de caracterización, ya que el suelo es un atributo cambiante. Al extraer el suelo hídrico (lecho del río o suelo debajo de humedales palustres, turberas, etc.), previamente saturado, se expone al aire y a procesos de oxidación todo el lecho que antes se encontraba sumergido.
- **Ecosistema** (conectividad hidromorfológica): Se ve alterada directamente la conectividad vertical. Para describir cómo será impactado este atributo de conectividad, se sugiere realizar una modelación de la afectación sobre las aguas subterráneas. Análisis de funciones y procesos de los humedales, por ejemplo, mediante el análisis de los ecotipos. Localización del humedal en función del Orden Hidrológico del río, el tipo de geomorfología y su ubicación dentro de la cuenca.

Con respecto a los OP que puedan recibir impactos en cadena:

- **Flora y vegetación:** Se deberá identificar si existen hábitats de relevancia que se encuentren sustentados por suelo a extraer. Se deberá identificar si existen especies en algún grado de conservación, especies reliquia, de distribución geográfica restringida o recursos genéticos endémicos.
- **Fauna**: Caracterizar el hábitat y la composición de la comunidad de peces (riqueza, abundancia total y relativa, entre otros indicadores). Considerar el ciclo de vida de las especies y sus respuestas fisiológicas a los cambios en la calidad del agua. Identificar la clasificación de las especies según estado de conservación, endemismos, relaciones ecológicas y zonas de reproducción, desove o alimentación. Considerar especies locales y también migratorias. En el caso de aves y mamíferos que pueden ocupar el humedal para refugio, nidificación y crianza, que puedan ser afectados por la obra, se podrá desarrollar una representación espacial por especie o por grupo taxonómico que se encuentran en el AI.

Lineamientos para identificar el impacto

Lo principal es determinar si existen acciones que impliquen extracción de suelo (escarpe, retiro de suelo vegetal, rebajes, extracción de áridos, entre otros), especialmente suelo hídrico. Posteriormente se deberá identificar el rol que cumple el suelo desde una perspectiva ecosistémica, considerando su función estructurante para la flora y fauna como también en el régimen de sedimentos de acuerdo con las características hidromorfológicas del humedal.



Extracción de áridos en humedal tipo río. Fuente: https://www.latercera.com/



Extracción de suelo en zona saturada y cuya vegetación ha sido despejada. Fuente: https://resumen.cl/

Lineamientos para estimar y cuantificar el impacto

Para cuantificar el impacto se deberá calcular el volumen extraído de suelo y describirlo considerando su textura, granulometría, cantidad de materia orgánica, entre otras características. Se deberá poner especial atención en la presencia de indicadores de suelo hídrico como rasgos redoximórficos, suelos gley, entre otros.

Además, se deberán considerar los impactos en cadena según el rol o función estructurante que cumple el suelo en el humedal de interés.

Criterios para evaluar la significancia del impacto

Se debe ponderar la significancia del impacto en función de si este implica una pérdida de suelo hídrico y una pérdida de su capacidad para sustentar biodiversidad. La clave está en corroborar que la biodiversidad sustentada por este suelo pueda permanecer y regenerarse.

Se entenderá que existe un impacto significativo sobre el ecosistema cuando se altere su permanencia, regeneración o condiciones que hacen posible su desarrollo (Artículo 6° RSEIA). Con respecto a la extracción de suelo, la evaluación requiere considerar:

- **Permanencia**: En este caso se puede asegurar que la extracción de suelo suele ser permanente, ya que el área es reemplazada por obras permanentes como caminos, taludes, enrocados, entre otros.
- **Regeneración**: La capacidad de regeneración del suelo por lo general es un proceso que ocurre en largas escalas de tiempo, por lo cual su regeneración es lenta y requiere facilitación, por ejemplo la aplicación de medidas de control de erosión o incorporación de

enmiendas orgánicas para la regeneración de características biológicas del suelo. Sin embargo, en el caso de obras MOP la extracción del suelo es permanente y la regeneración no es posible para el recurso.

- **Condiciones que hacen posible la presencial y el desarrollo**: Se deberá definir si la extracción de suelo alteración de las condiciones que hacen posible la presencia y desarrollo de las especies y ecosistemas, con especial énfasis en aquellos recursos propios del país que sean escasos, únicos y representativos.

Guías y/o criterios aplicables	Normativa pertinente
• Guía para la descripción del área de influencia, descripción de los componentes suelo, flora y fauna de ecosistemas terrestres (SEA, 2015) • Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental de la Fase de Construcción de Proyectos (SEA, 2012)	• Artículo 6 del Reglamento del SEIA - Efecto adverso significativo sobre recursos naturales renovables. - a) La pérdida de suelo o de su capacidad para sustentar biodiversidad por degradación, erosión, impermeabilización, compactación o presencia de contaminantes. - c) La magnitud y duración del impacto del proyecto o actividad sobre el suelo, agua o aire en relación con la línea base.

Lineamientos para diseñar medidas de mitigación, reparación o compensación

Para evitar el impacto producido por extracción de suelo se recomienda definir se forma estratégica el emplazamiento de la obra y las partes de esta. En cuanto a las medidas de restauración y/o compensación se deberá poner el foco en mantener la capacidad para sustentar biodiversidad del humedal con respecto a la condición actual.

Vinculación con Criterios Mínimos de Sustentabilidad Ley 21.202

Para descartar la significancia del impacto o bien, para justificar el diseño de medidas, se deberá demostrar que se cumple con los criterios mínimos que permiten resguardar las características ecológicas y el funcionamiento de los humedales urbanos. Específicamente se deberá propender a la mantención y/o restauración, según corresponda, de los componentes abióticos y bióticos del humedal, su composición, estructura y funcionamiento.

Por otro lado, la extracción de suelo podrá significar una pérdida de área de humedal; se deberá trabajar por conservar el área y con ello evitar la pérdida o disminución de la provisión de los servicios ecosistémicos.

Consideraciones en la evaluación de impactos para los humedales estadísticamente significativos

Ribereños/ Río	Palustres/ Permanentes
Se deberá poner atención en el rol que cumple el suelo en el régimen natural de sedimentos del río. Por otro lado, debido a la alta potencialidad de erosión de algunos ríos se deberá estudiar si la extracción de suelo afecta la estabilidad de las riberas a largo plazo.	En general el suelo de los humedales palustres se caracteriza por ser un suelo mineral de muy baja permeabilidad. La extracción de este suelo podrá significar modificaciones en el régimen hidrológico de saturación.

Palustres/ Turberas	Palustres/ Andinos	Almacenamiento/ Tranque
El suelo está compuesto por una matriz sedimentaria con materia orgánica en diferentes niveles de descomposición. Esto convierte a las turberas en un reservorio de carbono de altísimo valor a nivel mundial, ya que evitan que éste sea emitido a la atmósfera. En la evaluación de impactos se deberá considerar la pérdida de este servicio ecosistémico.	La extracción de suelo podrá estar vinculada a la actividad de la minería industrial para la extracción de suelo.	La extracción del suelo podrá estar vinculada a la ampliación o mejoramientos de los tranques.

ASPECTO AMBIENTAL	Extracción de la vegetación aledaña al humedal	7
Potenciales impactos directos	• Pérdida de cobertura vegetal e individuos de flora hidrófila. • Cambio en la estructura de las formaciones de vegetación. • Deterioro de las propiedades físicas del suelo. • Deterioro del hábitat acuático.	
Potenciales impactos en cadena	• Deterioro de las propiedades físicas del agua (aumento de turbidez y SST). • Transformación de las condiciones de hábitat terrestre. • Alteración de flora y/o fauna por impactos en cascada sobre la red trófica. • Fragmentación de ecosistema terrestre y acuático.	

AECs AFECTADOS

(Simbología | **D:** afectación directa. **C:** afectación en cadena)

OP	**Agua**		**Suelo**	**Flora y Vegetación**	
AEC	Calidad del agua	Cantidad de agua	Calidad del suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila
Afec.	**C**		**D**	**D**	**C**

OP	**Fauna**				**Ecosistema**	
AEC	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidro.	Conectividad del paisaje
Afec.		**C**	**C**	**C**		**D**

Consideraciones para determinar el Área de Influencia (AI)

El AI debe considerar todos los espacios aledaños al humedal en dónde se removerá la vegetación actual o bien será modificada en términos de su estructura. Considerar todas las zonas aguas arriba del humedal cuya escorrentía pudiese fluir hacia el humedal. Los espacios de la obra en dónde se extraerá vegetación son todos aquellos que reciben algún acondicionamiento del terreno para realizar las faenas. Se sugiere, considerar una zona de amortiguación o zona buffer.

Los OP afectados directamente son el OP **flora y vegetación,** OP **suelo** y OP **ecosistema** a escala de paisaje. A su vez, estos afectan a los OP **agua** y **fauna**. El AI debe considerar toda la superficie terrestre desde la cual se extrae la vegetación.

Al quedar descubierto el terreno sin vegetación, el OP suelo queda expuesto a afectación por procesos erosivos. El AI debe considerar la calidad de agua, ya que el humedal receptor recibirá una carga de sedimentos del suelo descubierto. Se debe considerar el AI hasta la extensión en dónde los cambios en calidad de agua no sean perceptibles.

La extracción de vegetación aledaña al humedal está comúnmente vinculada a otros AA. Se sugiere revisar las fichas de los siguientes impactos:

- (2) Compactación del suelo del humedal.

- (13) Impermeabilización del suelo aledaño.
- (14) Ingreso de especies domésticas de libre circulación.
- (20) Movimiento de tierra aledaño o en el humedal.
- (21) Perturbación de suelo aledaño al humedal.
- (26) Uso de fertilizantes, pesticidas y herbicidas.

Se recomienda revisar las fichas respectivas para incorporar sus consideraciones en la determinación de las AI de otros OP afectados por la extracción de vegetación aledaña al humedal.

Consideraciones para describir los OP en el AI

Se debe describir cada OP impactado directamente por la extracción de vegetación aledaña al humedal:

- **Suelo**: Describir la composición del perfil del suelo en el área directa de afectación y en la franja de vegetación ribereña. Identificar qué horizontes del perfil de suelo podrán erosionarse describiendo su textura, granulometría, cantidad de materia orgánica, entre otras características. Se deberá poner especial atención en la presencia de indicadores de suelo hídrico como rasgos redoximórficos, suelos gley, entre otros. Lo anterior, ya que el suelo hídrico es el sustrato que permite el desarrollo de la flora hidrófila propia del humedal. Se deberá tener en consideración la época de caracterización ya que el suelo es un atributo cambiante. Al extraer el suelo hídrico (lecho del río o suelo debajo de humedales palustres, turberas, etc.), previamente saturado, se expone al aire y a procesos de oxidación todo el lecho que antes se encontraba sumergido.
- **Flora y Vegetación**: Caracterizar estructura y composición de la vegetación ribereña, composición de especies, listado de especies e identificación de estado de conservación y estructura horizontal y vertical, distribución espacial de las especies, con énfasis en aquellas con problemas de conservación su funcionalidad ecológica (identificación de procesos ecológicos relacionados a los demás OP)
- **Ecosistema**: A nivel de ecosistema del humedal, es necesario describir la conectividad del paisaje, tomando como indicadores el tamaño de los parches de hábitat, la forma de los parches de hábitat y la presencia de corredores biológicos relevantes para la fauna descrita. El AI debe considerar la zona afectada por la remoción de cobertura vegetal.

Los OP afectados indirectamente son el **agua** y la **fauna** producto de efecto en cadena. Para estos OP se debe considerar:

- **Agua**: Sólidos disueltos totales (TDS), sólidos suspendidos totales (SST) y transparencia.
  Fauna: Aves: Riqueza específica, abundancia total y específica, presencia de aves en categoría de conservación, presencia de áreas de nidificación, presencia áreas de descanso de aves migratorias. Anfibios y reptiles: Riqueza específica, abundancia relativa, presencia de especies de anfibios y reptiles en categoría de conservación, evidencia de reclutamiento. Mamíferos: Riqueza específica, abundancia total y específica, presencia de especies de mamíferos en categoría de conservación, evidencia de reproducción o crianza.

Lineamientos para identificar el impacto

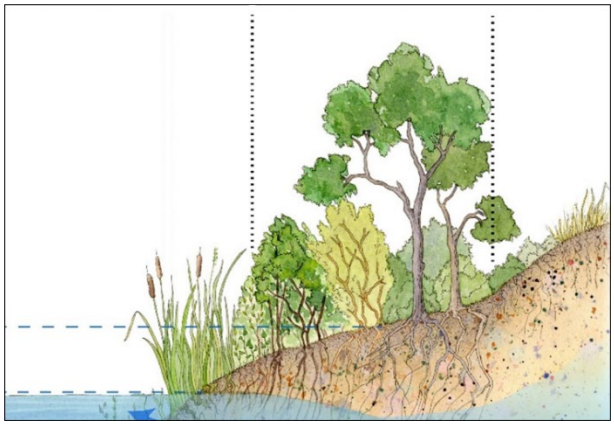
Este impacto puede ocurrir en la etapa de instalación de faenas y de cierre, en aquellas obras que incluyan limpiezas de terreno, corta de árboles y demoliciones que impliquen movimientos de tierra y la conservación de cauces. También ocurre durante la construcción de puentes y caminos, cuando incluyen actividades como la excavación para fundaciones de estribos y cepas; la formación y compactación de terraplenes; y durante obras de conservación de cauce, al realizar limpieza de fajas; conservación de islas, pasarelas y casetas de espera; y conservación de colectores, entre otras obras.

La alteración de procesos sedimentológicos ocurre al quedar expuesto el suelo a procesos erosivos (ejecución obra), y se activan una vez se presentan agentes erosivos como lluvia, viento u otro agente como animales domésticos (ganado). Estos últimos dependen de la estacionalidad (lluvia y viento), y de la presencia de actividades ganaderas en el área.

Lineamientos para estimar y cuantificar el impacto

Para la estimación y cuantificación del impacto de la extracción de la vegetación aledaña al humedal, es necesario caracterizar en terreno y/o imagen satelital en el área de impacto, así como en la AI, la composición y estructura de la vegetación ribereña, y describir el rol que cumple el área de impacto en su contexto de paisaje, o la conectividad del paisaje. Vale preguntarse, ¿Qué porcentaje de la cobertura inicial de vegetación fuera del humedal queda remanente? ¿Qué especies componen la vegetación fuera del humedal? ¿Hay presencia de especies de árboles, arbustos, o herbáceas en alguna categoría de conservación? Para estas preguntas, las formas de estimar el impacto sería superficie (m^2 o hectárea) y porcentaje de vegetación remanente, número de especies, y la categoría de conservación de las especies, respectivamente

Es necesario evaluar el potencial de erosión del suelo descubierto una vez realizada la extracción de vegetación, con el fin de estimar la tasa de transporte de sedimentos, que tendrá como destino el humedal. Para esto es relevante conocer la duración de la ventana de tiempo en que suelo estará descubierto, y además, se pueden tener nociones de erodabilidad del suelo en cuestión, por lo que hay que colectar información sobre cantidad de arcillas, limo, arena y materia orgánica presente en los horizontes del suelo.



Ejemplificación del área aledaña al humedal donde se encuentra este tipo de vegetación. Fuente: https://experience.arcgis.com/

Se considera un impacto en cadena en la calidad de agua. Es necesario contar con un modelo que simule la dinámica hidrológica, y pueda predecir el transporte potencial de sedimentos en el AI. Este modelo debe incorporar eventos de precipitación, tipo de suelo y la tasa de sedimentación en el humedal receptor.

Finalmente, para aves y mamíferos, es importante realizar un listado de fauna potencialmente afectada, especialmente especies en categoría de conservación. Luego conocer el listado de especies que habitan el lugar, llevar a cabo un censo de la fauna presente en el AI, con énfasis en

aquellas especies que utilizan vegetación ribereña para sus requerimientos del ciclo de vida, y más importante aún, indagar la existencia de nidos de aves y madrigueras de mamíferos, así como describir su estado de conservación.

Criterios para evaluar la significancia del impacto

Respecto a la extracción de la vegetación, un impacto de este tipo es significativo cuando se ven involucradas especies en estado de conservación, o si en el área de intervención existe un plan de recuperación, conservación y gestión de dichas especies.

Por otro lado, un impacto sobre el suelo es significativo cuando ocurre perdida de suelo o al perder su capacidad de sustentar biodiversidad dado el grado de erosión, degradación, impermeabilización o compactación. En este sentido, es importante descartar el cambio en los horizontes del suelo, y reducir al mínimo el tiempo en que el suelo se mantiene desnudo, es decir, reducir el espacio temporal en que los procesos de erosión y transporte de sedimentos se pueden activar.

Se entenderá que existe un impacto significativo sobre el ecosistema cuando se altere su permanencia, regeneración o condiciones que hacen posible su desarrollo (Artículo 6° RSEIA). Con respecto a la extracción de la vegetación aledaña al humedal, la evaluación requiere considerar:

- **Permanencia**: En este caso se puede asegurar que la extracción de vegetación aledaña al humedal suele ser permanente, ya que el área es reemplazada por obras permanentes como caminos, taludes, enrocados, entre otros.
- **Regeneración**: La capacidad de regeneración de la vegetación en zonas terrestres dependerá de varios factores, pero en el general, respecto a obras viales y conservación de riberas esta extracción es permanente, con alteración artificial de la cubierta del suelo, por lo que en este contexto en particular no es posible la regeneración del recurso.
- **Condiciones que hacen posible la presencia y el desarrollo**: En este caso, se eliminan las condiciones que hacen posible el desarrollo de vegetación, y, además, las medidas de manejo posteriores al término de la obra, es el control y eliminación de la vegetación que logra regenerar.

Guías y/o criterios aplicables	Normativa pertinente
• Guía para la evaluación de impacto ambiental de la fase de construcción de proyectos (SEA, 2012) • Guía metodológica para la compensación de biodiversidad en ecosistemas terrestres y acuáticos continentales (2022)	• Ley Nº 20.283, sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal (2008). Artículo 7 sobre elaboración de planes de manejo. • Reglamento suelos, aguas y humedales (2010) • Plan de manejo de corta y reforestación de plantaciones para ejecutar obras civiles D.L. N° 701/1974

Lineamientos para diseñar medidas de mitigación, reparación o compensación
En cuanto a mitigación, se sugiere que el área de intervención directa de la obra contemple abarcar aquella zona donde no exista presencia de especies en categoría de conservación, y donde exista la menor cantidad de estructuras que puedan estar prestando algún servicio ecosistémico. En cuanto a las medidas de restauración y/o compensación, se deberá poner el foco en mantener la capacidad para sustentar biodiversidad del humedal con respecto a la condición actual.

Vinculación con Criterios Mínimos de Sustentabilidad Ley 21.202
Al extraer la vegetación aledaña de un humedal es necesario considerar el criterio que permite resguardar las características ecológicas y el funcionamiento de los humedales urbanos, así como el criterio que permite mantener el régimen hidrológico de los humedales urbanos. Específicamente se deberá propender a la mantención y/o restauración, según corresponda, de los componentes abióticos y bióticos del humedal, su composición, estructura y funcionamiento. Por otro lado, la extracción de vegetación podrá significar una pérdida de área de humedal, se deberá trabajar por conservar el área y con ello evitar la pérdida o disminución de la provisión de los servicios ecosistémicos.

Consideraciones en la evaluación de impactos para los humedales estadísticamente significativos	
Ribereños/ Río	**Palustres/ Permanentes**
Los ríos y sus riberas actúan como corredores biológicos acuáticos y terrestres a nivel de paisaje, y en Chile usualmente conectan cordillera-mar. Además, sus riberas suelen ser hábitat para especies de mamíferos de agua dulce: huillín y coipo. Para el caso específico de este impacto, es importante mantener la funcionalidad de este corredor biológico, respecto al rol que cumple la vegetación aledaña. Además, extrayendo la vegetación aledaña, pueden facilitarse fenómenos indeseados como el acceso al cuerpo de agua de ganado y especies invasoras.	Los humedales palustres son sensibles al aumento en la carga de sedimentos, ya que actúan como acumuladores de estos. Una carga muy alta de sedimentos puede alterar las características ecológicas del humedal, reduciendo su espejo de agua. Por otro lado, en humedales palustres, es importante indicar la presencia de especies que utilizan bosques sumergidos de hábitat y refugio. Por ejemplo, puede habitar especies como el huillín (*Lontra provocax*).

Palustres/ Turberas	Palustres/ Andinos	Almacenamiento/ Tranque
Los humedales palustres son sensibles al aumento en la carga de sedimentos, ya que actúan como acumuladores de estos. Una carga muy alta de sedimentos, puede alterar las características ecológicas del	La vegetación en humedales palustres andinos es muy escasa, y el desarrollo de suelo también es muy limitante. Por lo que los impactos descritos en esta	La presencia de humedales de almacenamiento tipo tranque, supone una matriz del paisaje fragmentada y alterada ecológicamente, y probablemente el humedal está cercana a faenas productivas

humedal, reduciendo su espejo de agua.	ficha son más graves para este tipo de ecosistema.	que requieren riego como cultivos u otros sistemas. Sin embargo, la vegetación de ribera presente en este tipo de ecosistemas, en territorios donde el agua es escasa, podría ser muy relevante a escala de paisaje, por lo que es importante evaluar el rol funcional como corredor biológico de la vegetación aledaña al humedal en cuestión.

ASPECTO AMBIENTAL	Extracción de la vegetación en el humedal	8
Potenciales impactos directos	• Pérdida de cobertura vegetal e individuos de flora hidrófila. • Cambio en la estructura de las formaciones de vegetación presentes. • Deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua. • Deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. • Deterioro de hábitat acuático y terrestre. • Fragmentación de ecosistema acuático y terrestre.	
Potenciales impactos en cadena	• Alteración de la flora y fauna por impactos en cascada sobre la red trófica.	

AECs AFECTADOS

(Simbología | **D:** afectación directa. **C:** afectación en cadena)

OP	**Agua**		**Suelo**	**Flora y Vegetación**	
AEC	Calidad del agua	Cantidad de agua	Calidad del suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila
Afec.	**D**		**D**	**D**	**D**

OP	**Fauna**				**Ecosistema**	
AEC	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidro.	Conectividad del paisaje
Afec.	**D**	**C**	**D**	**C**		**D**

Consideraciones para determinar el Área de Influencia (AI)

El AI debe considerar todos los espacios dentro del humedal en dónde se removerá la vegetación actual o bien será modificada en términos de su estructura y composición comunitaria. Este proceso puede ser iterativo, ya que la delimitación de "dentro del humedal" puede carecer de precisión, hasta que se realicen estudios en terreno. Los espacios de la obra en dónde se extraerá vegetación son todos aquellos que reciben algún acondicionamiento del terreno para realizar las faenas.

Los OP afectados directamente son el OP **agua**, OP **suelo**, y OP **flora y vegetación** y OP **ecosistema** a escala de paisaje. La extracción de vegetación dentro del humedal generará impactos directos sobre ciertos grupos de **fauna** de baja movilidad como los anfibios y peces. El AI debe considerar toda la superficie terrestre desde la cual se extrae la vegetación.

Dependiendo de la magnitud, extensión y duración del impacto, podrían verse impactados directamente los OP flora y vegetación, suelo y ecosistema, e indirectamente fauna. Lo anterior refuerza el criterio de considerar como AI la totalidad de la extensión del ecosistema de humedal.

A diferencia del AA “Extracción de vegetación *aledaño* al humedal”, en este caso el área de influencia se determina considerado que la calidad de agua recibirá un impacto directo, dado que la obra se ubica *dentro* del humedal.

Al extraer la vegetación dentro del humedal se pierde cobertura vegetal, alterando la composición y estructura comunitaria de la vegetación, alterando a su vez la composición del paisaje. Además, se altera el suelo hídrico.

La extracción de vegetación aledaña en el humedal está comúnmente vinculada a otros AA. Se sugiere revisar las fichas de los siguientes impactos:

- (2) Compactación del suelo del humedal
- (13) Impermeabilización del suelo aledaño.
- (14) Ingreso de especies domésticas asilvestradas
- (20) Movimiento de tierra aledaño o en el humedal.
- (21) Perturbación de suelo aledaño al humedal.
- (26) Uso de fertilizantes, pesticidas y herbicidas.

Consideraciones para describir los OP en el AI

Se deben describir los siguientes atributos en cada OP impactado por la extracción de vegetación dentro del humedal:

- **Agua**: Sólidos disueltos totales (TDS) y transparencia.
- **Flora y Vegetación**: Caracterizar para el atributo flora hidrófila su riqueza específica, abundancia total y específica, proporción o porcentaje de especies nativas/introducidas, presencia de especies en categoría de conservación, presencia de formaciones vegetales frágiles o escasas, índice de Braun-Blanquet.
- **Suelo**: Describir la composición o características del perfil del suelo en el área directa de afectación y en la franja de vegetación ribereña.
- **Ecosistema**: Para evaluar la conectividad del paisaje es necesario describir el tamaño y la forma de los parches de hábitat/vegetación, y la presencia de corredores biológicos.

Diversos grupos de fauna se verán afectados por impactos en cadena. Para describir este efecto producido por la extracción de vegetación dentro del humedal, considerar:

- **Fauna**: Describir la riqueza específica, abundancia total y específica, presencia de peces en categoría de conservación, y evidencia de reclutamiento. Sobre la comunidad de anfibios y reptiles, también se sugiere describir su riqueza específica, abundancia relativa, presencia de especies de anfibios y reptiles en categoría de conservación y evidencias de reclutamiento.

Lineamientos para identificar el impacto

Este impacto puede ocurrir en obras apertura de empréstito, durante la limpieza de terreno. También pueden ocurrir en la construcción de puentes y caminos, cuando incluyen actividades como la excavación para fundaciones de estribos y cepas; la formación y compactación de

terraplenes; así como en obras de conservación de cauce, al realizar conservación de alcantarillas; conservación de lechos y obras fluviales; construcción de accesos a puentes modulares de emergencia; revestimiento de riberas rebajes y canalizaciones; barreras estabilizadoras; mantención de red primaria de aguas lluvias; limpieza y conservación de cauces colectores.



Al centro de la imagen se puede registrar vegetación sumergida dentro del humedal (vegetación hidrófila) en una red de canales naturalizados. Fuente: Fotografía propia.

El impacto ambiental que puede significar la extracción de vegetación del humedal es muy variable, y depende del grado de intervención que se realice. Por ejemplo, si la intervención implica la remoción de vegetación hidrófila que se ha establecido en canales artificiales que son parte de una red primaria de agua lluvia, podría considerarse una alteración con bajo o nulo impacto en otros OP diferentes a flora y vegetación. Por otro lado, si la intervención implica la remoción de flora hidrófila en una parte considerable de un ecosistema natural con nula o baja intervención previa, podría existir afectaciones a otros OP.

Algunas especies de la vegetación hidrófila son anuales o bianuales, es decir, durante algunas épocas del año es imposible identificarlas, ya que pierden gran parte de sus órganos identificables. En este sentido, y sobre todo de tratarse de ecosistemas naturales, es importante realizar campañas de terreno durante primavera y verano, momento en que la mayoría –sino todas las especies– presentan sus órganos reproductivos (flores, frutos, semillas). Al no poder desarrollar esta metodología, se podría estar subvalorando la riqueza, abundancia, incluso presencia de alguna especie hidrófila en categoría de conservación.

Lineamientos para estimar y cuantificar el impacto

Para la estimación y cuantificación del impacto por extracción de la vegetación dentro del humedal se debe describir la presencia de especies y su cobertura porcentual, según una superficie estándar de 1 m^2 (método Braun-Blanquet). Además, es necesario describir la estructura y características del suelo del área de intervención, considerando la presencia de horizontes de suelo y cantidad de arcillas, limo, arena y materia orgánica presentes en cada uno.

A nivel de paisaje, es relevante describir a grandes rasgos las diversas comunidades vegetales ribereñas e hidrófilas que pueden existir en el humedal, el número y la forma de los diversos parches o comunidades vegetales, así como intentar identificar su rol como corredores biológicos (tránsito de organismos intra y entre parches).

Adicionalmente, se sugiere describir la comunidad de fauna acuática que habita el AI, con especial enfoque en aquellas especies que utilizan la flora hidrófila como refugio o para el desarrollo de sus actividades vitales (peces, anfibios y reptiles). En este sentido, es relevante identificar el número de especies por comunidad, su abundancia relativa, y si es que tienen alguna categoría de

conservación. Es útil en estos casos indagar sobre las especies que potencialmente puedan estar en el área, elaborando un listado de especies.

Criterios para evaluar la significancia del impacto

El impacto es significativo cuando se ven involucradas especies de flora o fauna en estado de conservación, o si en el área de intervención existe un plan de recuperación, conservación y gestión (RECOGE) de dichas especies.

Por otro lado, un impacto sobre el suelo es significativo cuando ocurre perdida de suelo o al perder su capacidad de sustentar biodiversidad dado el grado de erosión, degradación, impermeabilización o compactación. En este sentido, es importante descartar el cambio en los horizontes del suelo.

Se entenderá que existe un impacto significativo sobre el ecosistema cuando se altere su permanencia, regeneración o condiciones que hacen posible su desarrollo (Artículo 6° RSEIA). Con respecto a la extracción de la vegetación en el humedal, la evaluación requiere considerar:

- **Permanencia**: En este caso se puede asegurar que la extracción de vegetación aledaña al humedal suele ser permanente, ya que al igual que al extraer vegetación fuera del humedal, el área es reemplazada por obras permanentes como caminos, taludes, enrocados, entre otros.
- **Regeneración:** La capacidad de regeneración de la vegetación hidrófila dependerá de varios factores, pero en el general, respecto a obras viales y conservación de riberas esta extracción es permanente, por lo que en este contexto en particular no es posible la regeneración del recurso. Sin embargo, para este caso específico, puede darse la situación de limpieza o mantención de una red de agua lluvia o similar, donde la regeneración de la vegetación hidrófila es natural y común.
- **Condiciones que hacen posible la presencia y el desarrollo**: En este caso, se eliminan o disminuyen las condiciones que hacen posible el desarrollo de vegetación, y, además, las medidas de manejo posteriores al término de la obra, es el control y eliminación de la vegetación que logra regenerar.

Guías y/o criterios aplicables	Normativa pertinente
• Guía metodológica para la compensación de biodiversidad en ecosistemas terrestres y acuáticos continentales (SEA, 2022)	• Ley 21.660 Sobre Protección Ambiental De Las Turberas • Reglamento suelos, aguas y humedales (2010)

Lineamientos para diseñar medidas de mitigación, reparación o compensación

Se recomiendan especialmente medidas preventivas que permitan minimizar la extracción y/o deterioro de fauna en el humedal tales como delimitación física del humedal, delimitación de senderos, entre otros.

Por otro lado, cuando la extracción de flora se vincula a la fase constructiva se recomienda implementar medidas de reparación como la restauración ecológica.

Vinculación con Criterios Mínimos de Sustentabilidad Ley 21.202
Es necesario considerar el criterio que permite resguardar las características ecológicas y el funcionamiento de los humedales urbanos, así como el criterio que permite mantener el régimen hidrológico de los humedales urbanos. Específicamente se deberá propender a la mantención y/o restauración, según corresponda, de los componentes abióticos y bióticos del humedal, su composición, estructura y funcionamiento. Por otro lado, la extracción de vegetación podrá significar una pérdida de área de humedal, se deberá trabajar por conservar el área y con ello evitar la pérdida o disminución de la provisión de los servicios ecosistémicos.

Consideraciones en la evaluación de impactos para los humedales estadísticamente significativos	
Ribereños/ Río	**Palustres/ Permanentes**
La presencia de vegetación hidrófila en ecosistemas acuáticos ribereños suele ser escaza. En ella, la fauna y biota acuática ve un refugio, por lo que su extracción, en casos en que este tipo de vegetación sea escaza, puede ser de gran impacto para el ecosistema.	En humedales palustres, la extracción de vegetación hidrófila trae consigo la apertura del espejo del agua y la reducción de refugio para la biota acuática. En este sentido, es importante comprender el cambio relativo según la superficie total de flora hidrófila.

Palustres/ Turberas	**Palustres/ Andinos**	**Almacenamiento/ Tranque**
En humedales palustres, la extracción de vegetación hidrófila trae consigo la apertura del espejo del agua y la reducción de refugio para la biota acuática. En este sentido, es importante comprender el cambio relativo según la superficie total de flora hidrófila. Adicionalmente, en ecosistemas de turberas, la ley 21.660 restringe la extracción de turba.	La vegetación en humedales palustres andinos es muy escasa, y el desarrollo de suelo también es muy limitante. Por lo que los impactos descritos en esta ficha son más graves para este tipo de ecosistema.	La presencia de humedales de almacenamiento tipo tranque, supone una matriz del paisaje fragmentada y alterada ecológicamente. Sin embargo, la vegetación de ribera presente en este tipo de ecosistemas, en territorios donde el agua es escasa, podría ser muy relevante a escala de paisaje, por lo que es importante evaluar el rol funcional como corredor biológico de la vegetación aledaña al humedal en cuestión.

ASPECTO AMBIENTAL	Generación de fuentes de ignición	9
Potenciales impactos directos	• Pérdida de cobertura vegetal e individuos de flora hidrófila. • Cambio en la estructura de las formaciones de vegetación presentes. • Pérdida de individuos de fauna nativa por atropellos, heridas e intoxicación.	
Potenciales impactos en cadena	• Alteración del régimen de escurrimiento superficial. • Cambio en el patrón de infiltración o recarga. • Deterioro de las propiedades físicas del agua. • Deterioro de las propiedades físicas del suelo. • Fragmentación de ecosistema terrestre.	

AECs AFECTADOS

(Simbología | **D:** afectación directa. **C:** afectación en cadena)

OP	**Agua**		**Suelo**	**Flora y Vegetación**	
AEC	Calidad del agua	Cantidad de agua	Calidad del suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila
Afec.	**C**	**C**	**C**	**D**	**D**

OP	**Fauna**				**Ecosistema**	
AEC	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidro.	Conectividad del paisaje
Afec.		**D**	**D**	**D**		**C**

Consideraciones para determinar el Área de Influencia (AI)

Este impacto ocurre en **obras de tipo puente** que requieren la instalación de estructuras de acero y elementos con soldadura. El proceso de soldadura genera chispas a gran temperatura, lo suficientemente alta para iniciar un fuego bajo las condiciones apropiadas: una combinación entre fuente de calor, combustible y oxígeno. En el caso de obras MOP el combustible es la vegetación presente en el humedal. Esta vegetación puede encontrarse en mayor o menos grado de sequedad, siendo apta para la propagación del fuego. Se debe considerar la extensión y continuidad del combustible disponible.

El AI de este AA puede ser bastante controlada adoptando las medidas preventivas y de mitigación. Específicamente se describirá el AI con respecto al OP **flora y vegetación** y al OP **fauna** (específicamente, mamíferos, aves, anfibios y reptiles) La superficie potencialmente afectada por la probabilidad de incendios es aquella en donde existe cercanía de cobertura vegetal combustible con las fuentes de ignición. En este sentido, la ubicación de las faenas de la obra es determinante en cuanto a su emplazamiento cerca de la vegetación presente.

La definición de esta AI puede ser un proceso iterativo incorporando medidas que permitan reducir el área de exposición al riesgo de incendio. Sin embargo, en caso de que estas medidas requieran despeje de vegetación (cortafuegos) o pérdida de las condiciones que hacen posible el desarrollo

de la flora y fauna, entonces se debe considerar también dentro del AI, aquella superficie en la cual se elimina la vegetación presente.

El criterio de delimitación del AI para fauna es el área geográfica hasta donde el impacto no genera ninguna alteración sobre el OP fauna receptora, ya sea de forma fisiológica o conductual.

Para la delimitación del AI de este impacto se debe conocer tanto la interacción obra-humedal cómo las interacciones propias de la biota (relaciones ecológicas) y con el resto de los OP que son parte del humedal. La generación de fuentes de ignición está vinculada a todos los AA que involucren el uso de soldaduras y maquinaria que pudiera ocasionar chispas. Para describir el AI adecuadamente, es necesario, además, identificar los espacios de la obra en dónde se desarrollarán actividades de soldadura o generación de chispas y su cercanía con vegetación prexistente.

Consideraciones para describir los OP en el AI

La descripción del OP flora y vegetación se enfoca en aquellas características del OP que puedan proporcionar combustible y condiciones favorables para la propagación de incendios. Por otra parte, la descripción del OP fauna se enfoca en las características de las poblaciones de fauna que sería afectadas:

- **Flora y vegetación:** Describir la estructura de estratos de la vegetación con atributos como la composición comunitaria, la densidad de cada estrato y la continuidad en el paisaje de la vegetación. Describir con especial atención la presencia de especies con una estacionalidad marcada, como las especies arbóreas deciduas o las herbáceas anuales que proporcionan abundancia de combustible Considerar el contenido de humedad en el entorno. Por ejemplo, una zona geográfica más seca incluye vegetación que puede tener muy poca humedad, haciéndola más susceptible a la propagación de incendios.
- **Fauna:** Caracterizar la composición comunitaria y estructura de la fauna presente que depende del humedal y pueda verse afectada por incendios, especialmente mamíferos, aves, anfibios y reptiles. Identificar especies en categoría de conservación. Caracterizar patrones de uso del humedal y su distribución con respecto al humedal. Considerar especies locales y también migratorias. En el caso de aves y mamíferos que pueden ocupar el humedal para refugio, nidificación y crianza, que puedan ser afectados por eventuales incendios relacionados a la obra.

Lineamientos para identificar el impacto

Este impacto ocurre en obras de construcción y de conservación en las que se requiera soldar estructuras de acero. La literatura describe de diferentes manera el riesgo de incendios, pero en general considera tres factores: ignición, propagación y vulnerabilidad.

Se identifica un impacto de mayor riesgo en la probabilidad de incendios cuando se introducen acciones de la obra que producen chispas, cortocircuitos fallas eléctricas y derrame accidental de combustible.



Incendio producido por chispas que salpican desde trabajos de soldadura cerca de vegetación inflamable. Fuente: https://radiouniversal.cl/por-realizar-trabajos-de-soldadura-seria-el-responsable-de-incendio-en-lautaro/

Este impacto está relacionado directamente la presencia de caminos y de zonas pobladas ya que éstas constituyen vectores para ignición de incendios. Las obras MOP generan mayor tránsito de maquinaria y accesibilidad, lo que aumenta también la probabilidad de que ocurran incendios.

Lineamientos para estimar y cuantificar el impacto

Para estimar y cuantificar el impacto se pueden tomar métricas de superficie de vegetación en las condiciones de base previas a la obra. Combinado con trabajo de caracterización in situ de flora y vegetación, se delimitan zonas con vegetación que constituya un factor para la propagación de incendios. Para cuantificar el impacto también considerar la presencia de formaciones vegetacionales vulnerables o escasas a nivel nacional o la presencia de especies en categoría de conservación que podrían potencialmente ser afectadas por la ocurrencia de un incendio. Finalmente, el impacto será mayor cuando existe presencia de especies de fauna silvestre, particularmente aquellas clasificadas en alguna categoría de conservación.

Criterios para evaluar la significancia del impacto

Para evaluar la significancia del impacto de un incendio se puede mapear la modelación con índices de riesgo de incendios, los cuales son utilizados regularmente como herramientas técnicas. Los resultados permiten identificar zonas más vulnerables y por ende mayor significancia.

Se entenderá que existe un impacto significativo sobre el ecosistema cuando se altere su permanencia, regeneración o condiciones que hacen posible su desarrollo (Artículo 6° RSEIA). En el caso de la generación de fuentes de ignición de incendios, considerar:

- **Permanencia**: La permanencia dependerá de la flora y fauna presente y del tamaño de las poblaciones afectadas. Es posible que se pierdan individuos de una población local o incluso endémica. Por ejemplo, los incendios en la zona Central de Chile que afectaron el Parque Nacional La Campana, tuvo el impacto sobre palmas chilenas, individuos de una especie con poca distribución, muy lento crecimiento y cuya pérdida es permanente.
- **Regeneración**: Un ecosistema de humedal puede regenerarse luego de un incendio dependiendo de elementos biológicos como la presencia de propágulos y semillas. Esto estará condicionado por la flora hidrófila existentes previamente, de la intensidad y duración del incendio.

- **Condiciones que hacen posible la presencial y el desarrollo**: Al incendiarse la vegetación se alteran varias propiedades del suelo como la temperatura (por radiación solar) y nivel de saturación. También cambian las condiciones de sombra que hacen posible la regeneración de ciertas especies. Para evaluar el impacto se consideran las condiciones previas, priorizando las características sobre la "funcionalidad" del ecosistema que fueran deterioradas producto de un incendio (por ejemplo, la función de retención de agua).

Guías y/o criterios aplicables	Normativa pertinente
• Manual de Seguridad Contra Incendios (Cámara Chilena de la Construcción, 2014) • Manual de buenas prácticas en medidas prevención y mitigación contra incendios forestales (CONAF, 2022)	• Ley 28.283 Sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal.

Lineamientos para diseñar medidas de mitigación, reparación o compensación

Las medidas deben tener un enfoque preventivo y de mitigación, considerando distancias de cortafuegos y preparación (equipo y personal) ante accidentes que produzcan ignición local como contar con medidas para control de incendios. Se debe realizar un adecuado manejo del riesgo mediante el uso correcto de materiales y herramientas para soldar.

Vinculación con Criterios Mínimos de Sustentabilidad Ley 21.202

Para descartar la significancia del impacto o bien, para justificar el diseño de medidas, se deberá demostrar que se cumple con los criterios mínimos que permiten mantener la funcionalidad de los competentes bióticos y sus interacciones. Se deberán establecer criterios cuantitativos o cualitativos que permitan asegurar el resguardo de la flora y fauna contenida dentro del humedal.

Consideraciones en la evaluación de impactos para los humedales estadísticamente significativos

Ribereños/ Río	Palustres/ Permanentes
Los ríos suelen actuar como corredores biológicos para todo tipo de especies. En este caso, son de preocupación las especies de vegetación herbácea que pueden propagarse con mayor facilidad a lo largo de los corredores ribereños.	El ser zonas boscosas y arbustivas de gran humedad y saturación del suelo, hay menor probabilidad de propagación. En parches con vegetación seca o muerta puede ocurrir mayor propagación.

Palustres/ Turberas	Palustres/ Andinos	Almacenamiento/ Tranque
La alta concentración de agua retenida por la vegetación reduce el riesgo de incendio. Sin embargo, la propagación durante temporadas secas puede ser muy grave en intensidad y extensión.	Usualmente baja disponibilidad de combustible, tanto herbáceo como arbustivo, por lo que su pérdida resulta más grave para la integridad ecológica.	Suelen ser ambientes en los que ocurre la proliferación de vegetación herbácea (nativa y exóticas o "malezas"), por lo que se requiere un manejo y control regular.

ASPECTO AMBIENTAL	Generación de material particulado sedimentable	10
Potenciales impactos directos	• Deterioro las propiedades físicas del agua (aumento de turbidez y SST). • Deterioro de las propiedades físicas del suelo. • Pérdida de cobertura vegetal e individuos de flora hidrófila.	
Potenciales impactos en cadena	• Deterioro de las propiedades químicas y biológicas del agua. • Deterioro de las propiedades químicas y biológicas del suelo. • Alteración del flora y fauna por impactos en cascada sobre la red trófica.	

AECS AFECTADOS

(Simbología | **D:** afectación directa. **I:** afectación indirecta)

OP	**Agua**		**Suelo**	**Flora y Vegetación**	
AEC	Calidad del agua	Cantidad de agua	Calidad del suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila
Afec.	**D**		**D**		**D**

OP	**Fauna**				**Ecosistema**	
AEC	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidro.	Conectividad del paisaje
Afec.	**C**		**C**			

Consideraciones para determinar el Área de Influencia (AI)

La fase constructiva posee múltiples acciones que generan emisiones atmosféricas de material particulado sedimentable (MPS) el cual se podrá acumular en el **agua**, en la **flora y vegetación** y/o en el **suelo** del humedal. Las acciones que usualmente generan emisiones atmosféricas en la fase constructiva corresponden a escarpe, demolición, excavación, erosión del material acopiado, carguío y volteo de material, compactación del terreno, al tránsito de vehículos y maquinaria pesada y combustión de fuentes fijas. Es por ello, que al definir el AI se tiene que identificar en primera instancia, aquellas zonas donde se generará alguna de estas actividades.

Para los OP **agua**, **suelo** y **flora y vegetación** se debe definir la cercanía entre el humedal y las fuentes fijas y móviles de MPS. Se deberán considerar todas las zonas que podrán verse afectadas en base a un modelo de dispersión de MPS. El AI corresponderá entonces al área hasta dónde la presencia de MPS genera cambios en las propiedades del OP agua, quedando las zonas dónde los cambios sean imperceptibles fuera del AI. Notar que en humedales tipo río o de aguas corrientes, el MPS podrá ser arrastrado, este proceso también deberá ser considerado en la delimitación del AI.

Cabe destacar que la vegetación hidrófila también podrá verse afectada en cadena producto de la disminución de la actividad fotosintética, y por otro a la alteración de nutrientes en el suelo. La definición del AI de este OP se podrá realizar a través del mismo modelo de dispersión de partículas utilizado en el OP suelo y agua. Finalmente, para el caso de la fauna presente en el humedal que se pueda ver afectada por el deterioro de la vegetación y el posible deterioro del hábitat requerido

para sus necesidades básicas, el AI irá determinada en la misma línea de la afectación hacia la vegetación.

La generación de material particulado sedimentable ocurre en conjunto con otros AA, los cuales deberían ser complementados para la correcta delimitación del AI. Se sugiere revisar las fichas de los siguientes impactos:

- (1) Aumento del tránsito vehicular.
- (2) Compactación del suelo del humedal.
- (20) Movimiento de tierra aledaño o en el humedal.
- (21) Perturbación de suelo aledaño al humedal.

Consideraciones para describir los OP en el AI

Los OP afectados directamente corresponden al **agua** (calidad), el **suelo y** la **flora y vegetación.** Tanto el agua como el suelo corresponden a atributos estructurantes por lo que también se deberá definir el AI para los OP alterados por efectos en cadena como la **flora** y **fauna** según sea pertinente. Considerar para cada OP:

- **Agua:** Describir calidad del agua superficial, considerando la estacionalidad, sedimentos y la estacionalidad y variabilidad de los parámetros fisicoquímicos, específicamente SST y transparencia. De ser necesario se podrá delimitar la cuenca, y considerar cuerpos y cursos de agua y su relación con partes y obras del proyecto.
- **Suelo:** Determinar la calidad del suelo a través de un análisis multiparamétrico a fin de caracterizar las propiedades fisicoquímicas, así como también las características nutricionales de este que logran dar sustento a la vegetación presente en la zona.
- **Flora:** Presencia de flora hidrófila. Identificar especies en categoría de conservación y aquellas que cumplan con un rol de refugio y alimento. Considerar también especies sumergidas vulnerables al aporte de sedimentos y cambios en la penetración de luz.

Por otro lado, para el OP **fauna** afectado en cadena por potenciales cambios en el suelo, agua y flora, se debe identificar y clasificar las especies presentes en el AI, indicando su abundancia, distribución y estado de conservación. Además, se debe determinar la presencia de especies que dependan de la composición de un hábitat, que podría verse afectado por la alteración de vegetación y cambios en las propiedades del suelo y agua.

Lineamientos para identificar el impacto

El impacto sobre el agua, suelo y flora producto de la generación de MPS existe en la medida que las acciones que emiten emisiones atmosféricas (escarpe, demolición, excavación, erosión del material acopiado, carguío y volteo de material, compactación del terreno, al tránsito de vehículos y maquinaria pesada y combustión de fuentes fijas) están lo suficientemente cerca para que las emisiones atmosféricas sedimenten sobre los OP.

Se recomienda implementar un modelo atmosférico de dispersión gaussiana a fin de determinar el movimiento de las partículas en base a condiciones propias del momento y lugar, como condiciones meteorológicas, topografía del lugar, entre otras variables. Con lo anterior será posible predecir el

comportamiento de las emisiones de MPS, su correspondiente dispersión atmosférica y posibilidad de sedimentar sobre cuerpos de agua, suelo y vegetación ribereña e hidrófita. Se debe especificar la fase del proyecto en la cual serán generados los impactos, el nivel de actividad (considerando horarios, horas de emisión, tiempo total de emisión), frecuencia de emisión, y cantidad de fuentes de emisión. Todo lo ya mencionado, en las condiciones meteorológicas (viento y estabilidad atmosférica) más desfavorables. En este ámbito, la estación del año en la que se ejecute la obra y la ubicación geográfica de esta misma, serán un factor clave para determinar el grado en que se puede generar el impacto, dado que, con humedad atmosférica o precipitaciones, la dispersión del MPS será menor.

Lineamientos para estimar y cuantificar el impacto

La cuantificación del impacto consta de dos etapas, en primer lugar, la estimación de emisiones de MPS y luego la modelación atmosférica del MPS. Para la estimación de emisiones se deberán identificar las actividades que generan MPS y su respectivo cronograma para después calcular las emisiones en base a fórmulas de factores de emisión de referencia. Para la modelación atmosférica, se debe considerar la utilización de un modelo de dispersión gaussiano para la predicción del movimiento de las partículas desde las fuentes generadoras hacia los OP. En la modelación atmosférica se deberán considerar las condiciones más desfavorables de viento y estabilidad atmosférica.

Adicionalmente se recomienda realizar un monitoreo de la calidad de las aguas antes de la ejecución de los trabajos, a fin de ser comparado eventualmente con la calidad de las aguas post ejecución de obras. Se deben comparar las concentraciones y situaciones de la calidad del agua con las existentes antes de la ejecución del proyecto y con la condición más desfavorable. En caso de existir Norma Secundaria de Calidad del agua, se deberán considerar los parámetros allí expuestos, en caso contrario el titular deberá establecer rangos aceptables justificados técnicamente.

Criterios para evaluar la significancia del impacto

De forma general se estará en presencia de impactos significativos generados sobre la vegetación, cuando se vea alterada la capacidad de regeneración de la vegetación ribereña y flora hidrófila. Cuando se trate del OP suelo y agua, se estará en presencia de impactos significativos cuando se ve alterado el criterio de condición al alterarse el estado que hace posible la evolución y desarrollo de la estructura vegetal y el medio de sustento de la fauna. Se deberá poner atención en los recursos escasos, únicos y representativos del país.

Notar que en Chile no existen normas primarias o secundarias de calidad asociadas al MPS por lo que el titular deberá utilizar normas de referencia tales como la norma "*Ordinance on Air Pollution Control (OAPC)* de la Confederación Suiza (1985).

Por último, para la evaluación del impacto se debe poner énfasis en el criterio duración del impacto, esto ya que por lo general las emisiones atmosféricas más intensas se concentran en la fase de construcción.

Se entenderá que existe un impacto significativo sobre el ecosistema cuando se altere su permanencia, regeneración o condiciones que hacen posible su desarrollo (Artículo 6° RSEIA). Con respecto a la generación de material particulado sedimentable, la evaluación requiere considerar:

- **Permanencia**: Se considera que se verá afectada la permanencia de los OP peces y anfibios y reptiles, cuando producto de ingreso de material particulado sedimentable del humedal, se vean alteradas las condiciones del hábitat de estos OP.
- **Regeneración**: Al verse afectaos los procesos fotosintéticos de la flora hidrófila, se verá afectada en consecuencia la capacidad de regeneración de este OP.
- **Condiciones que hacen posible la presencia y el desarrollo**: Se verá afectado el OP flora hidrófila, cuando producto de la sedimentación de material particulado se vean alterados procesos fotosintéticos de la flora hidrófila del humedal, generando con ello cambios en la composición de este OP.

Guías y/o criterios aplicables	Normativa pertinente
• Criterio de evaluación en el SEIA: Contenidos técnicos para la evaluación ambiental del recurso hídrico. • Guía para el uso de modelos de calidad de aire en SEIA 2023.	• Artículo 37 de la Ley N°19.300, las especies clasificadas pueden tener vigentes planes de recuperación, conservación y gestión, los cuales deben ser compatibles con las obras y acciones propuestas por el proyecto. • Artículo 6 del Reglamento del SEIA - Efecto adverso significativo sobre recursos naturales renovables. - a) La pérdida de suelo o de su capacidad para sustentar biodiversidad por degradación, erosión, impermeabilización, compactación o presencia de contaminantes. - c) La magnitud y duración del impacto del proyecto o actividad sobre el suelo, agua o aire en relación con la condición de línea de base. - d) La superación de los valores de las concentraciones establecidos en las normas secundarias de calidad ambiental vigentes o el aumento o disminución significativos, según corresponda, de la concentración por sobre los límites establecidos en éstas. A falta de tales normas, se utilizarán como referencia las normas vigentes en los Estados que se señalan en el artículo 11 del presente Reglamento. En caso de que no sea posible evaluar el efecto adverso de acuerdo con lo anterior, se considerará la magnitud y duración del efecto generado sobre la biota por el proyecto o actividad y

	su relación con la condición de línea de base.

Lineamientos para diseñar medidas de mitigación, reparación o compensación

En primera instancia, se recomienda priorizar medidas de mitigación para evitar la generación de MPS, a través de estrategias como riego, estabilización química o reducción de la velocidad en el tránsito de vehículos. En caso de no ser posible lo anterior, es recomendado implementar medidas en línea con evitar que el material particulado llegue a cuerpos de agua, vegetación y suelo del humedal tales como barreras de viento.

En cuanto a las medidas de restauración y/o compensación se deberá poner el foco en mantener la capacidad para sustentar biodiversidad del humedal con respecto a la condición actual.

Vinculación con Criterios Mínimos de Sustentabilidad Ley 21.202

A fin de asegurar estar en línea con las medidas necesarias para garantizar los criterios mínimos de sustentabilidad, se deberá demostrar la conservación, protección y/o restauración de las características ecológicas del humedal. Lo anterior, considerando acciones para mantener y/o recuperar las características ecológicas del humedal, controlando las amenazas físicas, químicas y biológicas que puedan perturbar las mismas, con énfasis en la preservación de las especies de flora amenazadas; así como el monitoreo de la efectividad de las medidas implementadas. Del mismo modo se debe asegurar la mantención de los OP estructurantes que dan sustento a la existencia de flora y fauna en el humedal.

Consideraciones en la evaluación de impactos para los humedales estadísticamente significativos

Ribereños/ Río	**Palustres/ Permanentes**
Dado que el caudal de los ríos se compone por una porción de caudal líquido y otra de caudal sólido que incluye sedimentos de diferentes tamaños, siendo ambos importantes para sostener el equilibrio físico, químico y biológico de los ríos, es que un aumento de sedimentos ajeno al comportamiento normal del río, podrá afectar la calidad de las aguas y eventualmente la morfología del cauce.	Humedales palustres permanentes en general corresponden a cuerpos de agua poco profundos con velocidades de flujo muy bajas lo que los hacen altamente vulnerables al MPS. Debido a las bajas velocidades el impacto por lo general será más local esto debido al bajo potencial de arrastre. Lo anterior puede traducirse en la acumulación de una cantidad significativa de sedimentos sobre la vegetación acuática, la cual abunda por la baja profundidad de estos cuerpos de agua. Esto repercutirá en toda la cadena trófica del humedal.

Palustres/ Turberas	**Palustres/ Andinos**	**Almacenamiento/ Tranque**
El suelo está compuesto por una matriz sedimentaria con materia orgánica en diferentes niveles de descomposición. Mediante el proceso de	El balance hídrico en este tipo de humedal está dominado por la evaporación y la recarga de acuíferos, lo cual genera condiciones de calidad de	Dado que los tranques son un tipo de humedal construido cuya función es el almacenamiento de aguas lluvias para el uso

fotosíntesis, la vegetación asimila dióxido de carbono (CO_2) el cual es transformado en estructuras vegetales. Ambas características de estos humedales mencionadas con anterioridad se verían afectadas por la presencia de material particulado.	agua con alta concentración de sales y por ende condiciones químicas específicas. La posible generación de material particulado podría alterar las condiciones químicas específicas de este tipo de humedal, alterando las condiciones habituales de este ecosistema.	principalmente en agricultura, es que el vertimiento de sedimentos y contaminantes genera potenciales riesgos en la calidad del agua utilizada para este fin.

ASPECTO AMBIENTAL	Generación de ruido	11

Potenciales impactos directos	• Perturbación de patrones de comportamiento de fauna (Modificaciones conductuales - Cambio en el comportamiento vocal). • Cambio en la composición comunitaria de fauna (Migración de poblaciones). • Daños fisiológicos directos (Pérdida de audición, desplazamiento del umbral de audición, tensión, cambios metabólicos y hormonales)
Potenciales impactos en cadena	• Perturbación de patrones de comportamiento de fauna (Disminución del éxito reproductivo).

AECS AFECTADOS

(Simbología | **D:** afectación directa. **C:** afectación en cadena)

OP	**Agua**		**Suelo**	**Flora y Vegetación**	
AEC	Calidad del agua	Cantidad de agua	Calidad del suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila
Afec.					

OP	**Fauna**				**Ecosistema**	
AEC	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidro.	Conectividad del paisaje
Afec.	**D**	**D**	**D**	**D**		

Consideraciones para determinar el Área de Influencia (AI)

El AI estará determinada por **el máximo alcance de las emisiones de ruido y su interacción con la fauna receptora**. Se debe determinar en primera instancia la extensión geográfica en donde se identifique una diferencia entre los niveles estimados de ruido con proyecto o actividad (escenario de mayor exposición a ruido, incluyendo pulsos únicos y explosiones, y las ubicaciones de fuentes más cercanas a las áreas potencialmente afectadas) y el **nivel de ruido de fondo representativo y característico** del entorno donde se concentre fauna asociada a hábitats de relevancia para su nidificación, reproducción o alimentación. En ambientes acuáticos se debe considerar la profundidad de la columna de agua, como las zonas terrestres y aéreas asociadas al ecosistema de humedal. Una vez delimitada el AI, esta se debe describir en función de los hábitats de relevancia (sitios de relevancia para su nidificación, reproducción o alimentación o cualquier área colocada bajo protección oficial) identificados en su interior susceptibles de recibir las emisiones de ruido.

Para determinar el ruido de fondo y representativo de los hábitats de relevancia:

- Las mediciones deberán realizarse en las **épocas de mayor sensibilidad** para las especies en relación con su abundancia o éxito reproductivo y en las cuales sea prevista una coincidencia con las actividades del proyecto.
- Se debe considerar la **condición más desfavorable**, es decir, en los períodos y condiciones de menores niveles de ruido de fondo. Se deberá medir en condiciones de baja velocidad de viento, ausencia de lluvia y fuentes de ruido inusuales.

Consideraciones para describir los OP en el AI

El objeto de protección es la **fauna**, específicamente el **hábitat de relevancia para la nidificación, reproducción o alimentación en donde se concentre fauna nativa**.

- Caracterización de las especies que componen los hábitats de relevancia (grupo taxonómico, grado de movilidad, potencial presencia de especies migratorias, períodos reproductivos, rango de frecuencia auditivo, abundancia, entre otros).
- Distancia desde el contorno más cercano de los receptores hasta el polígono representativo del proyecto y sus fuentes de ruido.
- Descripción de elementos naturales que pudieran generar atenuación o enmascaramiento de los niveles de ruido (por ejemplo, cuerpos de agua, inestabilidad de la atmósfera e interacción con alta densidad de follaje, relieve el terreno, entre otros).

Polígono de la extensión de las áreas representativas de los receptores en planos a escala adecuada en formato kmz o shp.

Lineamientos para identificar el impacto

Se deberá considerar en todo momento la diferencia entre los niveles de ruido con proyecto y el nivel de ruido de fondo representativo y característico del entorno.

Se deberán utilizar los modelos de predicción señalados en la Guía para la Predicción y Evaluación de Impactos por Ruido y Vibración en el SEIA, (SEA, 2019).

La predicción de impactos deberá considerar:

- Los niveles de ruido proyectados sobre el área representativa de los receptores para la condición con proyecto, en cada una de sus fases.
- Representación cartográfica de los niveles de ruido estimados (mapa de ruido), a objeto de visualizar la propagación de los niveles de ruido hacia los hábitats de relevancia identificados. Las isolíneas deberán representar el nivel de presión sonora en decibeles (dB).

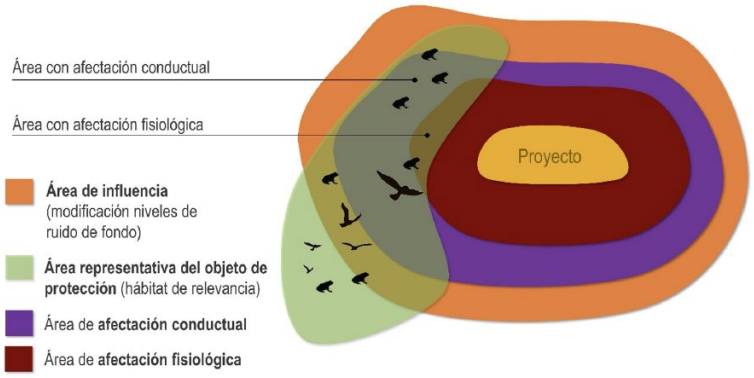
Lineamientos para estimar y cuantificar el impacto

Se deberá considerar la diferencia de niveles de ruido que genera el proyecto, en términos relativos al nivel inicial presente en el área de influencia.

Con el objetivo de evaluar si los impactos identificados y estimados son significativos, los niveles de ruido estimados deberán compararse con umbrales de afectación específicos para cada especie.

- Los umbrales de referencia serán específicos y diferenciados por cada especie objetivo, o en caso de no disponer de esta información, se deberá considerar el umbral correspondiente al respectivo grupo taxonómico.
- Los umbrales de afectación sobre fauna podrían variar según las fuentes de ruido o actividades (ruido de construcción, tránsito vehicular, entre otros). Se deberá esclarecer a qué tipo de fuentes de ruido corresponde el umbral de referencia (continuas, impulsivas o intermitentes).
- Se deberán establecer y distinguir umbrales según estén asociados a la generación de efectos fisiológicos y efectos conductuales, y cómo se relacionan con alteraciones o pérdida del hábitat de relevancia.

Se deberá determinar y representar cartográficamente el área geográfica en torno al proyecto donde se superan los umbrales asociados a efectos fisiológicos y a efectos conductuales, definidos para cada especie. Estas áreas se considerarán como “áreas de afectación” y su alcance geográfico deberá ser contrastado con las áreas donde se ubican los receptores.



Esquema completo para la predicción y evaluación de impactos por ruido. Fuente: SEA (2022)

Criterios para evaluar la significancia del impacto

Cuando los receptores presenten un nivel de exposición a ruido superior a los umbrales de afectación para efectos fisiológicos, ya sea como especie o grupo taxonómico según la información disponible, se considerará que el impacto ocasionado es significativo.

Cuando los receptores presenten un nivel de exposición a ruido que supere los umbrales de referencia asociados a efectos conductuales, deberá evaluarse la significancia del impacto sobre las especies evaluadas en función de lo señalado en el artículo 6° del Reglamento del SEIA:

- Afectación de la permanencia del recurso, en este caso, fauna nativa.
- Alteración de la capacidad de regeneración o renovación del recurso.
- Alteración de las condiciones que hacen posible la presencia y desarrollo de las especies y ecosistemas, con especial énfasis en aquellos recursos propios del país que sean escasos, únicos y representativos.

Guías y/o criterios aplicables	Normativa pertinente
• Guía para la predicción y evaluación de impactos por ruido y vibración en el SEIA (SEA, 2019). • Criterio de Evaluación en el SEIA: Evaluación de impactos por ruido sobre fauna nativa (SEA, 2022). • Criterio de evaluación en el SEIA: Predicción y evaluación de impactos por ruido submarino (SEA, 2022)	• Art 6° del Reglamento del SEIA: e) La diferencia entre los niveles estimados de ruido con proyecto o actividad y el nivel de ruido de fondo representativo y característico del entorno donde se concentre fauna nativa asociada a hábitats de relevancia para su nidificación, reproducción o alimentación. • DS N°38/11 - Norma de emisión de ruido • ISO 9613

Lineamientos para diseñar medidas de mitigación, reparación o compensación
Se debe indicar el tipo de control de ruido a implementar, especificando, cuando corresponda, material constructivo, dimensiones, forma y ubicación respecto a la fuente o al receptor (especialmente distancias y alturas relativas). Se deben incluir datos que sustenten la pérdida por inserción o reducción de los niveles de ruido una vez realizada la medida, tales como densidad superficial, factor de pérdida, módulo de Young, atenuación por bandas de frecuencia, o cualquier otra característica que defina y justifique el rendimiento de cada medida de control adoptada.
Vinculación con Criterios Mínimos de Sustentabilidad Ley 21.202
Para descartar la significancia del impacto o bien, para justificar el diseño de medidas, se deberá demostrar que se cumple con los criterios mínimos que permiten resguardar las características ecológicas y el funcionamiento de los humedales urbanos. Específicamente se deberá propender mantener la composición, estructura y funcionamiento de la fauna nativa que habita el humedal y evitar la fragmentación de hábitats por emisión de ruido.
Consideraciones en la evaluación de impactos para los humedales estadísticamente significativos

Ribereños/ Río	Palustres/ Permanentes
En general existe vegetación ribereña que actúa como barrera atenuadora del ruido.	Comúnmente son hábitat de nidificación de aves, se deberá poner atención a los ciclos reproductivos y a la presencia de especies migratorias.

Palustres/ Turberas	Palustres/ Andinos	Almacenamiento/ Tranque
Existe deficiencia de información sobre la fauna que habita esto ecosistemas. En general depende de la existencia de hábitats aledaños como bosques.	En general no existe vegetación ribereña que actúe como barrera atenuadora por lo que son sistemas vulnerables al ruido. Poner especial atención en presencia de especies de aves migratorias y sus ciclos reproductivos.	En general no existe vegetación ribereña que actúe como barrera atenuadora por lo que son sistemas vulnerables al ruido. En zonas agrícolas o urbanas pueden cumplir un rol relevante en cuanto a hábitat y refugio de aves, mamíferos y anfibios.

ASPECTO AMBIENTAL	Generación y mala gestión de residuos sólidos	12
Potenciales impactos directos	• Deterioro de hábitat acuático y/o terrestre para flora y/o fauna • Pérdida de individuos de fauna nativa producto de heridas.	
Potenciales impactos en cadena		

AECS AFECTADOS

(Simbología | **D:** afectación directa. **C:** afectación en cadena)

OP	**Agua**		**Suelo**	**Flora y Vegetación**	
AEC	Calidad del agua	Cantidad de agua	Calidad del suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila
Afec.					

OP	**Fauna**				**Ecosistema**	
AEC	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidro.	Conectividad del paisaje
Afec.	**D**	**D**	**D**	**D**		

Consideraciones para determinar el Área de Influencia (AI)

La generación y mala gestión de residuos sólidos se debe principalmente a aquellos domiciliarios (RSD) que son producidos por los trabajadores de la obra en la instalación de faenas, oficinas administrativas, bodegas y la misma obra, así como también por aquellas actividades de demolición de estructuras y limpieza de vegetación que dan origen a residuos de la construcción y demolición (RCD). El problema surge cuando estos residuos no son almacenados de manera correcta previo a su disposición final, pudiendo generarse dispersión de ellos a través de condiciones climáticas extremas o por la presencia de fauna doméstica de libre circulación. Frente a esta situación, puede verse afectada la fauna acuática del humedal, así como también la fauna terrestre que hace uso del humedal, pudiendo generarse atrapamientos en los residuos e ingesta de estos. Adicionalmente, los RSD podrán atraer fauna doméstica de libre circulación por lo que se recomienda revisar la ficha (14).

Por consiguiente, al momento de definir el AI para el OP fauna se debe determinar la cercanía de los sectores de acopio o almacenamiento de estos residuos hacia humedales y zonas protegidas, estableciendo la probabilidad de dispersión por acción de fauna doméstica o condiciones climáticas extremas de lluvia y viento. El AI quedará determinada por el área de mayor probabilidad de dispersión de residuos.

Es importante tener en cuenta el tipo de residuo que será generado, ya que el potencial impacto dependerá directamente de la composición de este. Además, se deben establecer los volúmenes generados de residuos y su frecuencia de retiro.

Consideraciones para describir los OP en el AI

Para el OP **fauna**, se deberá determinar la riqueza y abundancia de especies al mismo tiempo que sus patrones de distribución y uso del hábitat. A modo general, se deberá determinar el grado de

urbanización del entorno, ya un área más urbanizada trae consigo mayor probabilidad de dispersión de residuos.

Lineamientos para identificar el impacto

A fin de identificar el impacto de generación y mala gestión de residuos sólidos, se debe tener en consideración aquellos puntos en los cuales serán generados y almacenados, además del tipo de residuo del que se trate. Con frecuencia en zonas de instalación de faenas u oficinas administrativas, son generados RSD y su disposición final es llevada a cabo a través de camiones municipales. Por otro lado, se generan RCD cuando se hace necesario el retiro de una estructura, la demolición de partes de la obra o excedentes de la ejecución de los trabajos. Para tal caso, se debe tener claridad de aquellos sectores de la obra en los cuales van a ser generados, el sector de acopio temporal de estos y finalmente la programación de su disposición final. Estos parámetros mencionados recientemente, sobre la modalidad de almacenamiento y frecuencia de retiro, serán fundamentales al momento de estimar el posible impacto que los residuos podrían generar dentro del AI, dado que un almacenamiento efectivo y un retiro frecuente otorgará una menor probabilidad de dispersión.

El impacto va a ser generado cuando los residuos sólidos mencionados con anterioridad se dispersen por el área y estos lleguen al humedal o cursos de agua de interés y su fauna característica, ya sea producto de las condiciones climáticas o por acción de fauna doméstica de libre circulación.



Presencia de residuos sólidos domiciliarios en obra dispersados en la zona. Fuente: Elaboración propia.

Lineamientos para estimar y cuantificar el impacto

Para cuantificar el impacto de generación de residuos sólidos, se deberá en primera instancia proyectar el volumen de residuos generados en conjunto con la frecuencia tanto de generación como de retiro. Al mismo tiempo se debe tener en cuenta las variables topográficas y climáticas del lugar a fin de determinar la probabilidad de dispersión de estos debido a las condiciones climáticas.

Por otro lado, la magnitud de este impacto dependerá fundamentalmente de las medidas que sean implementadas al momento de almacenar residuos, así como la cercanía al humedal de interés y sus componentes ambientales.

Criterios para evaluar la significancia del impacto

Se definirá que existe un impacto significativo sobre el OP fauna cuando se ve alterada su permanencia producto de la alteración de las condiciones que hacen posible la presencia y desarrollo de las especies nativas. En este caso debido a presencia de residuos sólidos en el humedal. Lo anterior conlleva a potenciales situaciones de atrapamientos y posibilidad de ingesta de residuos para las especies nativas.

Guías y/o criterios aplicables	Normativa pertinente
• Criterio de evaluación en el SEIA: Alcances y principios metodológicos para la evaluación de los impactos ambientales. • Guía para la evaluación de impacto ambiental de la fase de construcción de proyectos. • Manual de Planes de manejo ambiental para obras concesionadas. Dirección general de concesiones MOP.	• Artículo 5º. Ley 20.920.- Obligaciones de los generadores de residuos. Todo generador de residuos deberá entregarlos a un gestor autorizado para su tratamiento, de acuerdo con la normativa vigente, salvo que proceda a manejarlos por sí mismo en conformidad al artículo siguiente. El almacenamiento de tales residuos deberá igualmente cumplir con la normativa vigente. Los residuos sólidos domiciliarios y asimilables deberán ser entregados a la municipalidad correspondiente o a un gestor autorizado para su manejo. Artículo 6. Dto 40.- Efecto adverso significativo sobre recursos naturales renovables. "El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad genera o presenta efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire." Se entenderá que el proyecto o actividad genera un efecto adverso significativo sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire si, como consecuencia de la extracción de estos recursos; el emplazamiento de sus partes, obras o acciones; o sus emisiones, efluentes o residuos, se afecta la permanencia del recurso, asociada a su disponibilidad, utilización y aprovechamiento racional futuro; se altera la capacidad de regeneración o renovación del recurso; o bien, se alteran las condiciones que hacen posible la presencia y desarrollo de las especies y ecosistemas.
Lineamientos para diseñar medidas de mitigación, reparación o compensación	
Las medidas implementadas deberán ir enfocadas la correcta gestión de los residuos. Existen diversas medidas para evitar este impacto, dependiendo su efectividad directamente del almacenamiento temporal de los residuos desde su generación hasta su disposición final. Es por ello por lo que se deben tener en cuenta para este fin las condiciones climáticas de la zona, así	

como la fauna doméstica del lugar, con el objetivo de minimizar al máximo las probabilidades de la dispersión de residuos.

Vinculación con Criterios Mínimos de Sustentabilidad Ley 21.202

Se deberá propender a la mantención y/o restauración, según corresponda, de los componentes abióticos y bióticos del humedal, su composición, estructura y funcionamiento. Lo anterior, considerando acciones para mantener y/o recuperar las características ecológicas del humedal, controlar las amenazas físicas, químicas y biológicas que puedan perturbar las mismas, con énfasis en la preservación de las especies de flora y fauna amenazadas; así como el monitoreo de la efectividad de las medidas implementadas.

Consideraciones en la evaluación de impactos para los humedales estadísticamente significativos

Para los cinco tipos de humedales significativos, es decir ribereños/ río, palustres/ permanentes, palustres/ turberas, palustres/ andinos y almacenamiento/ tranque, el impacto generado por la dispersión de residuos sólidos será similar, siendo principalmente este el atrapamiento de la fauna acuática y terrestre del humedal y la posible ingesta de plásticos por parte de la misma.

Nota: *La generación y disposición de residuos sólidos es un tema de gestión ambiental para el cual se hace necesaria la implementación de un plan de manejo de residuos de la construcción, lo cual es fiscalizado por la propia inspección fiscal de la obra. Para ambos residuos (RSD y RDC) se debe registrar su trazabilidad desde el origen hasta su disposición final a fin de obtener un manejo adecuado de ellos. Es considerado que, presentando las medidas adecuadas de manejo, el impacto producto de la generación de estos residuos, debería ser mínimo o nulo por lo que se podrá evitar su evaluación en el SEIA.*

ASPECTO AMBIENTAL	Impermeabilización del suelo aledaño	13
Potenciales impactos directos	• Alteración del régimen de escurrimiento superficial (aumento de caudales máximos, disminución del tiempo de respuesta y aumento del volumen escurrido). • Cambio en el patrón de infiltración o recarga.	
Potenciales impactos en cadena	• Alteración de procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimentos. • Deterioro en las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua (arrastre y acumulación de contaminantes acumulados). • Deterioro en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. • Deterioro del hábitat acuático para flora.	

AECS AFECTADOS

(Simbología | **D:** afectación directa. **C:** afectación en cadena)

OP	Agua		Suelo	Flora y Vegetación	
AEC	Calidad del agua	Cantidad de agua	Calidad del suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila
Afec.	**C**	**D**	**C**		**C**

OP	Fauna				Ecosistema	
AEC	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidro.	Conectividad del paisaje
Afec.					**C**	

Consideraciones para determinar el Área de Influencia (AI)

Incluir todos los espacios del proyecto donde exista impermeabilización del suelo o bien una alta compactación que disminuirá las tasas de infiltración y por ende, aumentará el caudal máximo escurrido, el volumen total escurrido y disminuirá la recarga a la napa freática. Se debe evaluar qué partes de la obra forman parte de la cuenca aportante al humedal y por ende, su impermeabilización podría impactar en el régimen hidrológico de este. Además, se deberá identificar si existen puntos de descargas lluvias hacia el humedal de interés mediante colectores u otros elementos.

En cuanto al humedal receptor de la escorrentía, considerar todos los espacios donde se generen cambios en la cantidad y temporalidad del agua. Notar que el aporte de escorrentía a mayor velocidad podrá activar procesos erosivos. Además, en las zonas impermeables se acumulan contaminantes que podrán ser arrastrados por la escorrentía superficial hasta el humedal. Todas las zonas donde podrán cambiar los parámetros fisicoquímicos del agua deberán ser incorporados dentro del AI.

La impermeabilización del suelo se asocia también con los AA:

- (7) Extracción de vegetación aledaña al humedal.
- (21) Perturbación del suelo aledaño al humedal.

Se recomienda revisar su ficha para la determinación del AI de otros OP impactados.

Consideraciones para describir los OP en el AI

El OP alterado corresponde al **agua**, específicamente a su cantidad y temporalidad. Aun así, al ser un atributo estructurante repercute en otros atributos como el suelo, la biota y la conectividad hidrogeomorfológica.

Se requiere conocer el régimen hidrológico actual del humedal receptor. Esto significa conocer el régimen de caudales, área inundable, u otra variable de interés en un amplio rango de condiciones. Esto considera condiciones poco frecuentes frente a tormentas menores y mayores, pero también requiere conocer el comportamiento del humedal en sus condiciones más frecuentes con el fin de caracterizar la estacionalidad de este.

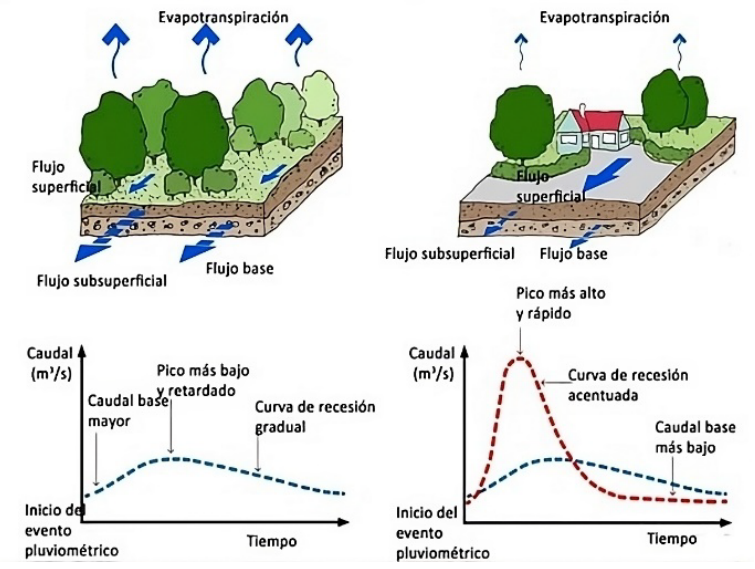
Por otro lado, se requiere conocer la respuesta hidrológica de la cuenca aportante o bien, de la porción de interés de esta donde se proyectan cambios en su uso de suelo. Esto con el fin de evaluar el cambio en el régimen hidrológico introducido por la impermeabilización.

En cuanto a la biota existente en el humedal se deberán conocer sus requerimientos hidrológicos en cuanto a cantidad, temporalidad, duración y frecuencia de saturación.

Lineamientos para identificar el impacto

La impermeabilización de un sector aledaño al humedal tiene impactos en el régimen hidrológico de un cuerpo de agua si es que el sector intervenido se encuentra aguas arriba de este, es decir, si se ubica dentro de la cuenca aportante del cuerpo de agua.

Para predecir el impacto se podrá construir un modelo numérico que simule procesos de lluvia-escorrentía en los escenario previo y post desarrollo del proyecto. El modelo deberá incluir al menos, toda el área de la cuenca que presente cambios en el uso de suelo producto del proyecto. Para predecir el impacto se deberán estimar los cambios en la respuesta hidrológica del sector de interés. Se deberá poner especial atención en los caudales máximos, tiempos de respuesta y volumen total escurrido/infiltrado. Por otro lado, se deberán estudiar los cambios en los flujos bajos y frecuentes que sustentan la biota del humedal en un periodo extenso.



Impactos esperados en la respuesta hidrológica producto de la impermeabilización. Fuente: https://www.iagua.es/

Lineamientos para estimar y cuantificar el impacto
La evaluación del impacto debe hacerse en función del cambio en la respuesta hidrológica introducida por el proyecto. Se recomienda adoptar un enfoque integral y considerar, además, los cambios que pueden generar sobre la biota que habita en el humedal. Se deberán establecer rangos en base a la variabilidad natural del régimen hidrológico, que permitan el sustento de la biota en su condición natural o actual. El titular deberá proponer rangos aceptables y debidamente justificados.
Criterios para evaluar la significancia del impacto
De forma general para evaluar la significancia del impacto se debe estudiar si los cambios introducidos en el régimen hidrológico implican: • **Permanencia**: Se deberá estudiar el cumplimiento de los criterios mínimos que permiten mantener el régimen hidrológico superficial y subterráneo (DS 15 Ley 21.202) mediante criterios cuantitativos o cualitativos justificables • **Regeneración**: El impacto de la impermeabilización tiene un efecto acumulativo con otros cambios de uso de suelo que ocurren en la cuenca. • **Condiciones que hacen posible la presencia y desarrollo**: Se podrá producir sinergia con las amenazas introducidas por el cambio climático, vinculadas a la diminución de precipitación y por ende disminución del aporte de flujos al humedal, o bien, precipitaciones más intensas, lo cual genera caudales máximos aún más altos.

Guías y/o criterios aplicables	Normativa pertinente
• Criterio de evaluación en el SEIA: Contenidos técnicos para la evaluación ambiental del recurso hídrico (SEA, 2022). • Guía metodológica para determinar el caudal ambiental para centrales hidroeléctricas en el SEIA (SEA, 2016).	• Artículos 41 y 171 del Código de Aguas. • Artículo 6 del Reglamento del SEIA - Efecto adverso significativo sobre recursos naturales renovables. - c) La magnitud y duración del impacto del proyecto o actividad sobre el suelo, agua o aire en relación con la línea base. - g) El impacto generado por el volumen o caudal de recursos hídricos a intervenir o explotar..., incluyendo el ascenso o descenso de los niveles de aguas subterráneas superficiales. La evaluación de dicho impacto deberá considerar siempre la magnitud de la alteración en: g.4) Áreas o zonas de humedales, estuarios y turberas que pudieran ser afectadas por el ascenso o descenso de los niveles de aguas subterráneas o superficiales.

Lineamientos para diseñar medidas de mitigación, reparación o compensación
El correcto diseño de medidas de mitigación podrá evitar del todo el impacto. Incluso, se recomienda incorporar estas estrategias como parte del diseño del proyecto de tal forma de poder

descartar el impacto. Las estrategias adoptadas deben ser preventivas y buscar conservar el régimen hidrológico natural a través del almacenamiento, infiltración y conducción controlada.

Los elementos de control de aguas lluvias deben poner el foco en mantener la cantidad y la calidad del flujo aportante al humedal. Para esto se requiere conocer el caudal ambiental del humedal receptor entendiendo caudal ambiental como "los flujos de agua, el momento de su aplicación y la calidad de las aguas precisos para mantener los ecosistemas de agua dulce y de los estuarios, así como los medios de subsistencia y bienestar de las personas que dependen del ecosistema".

Se recomienda utilizar elementos de drenaje urbano sostenible. Indicaciones para el diseño de estas obras se encuentran en el "Manual de Drenaje Urbano (MOP, 2013)"

Vinculación con Criterios Mínimos de Sustentabilidad Ley 21.202

Para descartar la significancia del impacto o bien, para justificar el diseño de medidas, se deberá demostrar que se cumple con los criterios mínimos que permiten mantener el régimen hidrológico superficial y subterráneo de los humedales urbanos. Se deberán establecer criterios cuantitativos o cualitativos que permitan asegurar la mantención del régimen hidrológico, el balance hídrico, volumen de entrada y salida, patrones de inundación, estacionalidad, régimen de sedimentos y conectividad hidrológica con otros humedales.

Consideraciones en la evaluación de impactos para los humedales estadísticamente significativos

Ribereños/ Río	Palustres/ Permanentes
El régimen hidrológico y de sedimentos de ríos es variable espacial y estacionalmente. Es importante conocer esta variabilidad para definir la condición base de este, así como definir los requerimientos para el sustento de la biota que habita en el río.	En general corresponden a cuerpos de agua poco profundos con velocidades de flujo muy bajas lo que los hacen altamente vulnerables a el aporte de escorrentía a altas velocidades debido a la activación de procesos erosivos.

Palustres/ Turberas	Palustres/ Andinos	Almacenamiento/ Tranque
Característicos por su capacidad de amortiguación de crecidas. Se deberá potenciar este servicio ecosistémico y procurar mantener la calidad de las aguas aportantes mediante la implementación de elementos depuradores y/o sedimentadores según corresponda.	En general corresponden a cuerpos de agua poco profundos con velocidades de flujo muy bajas lo que los hacen altamente vulnerables a el aporte de escorrentía a altas velocidades debido a la activación de procesos erosivos.	Humedales cuyas aguas podrán ser utilizadas para uso humano, se deberá poner especial atención en el aporte de contaminantes acumulados en zonas impermeables.

Nota: *El impacto por impermeabilización del suelo está poco estandarizado en el marco del SEIA, esto, ya que usualmente no resulta un impacto significativo asociado a un único proyecto si no al efecto acumulativo de varios proyectos que implican un cambio de uso de suelo que repercute en un cambio significativo en el régimen hidrológico del cuerpo de agua receptor.*

ASPECTO AMBIENTAL	Ingreso de especies domésticas de libre circulación	14
Potenciales impactos directos	• Pérdida de individuos de fauna nativa por heridas y enfermedades.	
Potenciales impactos en cadena	• Cambio en la composición comunitaria de fauna. • Perturbación de patrones de comportamiento de fauna.	

AECS AFECTADOS

(Simbología | **D:** afectación directa. **C:** afectación en cadena)

OP	Agua		Suelo	Flora y Vegetación	
AEC	Calidad del agua	Cantidad de agua	Calidad del suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila
Afec.					

OP	Fauna				Ecosistema	
AEC	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidro.	Conectividad del paisaje
Afec.	**D**	**D**	**D**	**D**		

Consideraciones para determinar el Área de Influencia (AI)

El AA Ingreso de especies domésticas asilvestradas se genera principalmente por encontrarse tales especies en estado de vagabundeo y en busca de satisfacer sus necesidades básicas de refugio y alimentación, acudiendo de esta forma a grupos humanos. En este sentido, las instalaciones de faena y el personal que allí trabaja generalmente tienden a ser una buena alternativa para estos animales asilvestrados, otorgándoles refugio y en muchas ocasiones comida y abrigo. Por lo anteriormente expuesto, es que al determinar el AI de este AA se debe considerar primeramente la cercanía de instalaciones de faena, bodegas y oficinas administrativas hacia humedales. Dentro de lo expuesto en bibliografía, los rangos de las especies domésticas asilvestradas más comunes son de hasta 20,4 km para perros y 2,5 km para el caso de gatos. El grado de urbanización de la zona es un aporte al vagabundeo de especies domésticas asilvestradas, por lo que es clave catastrar las especies domésticas asilvestradas y no asilvestradas en la localidad a fin de determinar la densidad de estas especies y con ello la estimación del AI. Finalmente, el AI estará definida por el sector en el cual se distribuyen las especies domésticas identificadas y donde se presenta una mayor probabilidad de encuentro con fauna nativa.

Consideraciones para describir los OP en el AI

Para describir el OP **fauna** en el AI se debe: Identificar la fauna presente en el lugar y el hábitat de interés para la misma. Describir los patrones de distribución y preferencias de ecosistemas de fauna nativa presente en el lugar. Identificar especies en categoría de conservación. Realizar un análisis (modelo) espacialmente explicito sobre la interacción entre las obras, partes o acciones del proyecto y las unidades espaciales relativas a la fauna presente en el humedal. Identificar las relaciones de la fauna presente en el ecosistema terrestre aledaño al humedal con ecosistemas

acuáticos. Para campañas en terreno tener en cuenta que estas deben realizarse en la fecha y horarios de máxima expresión de biodiversidad.

Se debe identificar aquellas especies que se encuentren en estado de conservación, y como la presencia de especies domésticas asilvestradas afectaría sus patrones de conducta. Se deben determinar zonas específicas utilizadas por fauna nativa para generar sitios de nidificación, para abastecimiento de agua y alimentos, y la medida en que estas se verían afectadas por el ingreso de animales asilvestrados. La metodología recomendada por la guía de ecosistemas terrestres para el monitoreo de fauna presente en el área es la siguiente:

- Anfibios: Headtorching.
- Aves y Anfibios: Play back.
- Mamíferos y roedores: Cámaras trampa.

Lineamientos para identificar el impacto

El ingreso de fauna doméstica se genera a por perros y gatos que se encuentran en estado de vagabundeo y en búsqueda de alimento y refugio. Es por esto por lo que frecuentemente bodegas, oficinas administrativas, instalación de faenas y toda parte de la obra que signifique presencia de personal, será objetivo de fauna doméstica asilvestrada a fin de satisfacer sus necesidades básicas. Con frecuencia el personal de la obra da refugio y alimento a estos animales, generando una presencia constante de estos en los sectores de obra.



Ataque se fauna doméstica hacia aves. Fuente: amcanal.cl

El impacto es causado cuando la fauna doméstica se encuentra con la fauna nativa, generando ataques, depredación y consecuente muerte de esta última. Para identificar que este impacto sea generado, se debe determinar la probabilidad de ingreso de fauna doméstica asilvestrada o con acceso al exterior, para lo cual es recomendable inicialmente determinar la cantidad de animales domésticos que se encuentran circulando por la zona a trabajar.

Lineamientos para estimar y cuantificar el impacto

Para la cuantificación del impacto se hace necesario un análisis de la abundancia de las dos especies domésticas más comunes, perros y gatos. Lo anterior puede generarse a través de un monitoreo de cámaras trampa, obteniendo como resultado final la riqueza en especies domésticas y la abundancia para cada una de ellas, o de existir, en base a estudios previos de escala comunal. Posteriormente se debe generar la estimación de riqueza y abundancia de especies nativas presentes en el área, a fin de determinar aquellas que sean escasas únicas o representativas.

A lo largo del desarrollo del proyecto se deberá llevar a cabo un conteo de ataques a fauna nativa por especies domésticas asilvestradas.

Criterios para evaluar la significancia del impacto
Se definirá que existe un impacto significativo sobre el OP fauna cuando se ve alterada su permanencia producto de la alteración de las condiciones que hacen posible la presencia y desarrollo de las especies nativas. En este caso debido a la introducción de enfermedades y/o aumentos de ataques. La presencia de especies domésticas genera pérdida de disponibilidad de hábitat para las especies nativas. Se entenderá que existe un impacto significativo sobre el ecosistema cuando se altere su permanencia, regeneración o condiciones que hacen posible su desarrollo (Artículo 6° RSEIA). Con respecto al ingreso de especies domésticas de libre circulación, la evaluación requiere considerar: • **Permanencia**: Se verá afectada la permanencia del OP fauna nativa, cuando producto de la presencia de animales domésticos en estado de vagabundeo se vea desplazada la fauna silvestre del humedal, alterando con ello a funciones ecológicas generadas dentro del ecosistema. • **Regeneración**: Se verá afectada la capacidad de regeneración del OP fauna de manera general al verse afectados los procesos de reproducción normales. Ello se podría alterar producto del desplazamiento de fauna producto del resguardo y la competencia frente a la presencia de especies domésticas de libre circulación. • **Condiciones que hacen posible la presencia y el desarrollo**: Se podría ver afectada la composición y funcionamiento del ecosistema, al verse desplazada la fauna nativa presente en el humedal. Lo anterior podría afectar por ejemplo procesos de dispersión de semillas, interviniendo directamente en una menor regeneración del componente vegetacional.

Guías y/o criterios aplicables	Normativa pertinente
• Criterio de evaluación en el SEIA: Criterios técnicos para campañas de terreno de fauna terrestre y validación de datos. • Guía para la descripción del área de influencia. Descripción de los componentes suelo, flora y fauna de ecosistemas terrestres en el SEIA.	• Literal h) Art.6 DTO 40. Los impactos que pueda generar la introducción de especies exóticas al territorio nacional o en áreas, zonas o ecosistemas determinados. • Decreto 29 (MMA) Aprueba reglamento para la clasificación de especies silvestres según estado de conservación.

Lineamientos para diseñar medidas de mitigación, reparación o compensación
La correcta implementación de estrategias y buenas prácticas permite descartar del todo el impacto. Esto, ya que la introducción de especies domésticas no es parte del diseño del proyecto si no una consecuencia indirecta. Las estrategias deben enfocarse en prevenir el ingreso de especies domésticas y capacitaciones al personal de obra. Por otro lado, en caso de encontrarse este tipo de ejemplares en la zona, se recomienda la adecuada tramitación con autoridades a fin de encontrar soluciones óptimas para animales domésticos en estado de abandono.

Vinculación con Criterios Mínimos de Sustentabilidad Ley 21.202
A fin de asegurar estar en línea con las medidas necesarias para garantizar los criterios mínimos de sustentabilidad, se deberá demostrar la conservación, protección y/o restauración de las características ecológicas del humedal. Lo anterior, considerando acciones para mantener y/o recuperar las características ecológicas del humedal, controlando las amenazas físicas y biológicas

que puedan perturbar las mismas, como es la presencia de especies domésticas, con énfasis en la preservación de las especies de fauna amenazadas; así como el monitoreo de la efectividad de las medidas implementadas.
Consideraciones en la evaluación de impactos para los humedales estadísticamente significativos
Para los cinco tipos de humedales significativos, es decir ribereños/ río, palustres/ permanentes, palustres/ turberas, palustres/ andinos y almacenamiento/ tranque, el impacto generado por la presencia de especies domésticas de libre circulación va a ser el mismo, siendo principalmente el ataque desde especies domésticas de libre circulación hacia fauna acuática del humedal o fauna terrestre que haga uso del humedal.

Nota: *La introducción de especies domésticas no es parte del diseño del proyecto si no una consecuencia indirecta. Se puede controlar totalmente desde la implementación de estrategias y así evitar evaluar el impacto dentro del SEIA.*

ASPECTO AMBIENTAL	Instalación de barreras terrestres	15
Potenciales impactos directos	• Fragmentación de ecosistema terrestre (deterioro y corte de corredores biológicos, mayor efecto borde, disminución del tamaño de parches de hábitat).	
Potenciales impactos en cadena	• Pérdida de individuos de fauna nativa por atropellos y heridas. • Fragmentación y menoscabo de la meta-población de fauna	

AECs AFECTADOS

(Simbología | **D:** afectación directa. **C:** afectación en cadena)

OP	Agua		Suelo	Flora y Vegetación	
AEC	Calidad del agua	Cantidad de agua	Calidad del suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila
Afec.					

OP	Fauna				Ecosistema	
AEC	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidro.	Conectividad del paisaje
Afec.		**C**	**C**	**C**		**D**

Consideraciones para determinar el Área de Influencia (AI)

La construcción de obras de tipo camino y obras de tipo puente constituyen una barrera física que produce un impacto sobre el OP ecosistema, específicamente sobre la conectividad del paisaje. En términos ambientales, el paisaje es una configuración o mosaico compuesta por una matriz dominante, parches de hábitat y corredores biológicos que conectan estos parches. Por ejemplo, puede haber una red de parches de bosque nativo, que están dentro de una matriz de plantaciones forestales y que se conectan mediante una serie de corredores biológicos formados por humedales, ríos y quebradas húmedas con bosque nativo. Esta conceptualización de la conectividad del paisaje es el punto de partida para determinar el AI del OP ecosistema.



Fragmentación de ecosistema de humedal por la construcción de carreteras, el relleno y la expansión urbana en La Serena, Coquimbo. Fuente: Google Earth Pro.

Se sugiere determinar el AI considerando como escala mínima la cuenca aportante al humedal e idealmente a escala de subcuenca o cuenca (según la DGA) para comprender el contexto del humedal y sus interacciones bióticas y flujos ecosistémicos. El AI en cuanto a ecosistema será la superficie de hábitat con conectividad biológica (configuración sitio-específica de matriz, corredores y parches) que se vería afectado por la instalación de barreras terrestres.

La instalación de barreras se relaciona con impactos que ocurren de forma simultánea. Se recomienda revisar las fichas de éstos AA para dimensionar adecuadamente el AI:

- (2) Compactación del suelo del humedal.
- (3) Derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño al humedal.
- (18/19) Instalación temporal / permanente de barrera transversal.
- (20) Movimiento de tierra en el humedal.
- (23/25) Transformación temporal / permanente de la zona y frecuencia de inundación

Consideraciones para describir los OP en el AI

Para describir el AI en cuantoal OP de ecosistema, se debe considerar la conectividad del paisaje con métricas sobre los parches y corredores biológicos, como la distancia entre parches, el efecto borde y el tamaño de los parches. La descripción de este OP debe considerar el hábitat funcional para las especies de flora y fauna presente, evaluando como mínimo la escala del área de sustento del humedal (cuenca aportante) y de ser posible a escala de subcuenca (DGA).

- **Ecosistema** (conectividad del paisaje): considerar corredores, parches, matriz y mosaico de hábitat. Para esto existen métricas de fragmentación del paisaje que se procesan en softwares de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Otras posibles herramientas para la delimitación es el flujo de materia y energía por medio de cadenas tróficas, el análisis de funciones y procesos de los humedales, por ejemplo, mediante el análisis de los ecotipos. Localización del humedal en función del Orden Hidrológico del río, el tipo de geomorfología y su ubicación dentro de la cuenca.

Lineamientos para identificar el impacto

En el caso de los caminos, la barrera física es el camino en sí, pero también los paneles de amortiguación acústica instalados temporalmente, las rejas o cercos. En el caso de caminos y puentes, también la instalación de cableado eléctrico es un barrera física que frecuentemente afecta a aves.

Lineamientos para estimar y cuantificar el impacto

Las métricas de paisaje, calculadas utilizando SIG, permiten cuantificar la superficie de hábitat funcional afectada. Mediante el uso de imágenes satelitales es posible distinguir los cambios en el paisaje. Estas métricas indican el nivel de exposición que presenta antes y después el ecosistema de humedal de interés. Se utilizan para identificar zonas de riesgo para flora y fauna, por ejemplo, la introducción de flora exótica, de "embudos" de movilidad de fauna por instalación de cercos y desconexión entre parches y corredores.

Se deberá representar cartográficamente el área geográfica dentro de la cual estarán insertas las barreras físicas, en términos de hábitat disponible y conectividad biológica. La superficie deberá ser representada previo y posterior al proyecto para cuantificar el porcentaje de cambio en la conectividad.

Criterios para evaluar la significancia del impacto

El nivel de fragmentación y su significancia dependerá, en parte, de la vulnerabilidad del humedal, la disponibilidad de hábitat preexistente y/o el potencial para la restauración de hábitat. Para esto se debe considerar información espacial de cobertura de vegetación y en base a levantamiento en terreno de condiciones iniciales, realizar una validación de categorías de hábitat relevante. La

significancia del impacto se puede evaluar mediante el análisis de funciones y procesos de los humedales, por ejemplo el flujo de materia orgánica por medio de cadenas tróficas.

Para evaluar la significancia del impacto al ecosistema se cuantifica el nivel de cambio que ocurrirá a escala de ecosistema en términos de fragmentación de hábitat. La fragmentación de hábitat produce una serie de impactos en cadena que son difíciles de cuantificar en el corto plazo pero pueden presentar serias consecuencias en mediano y largo plazo.

Se entenderá que existe un impacto significativo sobre el ecosistema cuando se altere su permanencia, regeneración o condiciones que hacen posible su desarrollo (Artículo 6° RSEIA). En el caso de la instalación de barreras terrestres, considerar:

- **Permanencia**: Dependerá de si es posible mantener la conectividad de los flujos ecosistémicos luego de la instalación de la barrera.
- **Regeneración**: Dado el ciclo de vida indefinido de las obras, la regeneración no es posible a menos que se consideren nuevas estructuras que permitan recuperar cierto grado de conectividad biológica (por ejemplo, medidas de pasos sobre nivel para fauna).
- **Condiciones que hacen posible la presencial y el desarrollo**: Al instalar barreras terrestres se modifican estructuralmente las funciones del ecosistema en su conjunto. Este tipo de impacto puede producir una serie de consecuencias en cadena que deterioran las condiciones que posibilitan el desarrollo de flora hidrófila y fauna. La evaluación de este aspecto dependerá del sitio específico, sus componentes bióticos, sus interacciones y sus flujos ecosistémicos.

Guías y/o criterios aplicables	Normativa pertinente
• Guía metodológica para la compensación de biodiversidad en ecosistemas terrestres y acuáticos continentales (2022).	• Ley 20.283 Sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal.

Lineamientos para diseñar medidas de mitigación, reparación o compensación

El diseño de medidas para mantener la conectividad del paisaje deber ser eficaz desde el punto de vista ecosistémico. Se debe considerar los beneficios y las potenciales amenazas de ciertas medidas, cuando éstas no son bien diseñadas. Por ejemplo, un puente sobre un camino para paso de fauna nativa debe ser planificado y ubicado en una zona en dónde la fauna nativa efectivamente transite. Por otra, debe ser ubicado alejado de zonas urbanas en un sitio que no aumente el ingreso de especies invasoras como perros y gatos domésticos. Es decir, el diseño de estas medidas debe ser adecuado y contextualizado en el ecosistema en su conjunto.



Ejemplo de un paso o corredor biológico como medida para mantener la conectividad biológica del paisaje. Fuente: https://laderasur.com/articulo/pasos-de-fauna-y-corredores-biologicos-el-desafio-de-chile-frente-alternativas-para-proteger-la-fauna-silves

Considerar una capacitación inicial el personal de la obra para prevención de atropellos y en caso de accidente, la detección y rescate de fauna silvestre.
Vinculación con Criterios Mínimos de Sustentabilidad Ley 21.202
Para descartar la significancia del impacto o bien, para justificar el diseño de medidas, se deberá demostrar que se cumple con los criterios mínimos que permiten mantener la funcionalidad de los competentes bióticos y sus interacciones. Se deberán establecer criterios cuantitativos o cualitativos que permitan asegurar el resguardo de la flora y fauna contenida dentro del humedal.
Consideraciones en la evaluación de impactos para los humedales estadísticamente significativos

Ribereños/ Río		**Palustres/ Permanentes**
A escala de paisaje, los ríos funcionan como corredores biológicos para muchas especies de flora y fauna. La interrupción mediante barreras físicas en la franja ribereña tiene graves consecuencias para la conectividad entre diferentes parches de hábitat.		Son frecuentemente hábitat para especies de mamíferos de agua dulce: el huillín y el coipo. Esto implica mayor riesgo de atropello a estas especies. También suelen haber muchas aves, las que al cazar cerca de caminos pueden chocar con barreras como paneles o cables.
Palustres/ Turberas	**Palustres/ Andinos**	**Almacenamiento/ Tranque**
Puede alterar pozas y zonas de baja profundidad que forman hábitat para de reproducción de especies de macroinvertebrados, peces y anfibios.		Considerar si el humedal artificial funciona como un elemento dentro de la configuración matriz, parche y corredores. Por ejemplo, sus características ecológicas lo hacen un ecosistema de parada (*Stepping Stone*) para aves migratorias y/o locales.

ASPECTO AMBIENTAL	Instalación de luminarias cercanas al humedal	16
Potenciales impactos directos	• Perturbación de patrones de comportamiento de fauna. • Pérdida de individuos de fauna nativa producto de atropellos y heridas.	
Potenciales impactos en cadena	• Fragmentación y menoscabo de la meta-población de fauna.	

AECs AFECTADOS

(Simbología | **D:** afectación directa. **C:** afectación en cadena)

OP	Agua		Suelo	Flora y Vegetación	
AEC	Calidad del agua	Cantidad de agua	Calidad del suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila
Afec.					

OP	Fauna				Ecosistema	
AEC	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidro.	Conectividad del paisaje
Afec.		**D**	**D**	**D**		**C**

Consideraciones para determinar el Área de Influencia (AI)

La delimitación del AI para fauna debiera considerar una modelación de hábitat potencial de aves y mamíferos voladores en categoría de conservación que potencialmente habiten el área de intervención. Se han descrito efectos en el comportamiento alimenticio, social y reproductivo en anfibios, murciélagos y aves, principalmente pelágicas, en relación con la iluminación artificial de faenas mineras, industriales o constructivas. Las aves marinas o pelágicas tienen sus sitios de reproducción o de descanso en islotes o zonas costeras, y las zonas de alimentación en alta mar o zonas pelágicas.

El impacto de la iluminación artificial sobre la biodiversidad es una dimensión de la evaluación ambiental de preocupación reciente (Actualización de norma en 2022, que incorpora biodiversidad), dada la sensibilidad de las especies de aves marinas y de otras especies de hábitos nocturnos.

Este AA, dependiendo de su alcance, genera impacto a nivel del OP ecosistema. La instalación de luminarias cercanas al humedal puede constituir una ruptura en la conectividad del paisaje. Por ejemplo, de ocurrir la faena interceptando una ruta de tránsito de aves y mamíferos, ocurre una discontinuidad en la movilidad de los organismos a través de esta ruta por la perturbación que significa la iluminación artificial. Por lo anterior, es necesario conocer la ruta de movilidad o tránsito de la fauna para comprender mejor la relación de la obra con el humedal, incluso, por el ámbito de hogar de algunas especies, estas rutas pueden ser de varios kilómetros a la redonda.

Este AA ocurre durante la apertura y cierre de instalación de faenas, en obras de plantas de producción de materiales durante el chancado de material, y en obras de apertura de instalación de faenas, durante la instalación de estructuras temporales. También, durante la operación de infraestructura que posea luminarias como parte de su diseño.

La instalación de luminarias cercanas al humedal está comúnmente vinculada a otros AA. Se sugiere revisar las fichas de los siguientes impactos:

- (3) Derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño.
- (12) Generación y mala gestión de residuos sólidos.
- (13) Impermeabilización del suelo aledaño.
- (21) Perturbación de suelo aledaño.

Consideraciones para describir los OP en el AI

El OP afectado de manera directa es la fauna, y de manera indirecta el ecosistema:

- **Fauna**: La instalación de luminarias en un humedal puede traer consigo la afectación de diversos grupos de organismos de fauna tales como aves (principalmente aves marinas), mamíferos (murciélagos) y anfibios. En este caso, es importante describir para cada grupo de fauna indicadores como la riqueza específica; la abundancia total, específica y/o relativa; la presencia; la presencia de especies en categoría de conservación. También describir indicadores de funcionalidad de hábitat como la presencia de áreas de nidificación, evidencia de reclutamiento, áreas de descanso de especies migratorias y/o pelágicas, evidencia de reproducción y/o crianza.

- **Ecosistema**: En faenas que se realicen en zonas con presencia de especies de aves pelágicas (marinas) y mamíferos voladores (murciélagos), se afecta indirectamente el OP ecosistema. La descripción de este OP debe considerar indicadores respecto a tres principales componentes: el tamaño de los parches de hábitat, la forma de los parches de hábitat y la presencia de corredores biológico. Acá es donde cobra relevancia conocer las rutas de tránsito diario o estacional de las especies de fauna.

Lineamientos para identificar el impacto

No existen ejemplos o casos de estudio relativos a este AA en la guía de predicción y evaluación de impacto ambiental en humedales, ni en la guía de área de influencia en humedales, u otra guía SEA.



Golondrinas de mar afectadas por iluminación artificial en faena minera (Salar Grande, Región de Tarapacá). Fuente: https://www.redobservadores.cl

Los indicadores asociados a presencia de especies en categoría de conservación, e indicadores funcionales de la población, son claves para identificar impactos significativos. Es relevante describir los aspectos e indicadores acorde a sus cambios estacionales, abarcando además espacialmente su ámbito de movimiento. En este caso, pueden existir movimientos de la fauna entre grandes ecosistemas distantes uno de otro, por ejemplo, el caso de las golondrinas en Tarapacá que se mueven entre el océano y el salares tierra adentro (15 a 20 km) de distancia.

Adicionalmente, el registro de lugares cercanos donde se han registrado históricamente eventos de caídas de aves marinas, u otros organismos, asociadas a iluminación artificial, también son importantes a la hora de identificar un impacto ambiental.

Lineamientos para estimar y cuantificar el impacto

Para la estimación y cuantificación del impacto por instalación de luminarias cercanas al humedal, es necesario conocer en detalle de los aspectos biológicos de las especies que podrían verse afectadas, así como su relación con el paisaje, y la obra como factor disruptivo. Respecto a lo anterior, se puede indagar desde el gabinete sobre el listado potencial de especies habitantes del lugar, y sus patrones reproductivos y migratorios. Adicionalmente, se pueden caracterizar los ecosistemas de humedal del paisaje en general, considerando el gran ámbito de vida que pueden tener algunos organismos, descritos en la casilla anterior.

La descripción de los indicadores para el OP fauna, y su relación respecto a las obras, permitirá dimensionar cualitativamente el impacto posible a ocurrir.

Algunos análisis para realizar son:

- Importancia de las rutas de vuelo entre los sitios de reproducción, descanso, y alimentación, respecto a la ubicación de la obra, para el caso de aves marinas.
- Para murciélagos, todos de hábitos nocturnos, si la obra con iluminación artificial ocurre entre sus rutas de vuelo, se producen procesos de fragmentación de hábitat.
- Sensibilidad de especies de anfibios a luz artificial, pueden verse afectados, en cuanto a su patrón de cantos estacionales y diarios, sin embargo, demuestran cierta capacidad adaptativa a la iluminación artificial.

Criterios para evaluar la significancia del impacto

Se entenderá que existe un impacto significativo sobre el ecosistema cuando se altere su permanencia, regeneración o condiciones que hacen posible su desarrollo (Artículo 6° RSEIA). Con respecto a la instalación de luminarias cercanas al humedal, la evaluación requiere considerar:

- **Permanencia**: En el caso de instalaciones de faena, el impacto será por un período acotado, pudiendo mitigarse. Sin embargo, en obras que incluyen luminarias en zonas donde anteriormente no existían, puede alterar de forma permanente los ciclos vitales de la fauna en el lugar.
- **Regeneración**: El impacto sobre fauna, producto de la iluminación artificial, es la desorientación y caída a tierra de organismos voladores, quedando bajo amenaza de atropellos y depredación, por lo que, en este contexto en particular, este AA puede ser muy nocivo para la regeneración del recurso.
- **Condiciones que hacen posible la presencial y el desarrollo**: Si el área de faena se superpone con el área de distribución de una especie puede afectar la presencia y desarrollo de poblaciones/comunidades enteras.

Guías y/o criterios aplicables	Normativa pertinente
• Guía de evaluación ambiental componente fauna silvestre (Servicio Agrícola Ganadero, 2016).	• D. S. N°1/2022 del Ministerio del Medio Ambiente, que Establece Norma de Emisión de Luminosidad Artificial Generada por

• Criterio de evaluación en el SEIA: Criterios técnicos para campañas de terreno de fauna terrestre y validación de datos. (SEA, 2022) • Guía áreas de influencia en ecosistemas marinos (SEA, 2023). • Guía metodológica para la compensación de biodiversidad en ecosistemas terrestres y acuáticos continentales (2022). • Guía metodológica para la compensación de biodiversidad en ecosistemas terrestres y acuáticos continentales (SEA, 2022) • Guía para una iluminación amigable con aves marinas en Chile (Oikonos-ROC-OPCC, 2022).	Alumbrados de Exteriores (para cielos de interés astronómico y para biodiversidad).

Lineamientos para diseñar medidas de mitigación, reparación o compensación

Mitigación. El avance en innovaciones tecnológicas y prácticas para poder diseñar planes de iluminación amigable con especies sensibles a la luz artificial permite hoy en día, elaborar proyectos de iluminación en ecosistemas sensibles que reducen considerablemente el impacto negativo sobre la biodiversidad. Se sugiere tomar estos lineamientos y implementarlos en las obras correspondientes, que van desde el tipo de iluminación que se utiliza (priorizando la luz de onda azul) y el ángulo de iluminación (ajustándose perpendicular al suelo), reduciendo la iluminación de luz artificial a la atmósfera. Se recomienda revisar la “Guía para una iluminación amigable con aves marinas en Chile” (Oikonos-ROC-OPCC, 2022).

Vinculación con Criterios Mínimos de Sustentabilidad Ley 21.202

Instalando luminarias cercanas al humedal, debe considerar el criterio que permite resguardar las características ecológicas y el funcionamiento de los humedales urbanos, ya que estarían alterándose los componentes abióticos y bióticos del humedal, incluyendo su composición, estructura y comportamiento.

Consideraciones en la evaluación de impactos para los humedales estadísticamente significativos

Ribereños/ Río	Palustres/ Permanentes
Asumiendo que los ecosistemas ribereños son un continuo, dominados por el cambio de volumen de su caudal, y que además se constituyen como corredor biológico acuático-terrestre aguas arriba-aguas abajo, las perturbaciones lumínicas artificiales pueden ser consideradas como puntuales, pero según su extensión podrían ser barrera funcional para algunas especies, en este corredor biológico. Por ejemplo, en una perturbación de iluminación artificial habilitada en una de las riberas del humedal ribereño, en una zona	Se ha identificado en humedales palustres (y probablemente ribereños con poca corriente) que la exposición de anfibios a luces artificiales altera la vocalización estacional y diaria, y por ende su comportamiento reproductivo. Adicionalmente, en estos ecosistemas se concentra una alta biodiversidad de insectos, anfibios, aves, murciélagos y mamíferos, por lo que alguno de estos grupos podría contener alguna especie sensible a la iluminación artificial. El efecto en alguna de estas especies puede producir un efecto en cadena, para la

urbana, puede inferirse como una perturbación de una magnitud proporcional muy pequeña, y no debiera revestir afectación considerable para el ecosistema. Sin embargo, si dicha perturbación es de una extensión lineal considerable (>500 m), o es cercana a zonas estuarinas o costeras, se puede inferir que dicha perturbación comienza a ser considerable.	cadena alimenticia, es decir, a nivel de ecosistema, por lo que es importante describir muy bien el OP, identificando aquellas especies sensibles a la luz artificial.

Palustres/ Turberas	**Palustres/ Andinos**	**Almacenamiento/ Tranque**
Los humedales del tipo palustres de turbera, al igual que palustres permanentes, son ecosistemas particularmente importantes para especies de anfibios, por lo que es importante considerar que la exposición de anfibios a luces artificiales altera la vocalización estacional y diaria, y por ende su comportamiento reproductivo.	Los humedales de tipo palustres andinos, son ecosistemas sensibles a los cambios, y son hábitat principalmente de especies migratorias y especies amenazadas, así como de una biota acuática única (micro y macroscópica). Pueden ser también, hábitat de especies con sensibilidad a la luz artificial. En este tipo de ecosistemas, es vital poder establecer criterios de construcción y medidas ajustadas a los lineamientos expertos, y los criterios mínimos de sustentabilidad.	Los humedales de almacenamiento tipo tranque, pueden ubicarse en zonas costeras, donde podrían ser hábitat eventual de especies migratorias y aves marinas, en categoría de amenaza y sensibles a la luz artificial. En el caso de que este tipo de humedales presente especies de esta categoría, es importante considerar todos los criterios expuestos anteriormente, para evitar la generación de impactos significativos sobre los atributos de los OP.

ASPECTO AMBIENTAL	Instalación de pilotes en la sección transversal	17
Potenciales impactos directos	• Interrupción de la conectividad hidrológica. • Modificación de las condiciones hidráulicas del humedal. • Deterioro de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del suelo. • Alteración de procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimentos.	
Potenciales impactos en cadena	• Deterioro de las propiedades físicas (aumento de turbidez y SST), químicas y biológicas del agua. • Transformación de las condiciones de hábitat acuático.	

AECS AFECTADOS

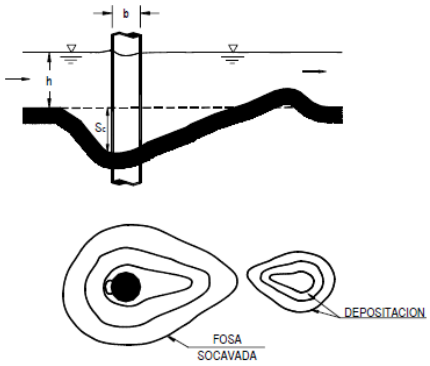
(Simbología | **D:** afectación directa. **C:** afectación en cadena)

OP	**Agua**		**Suelo**	**Flora y Vegetación**	
AEC	Calidad del agua	Cantidad de agua	Calidad del suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila
Afec.	**C**	**D**	**D**		**C**

OP	**Fauna**				**Ecosistema**	
AEC	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidro.	Conectividad del paisaje
Afec.					**D**	

Consideraciones para determinar el Área de Influencia (AI)

En presencia de un obstáculo en el lecho fluvial, se genera un desequilibrio entre la tasa a la cual el sedimento es arrastrado por la corriente y la tasa de sedimentación debido a la concentración del flujo. En ingeniería civil, este fenómeno es llamado socavación y tiene como resultado una profundización local del lecho (fosa socavada) y una zona de acumulación de esos sedimentos levantados (depositación). Este proceso es dinámico, pero tiende a alcanzar una estabilización. La delimitación del AI de cualquier tipo de intervención en el cauce de un cuerpo fluvial que genere alteración del transporte de sedimentos y, por lo tanto, una alteración en la dinámica natural del transporte de sedimentos dentro del sistema fluvial, estará determinada por el área hasta donde los cambios morfológicos del cauce en el largo plazo sean despreciables. Este lineamiento aplica tanto para los cambios en el **agua** (velocidad del flujo), el **suelo** (área de erosión y acumulación) y **ecosistema** (en cuanto a indicadores hidrogeomorfológicos).



Fenómeno de socavación alrededor de una pila circular. Fuente: Manual de Carreteras (MOP, 2022)

Consideraciones para describir los OP en el AI

La instalación de pilotes podrá afectar directamente el **suelo y** el **agua** y desde una perspectiva **ecosistémica**, la conectividad hidrogeomorfológica. Para describir adecuadamente la AI en base a la cuantificación y descripción del fenómeno de socavación se deberá conocer, el perfil de la sección transversal actual y perfil proyectado el perfil longitudinal de la sección que será alterada, el régimen hidrológico del humedal (magnitud, duración, frecuencia y estacionalidad de los caudales) y la granulometría del lecho.

Además, para conocer las propiedades del suelo a ser deteriorado se deberá identificar qué horizontes del perfil de suelo se socavarán, describiendo su textura, granulometría, cantidad de materia orgánica, entre otras características. Se deberá poner especial atención en la presencia de indicadores de suelo hídrico como rasgos redoximórficos, suelos gley, entre otros.

Por último, para el **agua** se deberán conocer las condiciones y régimen hidrológico histórico. Se debe buscar caracterizar la variabilidad natural de la velocidad del agua en la sección transversal de interés.

De forma indirecta se verán afectados la calidad del **agua** debido al aumento de los SST y turbidez, esto a su vez implica una transformación y deterioro del hábitat de la **biota** que habita en el humedal. Para estudiar este tipo de impactos se recomienda revisar las fichas de los siguientes AA:

- (2) Compactación de suelo del humedal.
- (5) Extracción de caudales.
- (18/19) Instalación temporal o permanente de barrera transversal.
- (29) Movimiento de tierra en el humedal.
- (22/24) Transformación temporal o permanente en la sección transversal, sinuosidad y rugosidad.

Lineamientos para identificar el impacto

Para identificar el impacto deberá definirse si se genera o no socavación producto de la instalación de pilotes en la condición proyectada. Esto deberá estudiarse desde la perspectiva del cambio que introducen los obstáculos en variables hidráulicas como profundidad de agua y velocidad del flujo. Para esto deberá utilizar un modelo hidráulico capaz simular las condiciones de flujo actuales y proyectadas. Con los resultados obtenidos se podrá estimar el potencial de socavación de la condición proyectada. Se recomienda además definir si existen zonas de vegetación hidrófila que podrá verse afectada por la acumulación de los sedimentos.

Lineamientos para estimar y cuantificar el impacto

La cuantificación del impacto debe hacerse en función del cambio en el régimen hidráulico introducido por el proyecto. La instalación de pilotes en la sección transversal tendrá efectos sobre la morfología del cauce y la cantidad y distribución granulométrica del suelo hídrico a lo largo del sistema fluvial afectado. Como mínimo se deberá cuantificar la profundidad de la fosa de socavación, así como también la zona de acumulación y cómo afecta esto en la granulometría del cauce y en su funcionalidad y capacidad de sustento de biodiversidad.

Criterios para evaluar la significancia del impacto
En cuanto al OP **suelo** debe ponderar la significancia del impacto en función de si este implica una pérdida de suelo hídrico y una pérdida de su capacidad para sustentar biodiversidad. Se entenderá que existe un impacto significativo sobre el ecosistema cuando se altere su permanencia, regeneración o condiciones que hacen posible su desarrollo (Artículo 6° RSEIA).

Guías y/o criterios aplicables	Normativa pertinente
• Criterio de evaluación en el SEIA: Contenidos técnicos para la evaluación ambiental del recurso hídrico (SEA, 2022) • Guías metodológicas para presentación y revisión técnica de proyectos de modificación de cauces naturales y artificiales (DGA, 2016) • Manual de Carreteras. Volumen N°3. (MOP, 2022)	• Artículo 6 del Reglamento del SEIA - Efecto adverso significativo sobre recursos naturales renovables. – a) La pérdida de suelo o de su capacidad para sustentar biodiversidad por degradación, erosión, impermeabilización, compactación o presencia de contaminantes. – c) La magnitud y duración del impacto del proyecto o actividad sobre el suelo, agua o aire en relación con la línea base.

Lineamientos para diseñar medidas de mitigación, reparación o compensación
Es recomendable evitar la socavación para extender la vida útil del puente como también para minimizar los impactos ambientales sobre el ecosistema. En general, es un fenómeno difícil de evitar del todo pero se puede reducir incluyendo, por ejemplo, el uso de agregados de mayor diámetro alrededor de la pila. El remanente no evitado deberá ser restaurado o compensado. La restauración deberá estar enfocada en conservar la funcionalidad hidrogeomorfológica del cauce que permite sostener la biodiversidad del lugar.

Vinculación con Criterios Mínimos de Sustentabilidad Ley 21.202
Para descartar la significancia del impacto o bien, para justificar el diseño de medidas, se deberá demostrar que se cumple con los criterios mínimos que permiten mantener el régimen hidrológico superficial de los humedales urbanos. Específicamente se deberá poner atención en la conservación del régimen de sedimentos.

Consideraciones en la evaluación de impactos para los humedales estadísticamente significativos	
Ribereños/ Río	**Palustres/ Permanentes**
Es en el humedal donde con mayor frecuencia se produce y por ende, se estudia el fenómeno de la socavación en torno a una pila. Esto por el potencial erosivo del flujo, el cual se vincula con la velocidad del caudal.	Humedales con baja o nula velocidad de escurrimiento y por ende, bajo potencial erosivo alrededor de la pila. Aun así se pueden generar efectos erosivos por oleaje local.

Palustres/ Turberas	Palustres/ Andinos	Almacenamiento/ Tranque
Humedales con baja o nula velocidad de escurrimiento y por ende, bajo potencial erosivo alrededor de la pila.		

Nota: *La socavación local corresponde a la causa principal por la que los puentes colapsan y terminan prematuramente su vida de servicio. Por esta razón en general se estudia desde el ámbito de la ingeniería civil y no de su componente ambiental.*

ASPECTO AMBIENTAL	Instalación temporal o permanente de barrera transversal	18/19
Potenciales impactos directos	• Interrupción de la conectividad hidrológica. • Deterioro de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del suelo. • Modificación de la morfología del humedal o zona ribereña. • Modificación de las condiciones hidráulicas del humedal. • Alteración de procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimento.	
Potenciales impactos en cadena	• Deterioro de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del agua.	

AECs AFECTADOS

(Simbología | **D:** afectación directa. **C:** afectación en cadena)

OP	Agua		Suelo	Flora y Vegetación	
AEC	Calidad del agua	Cantidad de agua	Calidad del suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila
Afec.	**C**	**D**	**D**		

OP	Fauna				Ecosistema	
AEC	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidro.	Conectividad del paisaje
Afec.					**D**	

Consideraciones para determinar el Área de Influencia (AI)

Este AA ocurre obras que requieren el desvío de cauce o la instalación de estructuras (por ejemplo, terraplenes y construcciones temporales) para mantener un área seca para establecer estribos y cepa. El cambio sobre el humedal ocurre sobre el atributo de conectividad hidrogeomorfológica, correspondiente al OP **ecosistema**. El AI considera toda la zona del el desvío de cauce.



Instalación temporal de barrera transversal durante la construcción Puente Industrial, Concepción. Fuente: www.biobio.cl

Si bien existen impactos indirectos en cadena, se relacionan con impactos que ocurren de forma simultánea. Se recomienda revisar las fichas de éstos AA para dimensionar adecuadamente el AI:

- (2) Compactación de suelo del humedal.
- (3) Derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño.
- (5) Extracción de caudales.
- (20) Movimiento de tierra en el humedal.
- (22/ 24) Transformación temporal o permanente en la sección transversal, sinuosidad y rugosidad.
- (23/ 25) Transformación temporal / permanente de la zona y frecuencia de inundación.

Consideraciones para describir los OP en el AI

Los OP afectados directamente son **agua, suelo** y **ecosistema,** ya que se establece directamente una barrera que afecta la conectividad hidrológica. Los cambios producidos sobre el ecosistema generan una serie de impactos en cadena. Para describir los OP se sugiere considerar lo siguiente:

- **Agua**: Se requiere caracterizar el régimen hidrológico de saturación describiendo su magnitud, duración, frecuencia y temporalidad. Esto con el objetivo de definir en qué zonas es posible el desarrollo de suelo hídrico y flora hidrófila. Para determinar las zonas que presentan saturación suficiente para ser considerada humedal se recomienda el trabajo de campo indicada en la "Guía de Delimitación y Caracterización de Humedales Urbanos de Chile".
- **Suelo**: La misma guía permite identificar las zonas donde existe suelo hídrico y flora hidrófila que podrá verse alterada por el cambio en el régimen hidrológico. Para el suelo se deberá describir su textura, granulometría, cantidad de materia orgánica, entre otras características.
- **Ecosistema:** Considerar el perfil de la sección transversal actual, durante la instalación de la barrera y posterior a la eliminación de la barrera. En caso de que la barrera sea permanente, se debe describir la condición final luego de la obra. La descripción debe incluir la batimetría, la granulometría del lecho y presencia de sedimentos de mayor tamaño como rocas y troncos de árbol. Considerar la cuadri-dimensionalidad de los ecosistemas acuáticos. Análisis de funciones y procesos de los humedales, por ejemplo, mediante el análisis de los ecotipos Localización del humedal en función del Orden Hidrológico del río, el tipo de geomorfología y su ubicación dentro de la cuenca.

La instalación de barreras, de manera temporal o permanente, afecta la conectividad longitudinal al interrumpir el flujo de caudal. Pero también produce una desconexión lateral entre el cauce y la zona de inundación y una desconexión vertical entre el cauce, la zona hiporréica (o zona saturada) y las aguas subterráneas. La zona hiporréica provee hábitat para peces, microorganismos y algas que conforman la base del flujo de energía en la cadena trófica de un río, por lo que el secado de la sección transversal elimina las condiciones para que estas especies existan.

Lineamientos para identificar el impacto

La identificación de este impacto se observa mediante la medición y predicción de cambio del régimen hidrológico producto de la instalación de terraplenes, pozas de decantación y barreras. Para identificar este impacto se observa la modificación del régimen hidrológico natural y la conectividad hidrológica. Es posible que la sección no intervenida experimente cambios. Por ejemplo, el aumento de velocidad de flujo (por la disminución de la sección transversal) puede afectar el transporte de sedimentos, provocando deterioro y pérdida de hábitat del lecho del río y las riberas. Asociado al AA “movimiento de tierra en el humedal” (20) ocurre un aumento en el transporte de sedimentos y cambio en la calidad del agua (SST y transparencia)

Lineamientos para estimar y cuantificar el impacto

Para estimar y cuantificar el impacto de las barreras temporales/permanentes, se debe modelar los cambios en la sección transversal y su efecto en propiedades físicas e hidráulicas como la velocidad de flujo, la velocidad de corte y el régimen de erosión. Estas propiedades determinan el

comportamiento futuro que pueda tener el río en cuanto a desarrollo de zonas de erosión y acumulación de sedimentos. Por otra parte, la instalación de una barrera puede interrumpir la conectividad hidrológica de un humedal. Esta desconexión puede no ser visible de inmediato pero a largo plazo se puede observar mediante el descenso de la napa subterránea, el secado de suelo hídrico y el deterioro o secado de la vegetación por cambio en el régimen de saturación del suelo.

Criterios para evaluar la significancia del impacto

Se entenderá que existe un impacto significativo sobre el ecosistema cuando se altere su permanencia, regeneración o condiciones que hacen posible su desarrollo (Artículo 6° RSEIA). En el caso de la instalación de barreras transversales, se debe considerar para su evaluación:

- **Permanencia**: Con respecto a la significancia, es muy importante considerar la duración de la obra y cómo esta puede evitar, por ejemplo, la temporada de reproducción de especies de fauna, especialmente aves y peces o bien afectar la hidrogemorfología al punto que la erosión o acumulación de sedimentos impide la viabilidad de la vegetación hidrófila.
- **Regeneración**: Una vez que se elimina la barrera (o no), el río vuelve a su curso original en términos físicos (el agua pasa nuevamente por ahí) pero no en las mismas condiciones químicas y biológicas, las que toman un tiempo en regenerarse una vez que se repone el régimen hidrológico natural. La permanencia de la infraestructura construida (estribos, cepas de puente, conservación de cauce) tiene un efecto permanente en los atributos de la sección transversal y su potencial hábitat para flora y fauna.
- **Condiciones que hacen posible la presencia y el desarrollo**: La calidad del agua (SST y transparencia) y la conectividad hidrogeomorfológica posibilitan la existencia de la flora y fauna asociada al lecho del río. Estas condiciones también permiten al mismo río sostener un equilibrio dinámico de los procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimentos.

Guías y/o criterios aplicables	Normativa pertinente
• Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental de la Fase de Construcción de Proyectos (SEA, 2012) • Criterio de evaluación en el SEIA: Contenidos técnicos para la evaluación ambiental del recurso hídrico (2022) • Guía metodológica para la compensación de biodiversidad en ecosistemas terrestres y acuáticos continentales (2022) • Guía metodológica para determinar el caudal ambiental para centrales hidroeléctricas en el SEIA (SEA, 2016)	• Normas secundarias de calidad de agua (NSCA). • Decreto 14/2012 (MMA) Aprueba reglamento para la determinación del caudal ecológico mínimo. • Decreto 28/2023 (MOP) Decreto 58 Aprueba reglamento que establece el procedimiento para la elaboración, revisión y actualización, así como el monitoreo y reporte de los planes estratégicos de recursos hídricos en cuencas. • Ley 21.435 (MOP) Reforma el Código de Aguas. • Artículo 6 del RSEIA: a) La pérdida de suelo o de su capacidad para sustentar biodiversidad por degradación, erosión,

	impermeabilización, compactación o presencia de contaminantes. b) La superficie con plantas, algas, hongos, animales silvestres y biota intervenida, explotada, alterada o manejada y el impacto generado en dicha superficie. Para la evaluación del impacto se deberá considerar la diversidad biológica, así como la presencia y abundancia de especies silvestres en estado de conservación o la existencia de un plan de recuperación, conservación y gestión de dichas especies, de conformidad a lo señalado en el artículo 37 de la Ley. d) La superación de los valores de las concentraciones establecidos en las normas secundarias de calidad ambiental vigentes o el aumento o disminución significativos, según corresponda, de la concentración por sobre los límites establecidos en éstas. A falta de tales normas, se utilizarán como referencia las normas vigentes en los Estados que se señalan en el artículo 11 del presente Reglamento. g) El impacto generado por el volumen o caudal de recursos hídricos a intervenir o explotar, así como el generado por el transvase de una cuenca o subcuenca hidrográfica a otra, incluyendo el generado por ascenso o descenso de los niveles de aguas subterráneas y superficiales.

Lineamientos para diseñar medidas de mitigación, reparación o compensación

Las medidas que se adopten para este impacto deberán tener un enfoque en restauración y compensación. Las medidas de restauración se deben considerar para la etapa posterior a la eliminación de la barrera transversal o bien a su construcción final. Por último, pueden existir daños irreversibles en la sección transversal que se deben considerar para compensar sus efectos negativos.

Vinculación con Criterios Mínimos de Sustentabilidad Ley 21.202

Para descartar la significancia del impacto o bien, para justificar el diseño de medidas, se deberá demostrar que se cumple con los criterios mínimos que permiten mantener el régimen hidrológico superficial de los humedales urbanos. El régimen hidrológico configura la conectividad dentro del humedal, entre humedales adyacentes y entre el agua superficial y subterránea. Se deberá poner atención en la conservación del régimen de sedimentos. Se deberán establecer criterios

cuantitativos o cualitativos que permitan asegurar la mantención del régimen hidrológico, el balance hídrico, volumen de entrada y salida, patrones de inundación, estacionalidad, régimen de sedimentos y conectividad hidrológica con otros humedales cercanos.

Consideraciones en la evaluación de impactos para los humedales estadísticamente significativos	
Ribereños/ Río	**Palustres/ Permanentes**
Los ríos son sistemas dendríticos, es decir que funcionan como una unidad funcional a escala de cuenca. Por lo tanto, la instalación de una barrera transversal implica la interrupción de la conectividad, principalmente en la dimensión longitudinal, lo cual ocasiona serios problemas a especies de macroinvertebrados, peces y anfibios en diferentes etapas del ciclo de vida.	Se puede producir "estrangulamiento" hidrológico en un humedal palustre. El cambio en la velocidad en algunas partes y aumento en otras, altera el régimen de erosión.

Palustres/ Turberas	**Palustres/ Andinos**	**Almacenamiento/ Tranque**
La alteración del flujo superficial puede tener un efecto en un tiempo tardío en el flujo subterráneo, generando la desconexión hidrológica en el largo plazo	El bajo desarrollo de suelo implica que la recuperación de vegetación hidrófila será de regeneración muy lenta.	Por lo general, no aplica.

ASPECTO AMBIENTAL	Movimiento de tierra en el humedal	20

Potenciales impactos directos	• Deterioro de las propiedades físicas del suelo. • Deterioro de las propiedades físicas del agua (aumento de turbidez y SST). • Alteración de los procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimentos.
Potenciales impactos en cadena	• Deterioro de las propiedades químicas y biológicas del agua. • Cambio en la composición comunitaria de flora hidrófila (disminución de la actividad fotosintética). • Deterioro de hábitat acuático y terrestre.

AECs AFECTADOS

(Simbología | **D:** afectación directa. **C:** afectación en cadena)

OP	**Agua**		**Suelo**	**Flora y Vegetación**	
AEC	Calidad del agua	Cantidad de agua	Calidad del suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila
Afec.	**D**		**D**		**C**

OP	**Fauna**				**Ecosistema**	
AEC	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidro.	Conectividad del paisaje
Afec.	**C**		**C**		**D**	

Consideraciones para determinar el Área de Influencia (AI)

El impacto generado en el OP **agua** corresponde principalmente a la disminución en la calidad producto del levantamiento de sedimentos y por ende aumento de los sólidos suspendidos totales y la turbidez. Al definir AI se debe considerar toda la pluma de dispersión de sedimentos. Esta puede tener alcance aguas arriba como aguas abajo del punto de alteración. También se debe considerar la posibilidad de resuspensión. Se deberá tener en cuenta la interacción con otros cuerpos de agua receptores.

Para el **suelo** se deben considerar todas las zonas donde se removió el suelo y también donde se acumularán sedimentos a corto y largo plazo. Esto ya que ambos procesos implican cambios en la textura y granulometría.

En cuanto a la **biota** (flora, vegetación y fauna) como OP afectados en cadena**,** además de la pluma de dispersión, se deberá considerar las zonas que potencialmente presenten sedimentación o acumulación de sedimentos sobre vegetación hidrófila, ya que podrá alterar significativamente la actividad fotosintética y el intercambio de nutrientes. Esto a su vez significará disminución en la disponibilidad de alimento para la fauna y deterioro general del hábitat.

Por último, para el OP **ecosistema**, vinculado a la conectividad hidrogeomorfológica se debe adoptar un enfoque integral donde una alteración tanto en el suelo como en el agua generarán un cambio a nivel ecosistémico debido a su rol estructurante.

Otros AA que comúnmente se dan en conjunto con el movimiento de tierra en el humedal son:

- (2) Compactación del suelo del humedal.
- (3) Derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño.
- (6) Extracción de suelo.
- (18/19) Instalación temporal/permanente de barrera transversal.
- (22/24) Transformación temporal/permanente de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad.
- (23/25) Transformación temporal/permanente de la zona y frecuencia de inundación.

Se recomienda revisar sus fichar para determinar correctamente el AI de la actividad.

De forma general, la delimitación del AI de cualquier tipo de intervención que genere alteración del transporte de sedimentos y, por lo tanto, una alteración en la dinámica natural del transporte de sedimentos dentro del sistema fluvial estará determinada por el área hasta donde los cambios morfológicos del cauce en el largo plazo sean despreciables.

Consideraciones para describir los OP en el AI

Los OP afectados corresponden al **agua** (calidad) y el **suelo**, aun así, ambos corresponden a atributos estructurantes por lo que también se deberá definir el AI para los OP **flora** y **fauna** según sea pertinente. Así mismo, al alterar la hidromorfología se podrá estudiar el AI desde una perspectiva ecosistémica. Considerar para cada OP:

- **Suelo:** Calidad de suelo que se moverá. Para esto se deberá identificar qué horizontes del perfil de suelo se extraerán describiendo su textura, granulometría, cantidad de materia orgánica, entre otras características.
- **Ecosistema:** Se deberá describir la sección transversal y la variabilidad del sustrato de lecho a lo largo de esta (AEC conectividad hidrogeomorfológica). Se deberá tener en consideración la época de caracterización ya que el suelo es un atributo cambiante.
- **Agua:** Comportamiento histórico del régimen hidrológico incluyendo y de estacionalidad, sedimentos y la estacionalidad y variabilidad de los parámetros fisicoquímicos, específicamente SST y transparencia.

Para los OP alterados de forma indirecta:

- **Flora y vegetación:** Presencia de flora hidrófila, especialmente especies sumergidas vulnerables al aporte de sedimentos y cambios en la penetración de luz. Describir la diversidad biológica, así como la presencia y abundancia de especies silvestres en estado de conservación o la existencia de un plan de recuperación, conservación y gestión de dichas especies.
- **Fauna:** Caracterizar la composición de la biota acuática (ej. peces y macroinvertebrados). Describir la diversidad biológica, así como la presencia y abundancia de especies silvestres en estado de conservación o la existencia de un plan de recuperación, conservación y gestión de dichas especies

Lineamientos para identificar el impacto

El movimiento de tierra en el humedal se produce generalmente en la etapa de construcción de obras, principalmente fluviales, como conservación de lechos, revestimiento de riberas,

protecciones de cepas, espigones, muros, revestimiento de ribera, muros transversales, espigones, revestimiento de fondos y/o mantención de la red primaria de aguas lluvias. Es clave mantener el cronograma de actividades de la obra, para vincular las obras con la estacionalidad correspondiente a producir el menor impacto en el lecho del humedal, la calidad de agua y la flora y fauna del humedal.

Lineamientos para estimar y cuantificar el impacto

Para predecir el impacto sobre el **suelo** se deberá cuantificar el volumen del suelo movido y acumulado en otro punto del humedal. El análisis deberá tener foco en la pérdida de la capacidad de sustento de biodiversidad de este.

Con respecto al **agua** se deberá estudiar el cambio en los parámetros fisicoquímicos, se recomienda implementar un monitoreo de la calidad de las aguas antes de la ejecución de los trabajos, durante y después. Se deben definir rangos de SST y turbidez aceptables que aseguren el sustento de la biota del humedal; estas podrán basarse en la Normas Secundarias de Calidad del Agua (NSCA) en caso de existir. De ser necesario, se podrá implementar un modelo numérico de dispersión y acumulación de sedimentos para describir con mayor precisión la pluma.



Pluma de dispersión de sedimentos producto del movimiento de tierra en el humedal. Fuente: https://www.diarioriobueno.cl/

Criterios para evaluar la significancia del impacto

En cuanto a la **calidad del agua** entenderá que existe un impacto significativo cuando se superen los valores de las concentraciones establecidas en las normas secundarias de calidad del agua (NSCA), especialmente en los Sólidos Suspendidos Totales (SST) y transparencia o turbidez. En el caso de que no exista una norma de calidad ambiental vigente, el titular puede proponer justificadamente otra norma internacional (DS40).

En la evaluación del impacto deberá considerar la frecuencia y duración (concentrado en la etapa constructiva y actividades de conservación) así como también, la capacidad de dilución, dispersión, autodepuración, asimilación y regeneración del humedal.

En cuanto al OP **suelo** debe ponderar la significancia del impacto en función de si este implica una pérdida de suelo hídrico y una pérdida de su capacidad para sustentar biodiversidad. La clave está en corroborar que la biodiversidad sustentada por este suelo pueda **permanecer** y **regenerarse**. Se deberá definir si la extracción de suelo altera las **condiciones** que hacen posible la presencia y desarrollo de las especies y ecosistemas, con especial énfasis en aquellos recursos propios del país que sean escasos, únicos y representativos.

La significancia del impacto directo también se compone por la significancia de los impactos en cadena. Por ejemplo, en este caso será necesario considerar especialmente la flora hidrófila. La acumulación de sedimentos aumenta la turbidez del agua, lo que disminuye la penetración de la

luz y esto afecta la capacidad fotosintética de la vegetación sumergida. Estas especies cumplen la función ecosistémica de provisión de alimento y refugio para la base de la cadena trófica.

Guías y/o criterios aplicables	Normativa pertinente
• Guía para la descripción del área de influencia, descripción de los componentes suelo, flora y fauna de ecosistemas terrestres (SEA, 2015) • Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental de la Fase de Construcción de Proyectos (SEA, 2012) • Criterio de evaluación en el SEIA: Contenidos técnicos para la evaluación ambiental del recurso hídrico (SEA, 2022)	• Normas secundarias de calidad del agua (NSCA) • Artículo 6 del Reglamento del SEIA - Efecto adverso significativo sobre recursos naturales renovables. - a) La pérdida de suelo o de su capacidad para sustentar biodiversidad por degradación, erosión, impermeabilización, compactación o presencia de contaminantes. - d) Se entenderá que se genera un impacto significativo cuando exista “superación de los valores de las concentraciones establecidos en las normas secundarias de calidad ambiental vigentes o el aumento o disminución significativos, según corresponda, de la concentración por sobre los límites establecidos en éstas.” - El inciso 6°: La evaluación de los efectos sobre los recursos naturales renovables deberá considerar la capacidad de dilución, dispersión, autodepuración, asimilación y regeneración de dichos recursos en el área de influencia del proyecto o actividad (...)”.

Lineamientos para diseñar medidas de mitigación, reparación o compensación

En el caso de no poder evitar el trabajo de movimiento de tierra dentro del humedal las medidas deberán estar enfocadas en la restauración y/o compensación de la capacidad de sustento del suelo y del agua para la biota del humedal.

Vinculación con Criterios Mínimos de Sustentabilidad Ley 21.202

Para descartar la significancia del impacto o bien, para justificar el diseño de medidas, se deberá demostrar que se cumple con los criterios mínimos que permiten resguardar las características ecológicas y el funcionamiento de los humedales urbanos. Específicamente se deberá propender a la mantención y/o restauración, según corresponda, de los componentes abióticos y bióticos del humedal, su composición, estructura y funcionamiento.

Por otro lado, en cuando a la mantención del régimen hidrológico, se deberá poner atención en la conservación del régimen de sedimentos.

Consideraciones en la evaluación de impactos para los humedales estadísticamente significativos	
Ribereños/ Río	**Palustres/ Permanentes**
El régimen natural de sedimentos de ríos es variable espacial y estacionalmente y puede cambiar significativamente en eventos mayores de precipitación y durante temporada de deshielo. Los procesos de erosión, transporte y acumulación están determinados por hidrodinámica del río, específicamente la capacidad de arrastre está determinada por la velocidad del flujo. Ríos con velocidades significativas pueden arrastrar los sedimentos levantados varios km hacia aguas abajo. De forma contraria, cursos de aguas no perennes y con menor velocidad suelen presentar un aumento de carga de sedimentos paulatina ya que existe menor capacidad de transporte.	En general, el suelo de los humedales palustres corresponde a un suelo mineral, de baja permeabilidad y en ocasiones de sedimentos bastante finos. Los sedimentos finos tendrán una velocidad de sedimentación y acumulación mayor que sedimentos gruesos. En este sentido, la duración del impacto será mayor al periodo donde ocurre el FGI.

Palustres/ Turberas	**Palustres/ Andinos**	**Almacenamiento/ Tranque**
El suelo está compuesto por una matriz sedimentaria con materia orgánica en diferentes niveles de descomposición, lo cual podría verse alterado por el levantamiento y/o arrastre de sedimentos producto del movimiento de tierra.	Los humedales palustres andinos están dominados por afloramientos subterráneos y evapotranspiración, en general no existen flujos con velocidades suficientes para tener potencial de arrastre. En este sentido, los cambios en el transporte y acumulación de sedimentos serán locales. Por otro lado, en estos humedales habita biota acuática única (micro y macroscópica) muy vulnerable a cambios en parámetros fisicoquímicos del agua.	El movimiento de tierra podrá estar vinculada a la ampliación o mejoramientos de los tranques. Los embalses artificiales por lo general se encuentran regulados por una obra de salida que incentiva la detención y almacenamiento, es por esto que quedan detenidos el tiempo suficiente para los sedimentos se depositen. Dependiendo del recubrimiento de este podría existir o no vegetación acuática que se verá afectada.

ASPECTO AMBIENTAL	Perturbación de suelo aledaño al humedal	21

Potenciales impactos directos	• Alteración de procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimentos (arrastre de sedimentos por escorrentía superficial). • Deterioro de las propiedades físicas del agua (aumento de turbidez y SST). • Deterioro de las propiedades físicas del suelo.
Potenciales impactos en cadena	• Deterioro en las propiedades químicas y biológicas del suelo. • Deterioro en las propiedades químicas y biológicas del agua. • Alteración del flora y fauna por impactos en cascada sobre la red trófica. • Deterioro de hábitat acuático y terrestre.

AECs AFECTADOS

(Simbología | **D:** afectación directa. **C:** afectación en cadena)

OP	Agua		Suelo	Flora y Vegetación	
AEC	Calidad del agua	Cantidad de agua	Calidad del suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila
Afec.	**D**		**D**		**C**

OP	Fauna				Ecosistema	
AEC	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidro.	Conectividad del paisaje
Afec.	**C**		**C**			**C**

Consideraciones para determinar el Área de Influencia (AI)

Tener en cuenta todas las zonas de acondicionamiento de terreno donde se emplazarán las obras o partes del proyecto. Se deben considerar áreas que incluyan: escarpe o extracción de horizontes superficiales, despeje de vegetación, movimiento de tierra, acopio de áridos, entre otros.

Para determinar el área de influencia del **agua** y del **suelo** se requiere identificar las zonas del humedal que se ubican aguas abajo del suelo perturbado y consecuentemente podrá recibir los sedimentos arrastrados. La delimitación del área afectada se deberá realizar a partir un modelo de dispersión de partículas, los resultados pueden presentarse como planos de superficie o situación. Estos podrán complementarse con gráficas sobre la hidrodinámica del humedal.

Según las propiedades hidrodinámicas del humedal receptor de sedimentos, se deberá estimar el potencial de arrastre y acumulación de nuevos sedimentos aportados por el proyecto. Las zonas que tendrán un cambio en la turbidez o bien, acumularán sedimentos con respecto a la condición previa al proyecto deberán ser parte del AI, esto también es conocido como la pluma de dispersión de los sedimentos. Se deberá tener en cuenta la posibilidad de resuspensión de sólidos. De forma general, la delimitación del AI de cualquier tipo de intervención que genere alteración del transporte de sedimentos y, por lo tanto, una alteración en la dinámica natural del transporte de sedimentos dentro del sistema fluvial estará determinada por el área hasta donde los cambios morfológicos del cauce en el largo plazo sean despreciables.

Para la correcta delimitación del AI de estas acciones se recomienda revisar también las fichas:

- (7) Extracción de la vegetación aledaña al humedal.
- (10) Generación de material particulado sedimentable.
- (13) Impermeabilización del suelo aledaño.

Consideraciones para describir los OP en el AI

Los OP afectados corresponden al **agua** (calidad) y el **suelo**, aun así, ambos corresponden a atributos estructurantes por lo que también se deberá definir el AI para los OP **flora** y **fauna** según sea pertinente. Considerar para cada OP:

- **Agua:** Comportamiento histórico del régimen hidrológico incluyendo y de estacionalidad, sedimentos y la estacionalidad y variabilidad de los parámetros fisicoquímicos, específicamente SST y transparencia.
- **Suelo:** Granulometría y horizontes del perfil del suelo del humedal receptor. Se debe estudiar también la granulometría del suelo perturbado para evaluar su potencialidad de arrastre.

Para los OP alteados de manera indirectamente:

- **Flora:** Presencia de flora hidrófila, especialmente especies sumergidas vulnerables al aporte de sedimentos y cambios en la penetración de luz. Identificar especies en categoría de conservación y aquellas que cumplan con un rol de refugio y alimento.
- **Fauna:** Caracterizar la composición de la biota acuática (ej. peces y macroinvertebrados). Identificar especies en categoría de conservación.
- **Ecosistema**: A nivel de ecosistema del humedal, es necesario describir la conectividad del paisaje, tomando como indicadores el tamaño de los parches de hábitat, la forma de los parches de hábitat y la presencia de corredores biológicos relevantes para la fauna descrita. El AI debe considerar la zona afectada por la remoción de cobertura vegetal.

Lineamientos para identificar el impacto

El impacto ocurre en zonas descubiertas y/o perturbadas producto del escarpe, extracción de capa vegetal, despeje de vegetación, movimientos de tierra o acopio de áridos. Cuando estas zonas se encuentren dentro de la cuenca aportante del humedal de interés, ocurre un impacto en caso de que no existan barreras naturales o artificiales que permitan retener los sedimentos arrastrados por la escorrentía.

De forma conservadora se deberá considerar existencia de precipitación durante la fase constructiva.

De ser necesario se deberá emplear un modelo numérico que simule la condición actual y futura de la hidrodinámica del humedal, el transporte y acumulación de sedimentos. Según las características hidrodinámicas y ecológicas del humedal se deberá seleccionar la peor condición, así como también la peor condición de la obra, la cual usualmente se da en etapa constructiva.



Pluma de dispersión de sedimentos.
Fuente: https://www.waynecountypa.gov/187/Erosion

Lineamientos para estimar y cuantificar el impacto

Para cuantificar el impacto se debe construir un modelo capaz de simular la hidrodinámica del humedal y cuantificar la potencialidad de arrastre de sedimentos en el AI. El modelo se debe aplicar a escenarios actuales y futuros y considerar la combinación más desfavorable de condiciones para la obra y para el humedal. Por ejemplo, la potencialidad de arrastre es mayor con precipitaciones intensas sobre un suelo seco. Por otro lado, el impacto sobre el humedal será mayor si este tiene menor caudal o volumen almacenado.

Se deberán definir y justificar umbrales aceptables en base a normativa de calidad del agua vigente, normativa internacional y según las características propias del humedal.

Criterios para evaluar la significancia del impacto

Se entenderá que existe un impacto significativo cuando se superen los valores de las concentraciones establecidas en las normas secundarias de calidad del agua (NSCA), especialmente en los Sólidos Suspendidos Totales (SST) y transparencia o turbidez. En el caso de que no exista una norma de calidad ambiental vigente, el titular puede proponer justificadamente otra norma internacional (DS40).

La significancia de los impactos directos en la calidad del agua y suelo también se compone por la significancia de los impactos en cadena producidos por este. Por ejemplo, en este caso será necesario considerar especialmente la flora hidrófila. La acumulación de sedimentos aumenta la turbidez del agua, lo que disminuye la penetración de la luz y esto afecta la capacidad fotosintética de la vegetación sumergida. Estas especies cumplen la función ecosistémica de provisión de alimento y refugio para la base de la cadena trófica.

Según el artículo 6° del Reglamento del SEIA para la flora y fauna, se deberá evaluar:

- Afectación de la **permanencia** del recurso.
- Alteración de la capacidad de **regeneración** o renovación del recurso.

- Alteración de las **condiciones que hacen posible la presencia y desarrollo** de las especies y ecosistemas, con especial énfasis en aquellos recursos propios del país que sean escasos, únicos y representativos.

Se debe poner énfasis en el criterio duración del impacto, esto ya que por lo general la perturbación del suelo se da de forma temporal, concentrado en la fase de construcción. Como se mencionó anteriormente, se requiere monitorear los parámetros fisicoquímicos (incluyendo SST y transparencia) tanto aguas arriba como aguas abajo de la obra en el humedal.

Guías y/o criterios aplicables	Normativa pertinente
• Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental de la Fase de Construcción de Proyectos (SEA, 2012) • Criterio de evaluación en el SEIA: Contenidos técnicos para la evaluación ambiental del recurso hídrico (SEA, 2022)	• Normas secundarias de calidad del agua (NSCA) • Artículo 6 del Reglamento del SEIA - Efecto adverso significativo sobre recursos naturales renovables. - a) La pérdida de suelo o de su capacidad para sustentar biodiversidad por degradación, erosión, impermeabilización, compactación o presencia de contaminantes. - d) Se entenderá que se genera un impacto significativo cuando exista “superación de los valores de las concentraciones establecidos en las normas secundarias de calidad ambiental vigentes o el aumento o disminución significativos, según corresponda, de la concentración por sobre los límites establecidos en éstas.” - El inciso 6°: La evaluación de los efectos sobre los recursos naturales renovables deberá considerar la capacidad de dilución, dispersión, autodepuración, asimilación y regeneración de dichos recursos en el área de influencia del proyecto o actividad (...)”.

Lineamientos para diseñar medidas de mitigación, reparación o compensación

La mayor efectividad la entregan las medidas preventivas, es decir, que eviten la erosión y el arrastre de sedimentos hacia el humedal desde zonas perturbadas. El uso de medidas de mitigación puede ser altamente efectivo, evitando del todo el aporte de sedimentos al humedal.

Vinculación con Criterios Mínimos de Sustentabilidad Ley 21.202

Para descartar la significancia del impacto o bien, para justificar el diseño de medidas, se deberá demostrar que se cumple con los criterios mínimos que permiten mantener el régimen hidrológico superficial de los humedales urbanos. Específicamente se deberá poner atención en la conservación del régimen de sedimentos.

Consideraciones en la evaluación de impactos para los humedales estadísticamente significativos	
Ribereños/ Río	**Palustres/ Permanentes**
El régimen natural de sedimentos de ríos es variable espacial y estacionalmente y puede cambiar significativamente en eventos mayores de precipitación y durante temporada de deshielo o lluvias. La introducción de una carga significativa de sedimentos genera un desequilibrio. Los procesos de erosión, transporte y acumulación están determinados por hidrodinámica del río, específicamente la capacidad de arrastre está determinada por la velocidad del flujo. Ríos con velocidades significativas pueden arrastrar los sedimentos incorporados varios km hacia aguas abajo. De forma contraria, cursos de aguas no perennes y con menor velocidad suelen presentar un aumento de carga de sedimentos paulatina ya que existe menor capacidad de transporte.	Humedales palustres permanentes en general corresponden a cuerpos de agua poco profundos con velocidades de flujo muy bajas lo que los hacen altamente vulnerables al aporte antrópico de sedimentos. Debido a las bajas velocidades el impacto por lo general será más local esto debido al bajo potencial de arrastre. Lo anterior puede traducirse en la acumulación de una cantidad significativa de sedimentos sobre la vegetación acuática, la cual abunda por la baja profundidad de estos cuerpos de agua. Esto repercutirá en toda la cadena trófica del humedal.

Palustres/ Turberas	**Palustres/ Andinos**	**Almacenamiento/ Tranque**
Debido a su alta capacidad de retención y absorción, por lo general no presentan flujos con velocidades suficientes para arrastrar sedimentos, esto se intensifica por la baja pendiente. Es por esto que la acumulación de sedimentos arrastrados por la escorrentía desde sitios constructivos será, por lo general, local.	Los humedales palustres andinos están dominados por afloramientos subterráneos y evapotranspiración, en general no existen flujos con velocidades suficientes para tener potencial de arrastre. Es por esto que es altamente probable que el aporte de sedimentos antrópicos se deposite localmente.	Los embalses artificiales por lo general se encuentran regulados por una obra de salida que incentiva la detención y almacenamiento, es por esto que quedan detenidos el tiempo suficiente para los sedimentos se depositen. Dependiendo del recubrimiento de este podría existir o no vegetación acuática que se verá afectada.

ASPECTO AMBIENTAL	Transformación temporal o permanente de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad	22/24
Potenciales impactos directos	• Interrupción de la conectividad hidrológica. • Modificación de la morfología del humedal o zona ribereña. • Alteración de procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimento.	
Potenciales impactos en cadena	• Deterioro de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del agua. • Modificación de las condiciones hidráulicas del humedal. • Deterioro de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del suelo.	

AECs AFECTADOS

(Simbología | **D:** afectación directa. **C:** afectación en cadena)

OP	**Agua**		**Suelo**	**Flora y Vegetación**	
AEC	Calidad del agua	Cantidad de agua	Calidad del suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila
Afec.	**C**	**D**	**D**		

OP	**Fauna**				**Ecosistema**	
AEC	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidro.	Conectividad del paisaje
Afec.					**D**	

Consideraciones para determinar el Área de Influencia (AI)

Este AA ocurre en obras que requieren el desvío de cauce o la instalación de estructuras para mantener un área seca para establecer estribos y cepa. El cambio sobre el humedal ocurre sobre el atributo de conectividad hidrogeomorfológica, correspondiente al OP **ecosistema**. El AI considera toda la zona que es transformada en las variables geomorfológicas como la sección transversal, sinuosidad y rugosidad.



Disminución de la sección transversal. Fuente: https://www.2secure.cl/water-gate-wa

Si bien existen impactos indirectos en cadena, se relacionan con impactos que ocurren de forma simultánea. Se recomienda revisar las fichas de éstos AA para dimensionar adecuadamente el AI:

- (2) Compactación de suelo del humedal.
- (3) Derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño.
- (5) Extracción de caudales.
- (18/19) Instalación temporal o permanente de barrera transversal.
- (20) Movimiento de tierra en el humedal.
- (23/25) Transformación temporal o permanente de la zona y frecuencia de inundación.

Como opción metodológica para determinar el AI en términos de la escala longitudinal del cauce, se sugiere implementar algún procedimiento para la segmentación hidro-geomorfológica de la red fluvial que permita determinar “hasta donde llega” el cauce afectado, hasta dónde pueden ser considerados “impactos significativos”.

La clasificación fluvial entrega información sobre el comportamiento del río que es el reflejo del balance entre erosión, transporte y acumulación de sedimentos. Estos procesos son propios del ecosistema y determinan su conectividad hidrogeomorfológica e integridad ecológica. Existen varios métodos para realizar la segmentación y clasificación fluvial. Como parte de este estudio se presenta un Instructivo de Segmentación y Clasificación Fluvial basado en experiencias en la Unión Europea. Este tipo de clasificación fluvial considera variables geomorfológicas como la sección transversal y la sinuosidad, variables que responden a la evolución histórica y procesos que ocurren a escala geológica. Al modificar geomorfológica se están alterando aspectos estructurantes de la función ecosistémica del humedal que pueden provocar la propagación de cambios hacia aguas abajo.

Consideraciones para describir los OP en el AI

El OP afectado directamente por este impacto es el **ecosistema** (conectividad hidrológica). Los atributos hidro-geomorfológicos de la sección transversal, la sinuosidad y la rugosidad configuran, en parte, la funcionalidad del ecosistema en esta parte de la red fluvial en su conjunto. Es por esto que los cambios producidos sobre el ecosistema generan una serie de impactos en cadena. Para describir el OP se sugiere considerar lo siguiente:

- **Ecosistema:** Considerar el perfil de la sección transversal actual, durante la obra y posterior a la eliminación del desvío del cauce. El perfil debe estudiar la batimetría de la sección, caracterizar la granulometría del lecho y presencia de sedimentos de mayor tamaño como rocas y troncos de árbol. Considerar la cuadri-dimensionalidad de los ecosistemas acuáticos. Análisis de funciones y procesos de los humedales, por ejemplo, mediante el análisis de los ecotipos. Localización del humedal en función del Orden Hidrológico del río, el tipo de geomorfología y su ubicación dentro de la cuenca.

Los OP afectados indirectamente son el **agua** y el **suelo**, que ocurren asociados a otros AA como “movimiento de tierra en el humedal” y “compactación de suelo”.

El desvío de un cauce y/o agotamiento con bombas de un área seca, impacta la conectividad vertical del río, es decir, la conexión que existe entre el flujo del caudal, la zona hiporréica y las aguas subterráneas. La zona hiporréica provee hábitat para peces, microorganismos y algas que conforman la base del flujo de energía en la cadena trófica de un río, por lo que el secado de la sección transversal elimina las condiciones para que estas especies existan.

Lineamientos para identificar el impacto

Para identificar el impacto se determina si es que ocurrirán cambios en las variables hidro-geomorfológicas de la sección transversal y cuál será la duración de éstas. Estos cambios locales pueden ocasionar cambios en el régimen de erosión y la frecuencia e intensidad de las crecidas de caudal. La escala espacial del impacto es la sección transversal intervenida, el tramo longitudinal

del río que es intervenido, así como el tramo aguas abajo hasta donde los cambios producidos sobre los atributos ecológicos ya son amortiguados por el humedal.

Preventivamente se deberán considerar escenarios de precipitación y crecida del nivel del río. Estos análisis deben realizarse como parte de los estudios de ingeniería e hidrología para asegurar que las estructuras construidas no colapsen ante eventos climáticos intensos.

Lineamientos para estimar y cuantificar el impacto

Por una parte, es necesario estimar los cambios hidráulicos que tengan que ver con el aumento de la velocidad al reducirse la sección. Esto puede ser estimado mediante modelación hidrodinámica de la sección para evaluar cómo cambiarán las condiciones del caudal (velocidad, nivel). Por otra parte, el arrastre de sedimentos puede estimarse con modelos de dispersión de plumas de sedimentos y potencialidad de arrastre en escenarios de mayor o menor caudal.

Se deberán definir y justificar umbrales aceptables en base a normativa de calidad del agua vigente, normativa internacional y según las características propias del humedal.

Se puede incluir un monitoreo de transporte de sedimentos antes del desvío de cauce, durante la ejecución y después del retiro del cauce. El monitoreo debe medir las características de granulometría de los sedimentos de río, lo cual es un proxy del tipo de transporte de sedimentos. Las mediciones deberían cuantificar el sedimento en suspensión, sedimento en el lecho (por ejemplo, mediante trampas de sedimento) y en las riberas (mediante muestreos en transectos).

Criterios para evaluar la significancia del impacto

Se entenderá que existe un impacto significativo cuando se superen los valores de las concentraciones establecidas en las normas secundarias de calidad del agua (NSCA), especialmente en los Sólidos Suspendidos Totales (SST) y transparencia o turbidez. En el caso de que no exista una norma de calidad ambiental vigente, el titular puede proponer justificadamente otra norma internacional (DS40). La significancia del impacto directo tiene que ver con el potencial de efectos en cadena ocasionados, por ejemplo, sobre la flora hidrófila.

Los cambios sobre el régimen de transporte de sedimentos pueden derivar en derrumbes y socavación en zonas dónde previamente no ocurrían, o asimismo la acumulación de sedimentos en áreas previamente sumergidas. Esto altera directamente las condiciones que hacen posible la presencia de especies de flora y fauna acuática.

De acuerdo al artículo 6° del Reglamento del SEIA, se consideran:

- **Permanencia**: Con respecto a la significancia, es muy importante planificar la duración de la obra y cómo esta puede evitar la temporada de reproducción de especies de fauna, especialmente aves y peces.
- **Regeneración**: Una vez que se elimina el desvío de cauce, el río vuelve a su curso original en términos físicos (el agua pasa nuevamente por ahí) pero no en las mismas condiciones químicas y biológicas, las que toman un tiempo en regenerarse una vez que se repone el régimen hidrológico natural. La permanencia de la infraestructura construida (estribos,

cepas de puente, conservación de cauce) tiene un efecto permanente en los atributos de la sección transversal y su potencial hábitat para flora y fauna.

- **Condiciones que hacen posible la presencial y el desarrollo**: La calidad del agua (SST y transparencia) y la conectividad hidrogeomorfológica posibilitan la existencia de la flora y fauna asociada al lecho del río. Estas condiciones también permiten al mismo río sostener un equilibrio dinámico de los procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimentos.

Guías y/o criterios aplicables	Normativa pertinente
• Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental de la Fase de Construcción de Proyectos (SEA, 2012) • Criterio de evaluación en el SEIA: Contenidos técnicos para la evaluación ambiental del recurso hídrico (2022) • Guía metodológica para la compensación de biodiversidad en ecosistemas terrestres y acuáticos continentales (2022) • Guía metodológica para determinar el caudal ambiental para centrales hidroeléctricas en el SEIA (SEA, 2016)	• Normas secundarias de calidad de agua (NSCA). • Decreto 14/2012 (MMA) Aprueba reglamento para la determinación del caudal ecológico mínimo. • Decreto 28/2023 (MOP) Decreto 58 Aprueba reglamento que establece el procedimiento para la elaboración, revisión y actualización, así como el monitoreo y reporte de los planes estratégicos de recursos hídricos en cuencas. • Ley 21.435 (MOP) Reforma el Código de Aguas. • Artículo 6 del RSEIA: a) La pérdida de suelo o de su capacidad para sustentar biodiversidad por degradación, erosión, impermeabilización, compactación o presencia de contaminantes. b) La superficie con plantas, algas, hongos, animales silvestres y biota intervenida, explotada, alterada o manejada y el impacto generado en dicha superficie. Para la evaluación del impacto se deberá considerar la diversidad biológica, así como la presencia y abundancia de especies silvestres en estado de conservación o la existencia de un plan de recuperación, conservación y gestión de dichas especies, de conformidad a lo señalado en el artículo 37 de la Ley. d) La superación de los valores de las concentraciones establecidos en las normas secundarias de calidad ambiental vigentes o el aumento o disminución significativos, según corresponda, de la concentración por sobre los límites establecidos en éstas. A falta de tales

	normas, se utilizarán como referencia las normas vigentes en los Estados que se señalan en el artículo 11 del presente Reglamento. g) El impacto generado por el volumen o caudal de recursos hídricos a intervenir o explotar, así como el generado por el transvase de una cuenca o subcuenca hidrográfica a otra, incluyendo el generado por ascenso o descenso de los niveles de aguas subterráneas y superficiales.

Lineamientos para diseñar medidas de mitigación, reparación o compensación

Las medidas que se adopten para este impacto deberán tener un enfoque transversal en mitigación, reparación y compensación. El método constructivo incluye ciertos FGI inevitables por lo que la estrategia debe ser abordar esos impactos directos sobre la sección transversal y la duración de los impactos. Las medidas de mitigación deben relacionarse con otros AA como el “movimiento de tierra en el cauce” y la “transformación de la zona y frecuencia de inundación”. Las medidas de restauración se deben considerar para la etapa posterior a la eliminación del desvío de cauce. Por último, pueden existir daños irreversibles en la sección transversal que se deben considerar para compensar sus efectos negativos.

Vinculación con Criterios Mínimos de Sustentabilidad Ley 21.202

Para descartar la significancia del impacto o bien, para justificar el diseño de medidas, se deberá demostrar que se cumple con los criterios mínimos que permiten mantener el régimen hidrológico superficial de los humedales urbanos. El régimen hidrológico configura la conectividad dentro del humedal, entre humedales adyacentes y entre el agua superficial y subterránea. Se deberá poner atención en la conservación del régimen de sedimentos. Se deberán establecer criterios cuantitativos o cualitativos que permitan asegurar la mantención del régimen hidrológico, el balance hídrico, volumen de entrada y salida, patrones de inundación, estacionalidad, régimen de sedimentos y conectividad hidrológica con otros humedales cercanos.

Consideraciones en la evaluación de impactos para los humedales estadísticamente significativos

Ribereños/ Río	**Palustres/ Permanentes**
Los ríos son sistemas dendríticos, es decir que funcionan como una unidad funcional a escala de cuenca. Por lo tanto, la alteración de la sección transversal de un río implica la interrupción de la conectividad hidrológica y biológica. Especial atención en presencia de especies de peces, anfibios y reptiles en diferentes etapas del ciclo de vida.	Se puede producir "estrangulamiento" hidrológico en un humedal palustre. El cambio en la velocidad en algunas partes y aumento en otras, altera el régimen de erosión.

Palustres/ Turberas	Palustres/ Andinos	Almacenamiento/ Tranque
Son de recuperación muy lenta por lo cual la restitución de una sección transversal generalmente requiere periodos de décadas para la recuperación.	El desvío de cauce puede desconectar hidrológicamente parte de la superficie del humedal y provocar efectos que sean visibles a largo plazo.	Por lo general, no aplica.

ASPECTO AMBIENTAL	Transformación temporal o permanente de la zona y frecuencia de inundación	23/25
Potenciales impactos directos	• Alteración de procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimento. • Deterioro de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del suelo (cambio en la frecuencia y duración de saturación de los perfiles del suelo). • Interrupción de la conectividad hidrológica. • Modificación de las condiciones hidráulicas del humedal. • Modificación de la morfología del humedal o zona ribereña. • Transformación de las condiciones de hábitat acuático y terrestre (cambio en la frecuencia y duración de la saturación en estratos vegetales).	
Potenciales impactos en cadena	• Alteración de flora y/o fauna por impactos en cascada sobre la red trófica. • Cambio en la superficie del humedal. • Deterioro de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del agua.	

AECS AFECTADOS

(Simbología | **D:** afectación directa. **C:** afectación en cadena)

OP	**Agua**		**Suelo**	**Flora y Vegetación**	
AEC	Calidad del agua	Cantidad de agua	Calidad del suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila
Afec.	**C**	**D**	**D**	**D**	**D**

OP	**Fauna**				**Ecosistema**	
AEC	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidro.	Conectividad del paisaje
Afec.	**C**	**C**	**C**	**C**	**D**	**C**

Consideraciones para determinar el Área de Influencia (AI)

La transformación de la zona de inundación significa un cambio en el factor forzante que sustenta el área humedal en términos de magnitud, duración, frecuencia y temporalidad por lo que se traduce repercusiones en todos los OP de alguna u otra manera.

De forma general para determinar las AI del OP **agua**, **suelo** y **flora y vegetación** se deben considerar todos los espacios donde previo a la ejecución existía saturación permanente o temporal y que debido a las obras o actividades del proyecto, se alterará. Cabe destacar que no solo se podrá alterar la magnitud del área inundada, si no también cuándo ocurre esa inundación y por cuánto tiempo permanece saturada. Para definir el área que podría verse alterada podrá ser necesario utilizar un modelo hidráulico considerando la condición previa y la proyectada capaz de estimar el cambio en el área inundable (u otras variables como altura de agua o la profundidad de

la napa freática) entre ambos escenarios. En el caso de existir cambios temporales podrán incluirse escenarios representativos solo de la fase constructiva. Cabe destacar que se deberá estudiar el cambio para eventos significativos (tormentas con periodos de retorno T=2 o 10 años) pero cobra mayor relevancia estudiar lo que ocurre en las condiciones más frecuentes que sustentan el ecosistema. Para eso se recomienda conceptualizar el modelo para un periodo de tiempo extenso o bien, para condiciones representativas de la temporada seca y húmeda (según la estacionalidad del humedal). Todas las áreas donde se perciba un cambio en el régimen de saturación deberán ser consideradas dentro del AI de agua, suelo y flora. Estos últimos dos, ya que sus propiedades físicas, químicas y bióticas dependen de la hidrología local.

La transformación de la zona de inundación puede deberse a múltiples acciones. Particularmente para las obras fluviales y puentes, este impacto se vincula con los desvíos de cauce, relleno, revestimiento de canales, rectificación del cauce, entubamientos, entre otros. En el caso de existir, también podrá deberse a la extracción de caudales. Para la correcta determinación de las AI se recomienda revisar los AA:

- (2) Compactación de suelo del humedal.
- (3) Derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño.
- (4) Disposición permanente de material en el humedal o relleno.
- (5) Extracción de caudales.
- (18/19) Instalación temporal o permanente de barrera transversal.
- (20) Movimiento de tierra en el humedal.
- (22/24) Transformación temporal o permanente de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad.

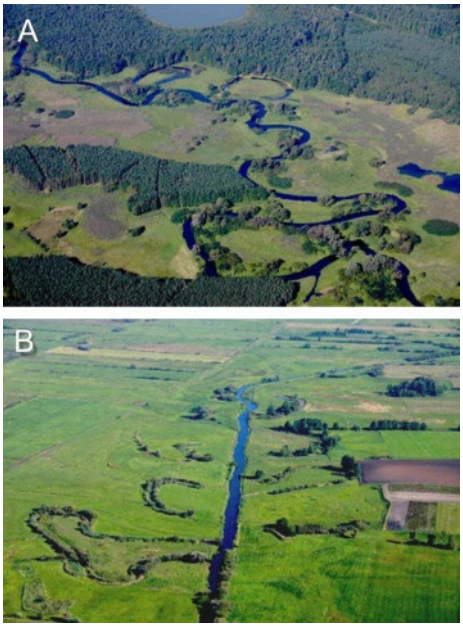
Consideraciones para describir los OP en el AI

Se debe describir cada OP impactado directamente por la transformación temporal de la zona y frecuencia de inundación:

- **Agua**: Se requiere caracterizar el régimen hidrológico de saturación describiendo su magnitud, duración, frecuencia y temporalidad. Esto con el objetivo de definir en qué zonas es posible el desarrollo de suelo hídrico y flora hidrófila. Para determinar las zonas que presentan saturación suficiente para ser considerada humedal se recomienda el trabajo de campo indicada en la "Guía de Delimitación y Caracterización de Humedales Urbanos de Chile".
- **Suelo**: La misma guía permite identificar las zonas donde existe suelo hídrico y flora hidrófila que podrá verse alterada por el cambio en el régimen hidrológico. Para el suelo se deberá describir su textura, granulometría, cantidad de materia orgánica, entre otras características.
- **Flora y vegetación** se deberán identificar y caracterizar las zonas donde se da suelo hídrico y hay predominancia de flora hidrófila. Se deberá describir la diversidad biológica, así como la presencia y abundancia de especies silvestres en estado de conservación o la existencia de un plan de recuperación, conservación y gestión de dichas especies.
- **Ecosistema**: De la misma manera, para el OP **ecosistema**, en este caso vinculado a la conectividad hidrogeomorfológica se debe adoptar un enfoque integral donde una

alteración tanto en el suelo como en el agua generarán un cambio a nivel ecosistémico debido a su rol estructurante.

Lineamientos para identificar el impacto



Cambio en el área humedal productos de la rectificación del cauce. Fuente: https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.07.028

Se deberá identificar si existen FGI que impliquen un cambio en el régimen de saturación del humedal. Se deberá poner atención en actividades que ocurran dentro del polígono del humedal (por ejemplo desvíos de cauce, relleno, revestimiento de canales, rectificación del cauce o entubamientos), así como obras que alteren el régimen de entrada o de salida del humedal (por ejemplo desvío de cauces aguas arriba del humedal de interés, extracción de caudales superficiales o subterráneos, instalación de descargas de aguas lluvias, obras de atravieso tipo tubería, impermeabilización de parte del área aportante, entre otros).

Es necesario estudiar, desde una perspectiva ecosistémica, todos los impactos (directos o en cadena) que surgen luego de modificar el factor forzante del humedal.

Lineamientos para estimar y cuantificar el impacto

Para estudiar los impactos vinculados a la transformación de la zona de inundación se deben identificar las áreas del humedal que quedarán afectas a un cambio en el régimen de saturación. Para esto es crucial tener correctamente delimitado el humedal, su cuenca aportante y superponerlo con las partes u obras del proyecto que podrán generar una alteración de tal manera de evaluar su interacción.

Para cuantificar el impacto se debe calcular el cambio en el área de saturación que sustenta el humedal con respecto a la condición previa al desarrollo del proyecto. Se recomienda evaluar el cambio para la condición asociada a las Condiciones Ambientales Normales (CAN), que corresponde a el periodo de tiempo donde los indicadores de hidrología coinciden con el límite del humedal. Para esto podrá utilizarse un modelo hidrológico e hidráulico capaz de simular el área inundable y de saturación. En este se deberán modelar los escenarios previos al proyecto, durante el proceso constructivo y en fase de operación.

Cabe destacar que un cambio en el régimen de saturación está vinculado también con una pérdida de suelo hídrico y deterioro de la flora hidrófila, estos cambios podrán estimarse en base al cambio en la hidrología, pero deberán conocerse los requerimientos hídricos de las especies de flora existentes en el humedal.

Criterios para evaluar la significancia del impacto
Se debe estudiar el cambio en el área inundable o de saturación en los diferentes escenarios asociados a las fases del proyecto, la diferencia relativa indicará la magnitud del impacto y señalará la significancia de este. Se debe poner atención en la duración del impacto, en algunos casos la transformación de la zona de inundación será solo temporal y este cambio no alterará la capacidad de regeneración, permanencia y condición que hacen posible el sustento de los componentes del humedal. Se debe estudiar si los cambios introducidos en el régimen hidrológico implican: • **Permanencia**: Afectación de la permanencia del recurso (agua, flora y suelo). • **Regeneración**: Alteración de la capacidad de renovación del recurso (agua, flora y suelo) • **Condiciones que hacen posible la presencia y desarrollo**: Alteración en el desarrollo de las especies y ecosistemas, con especial énfasis en aquellos recursos (agua y flora) propios del país que sean escasos, únicos y representativos. Adicionalmente, se deberá estudiar el cumplimiento de los criterios mínimos que permiten mantener el régimen hidrológico superficial y subterráneo (DS 15 Ley 21.202) mediante criterios cuantitativos o cualitativos justificables.

Guías y/o criterios aplicables	Normativa pertinente
• Guía para la descripción del área de influencia, descripción de los componentes suelo, flora y fauna de ecosistemas terrestres (SEA, 2015) • "Criterio de evaluación en el SEIA de contenidos técnicos para la evaluación ambiental del recurso hídrico" (SEA, 2022) • "Guía metodológica para determinar el caudal ambiental para centrales hidroeléctricas en el SEIA" (SEA, 2016)	• Artículo 6 del Reglamento del SEIA - Efecto adverso significativo sobre recursos naturales renovables. - a) La pérdida de suelo o de su capacidad para sustentar biodiversidad por degradación, erosión, impermeabilización, compactación o presencia de contaminantes. - b) La superficie de plantas, algas, hongos, animales silvestres y biota intervenida explotada, alterada o manejada y el impacto generado en dicha superficie. Se deberá considerar la diversidad biológica, así como la abundancia de especies silvestres en estado de conservación o la existencia de un plan de recuperación, conservación y gestión de dichas especies (Art 37 de la Ley). - c) La magnitud y duración del impacto del proyecto o actividad sobre el suelo, agua o aire en relación con la línea base. - g) El impacto generado por el volumen o caudal de recursos hídricos a intervenir o

	explotar..., incluyendo el ascenso o descenso de los niveles de aguas subterráneas superficiales. La evaluación de dicho impacto deberá considerar siempre la magnitud de la alteración en: g.4) Áreas o zonas de humedales, estuarios y turberas que pudieran ser afectadas por el ascenso o descenso de los niveles de aguas subterráneas o superficiales.

Lineamientos para diseñar medidas de mitigación, reparación o compensación

El diseño de medidas debe buscar la conservación del área humedal y la funcionalidad estructurante del régimen hidrológico.

Se recomienda definir el caudal ambiental, entendiendo caudal ambiental como "los flujos de agua, el momento de su aplicación y la calidad de las aguas precisos para mantener los ecosistemas de agua dulce y de los estuarios, así como los medios de subsistencia y bienestar de las personas que dependen del ecosistema". También se recomienda definir el caudal (u otra variable hidráulica) que ocurre en las CAN previo a la ejecución del proyecto. Las medidas deberán estar diseñadas para asegurar el régimen hidrológico para ambas condiciones.

Vinculación con Criterios Mínimos de Sustentabilidad Ley 21.202

Para descartar la significancia del impacto o bien, para justificar el diseño de medidas, se deberá demostrar que se cumple con los criterios mínimos que permiten mantener el régimen hidrológico superficial y subterráneo de los humedales urbanos. Se deberán establecer criterios cuantitativos o cualitativos que permitan asegurar la mantención del régimen hidrológico, el balance hídrico, volumen de entrada y salida, patrones de inundación, estacionalidad, régimen de sedimentos y conectividad hidrológica con otros humedales.

Consideraciones en la evaluación de impactos para los humedales estadísticamente significativos

Ribereños/ Río	Palustres/ Permanentes
Los ríos son sistemas especialmente dinámicos que varían su área de inundación tanto estacionalmente (según su régimen) pero también en escales temporales mayores. Estas variaciones son cruciales para la biota que habita en el cauce, en la zona ribereña y también aledaña a esta. La hidromorfología del cauce y estructura de la vegetación entrega información valiosa para entender esta variabilidad.	Tienden a tener una variación del área saturada más estable. Por esto mismo, la biota podrá ser altamente sensible a cambios en los patrones de inundación.

Palustres/ Turberas	Palustres/ Andinos	Almacenamiento/ Tranque
En general el área inundable no es visible, es decir, no se observa un espejo de agua. Esto ya que la vegetación actúa como verdaderas esponjas que retienen el agua. Son humedales de recuperación muy lenta por lo cual una alteración prolongada del régimen de saturación podrá requerir periodos de décadas para la recuperación.	La disponibilidad de agua es especialmente baja, por lo que una leve modificación en el régimen hidrológico puede implicar la pérdida grave del sustento del humedal.	Los cambios podrán estar asociados a ampliaciones o bien al consumo para el cual está diseñado.

Nota: *Este AA puede ocurrir de forma temporal (generalmente asociado al desvió de cauce) o de forma permanente. Se presenta una única ficha, ya que los lineamientos para la determinación del AI y predicción de impactos son similares. La diferencia recae en la evaluación del impacto, específicamente en la duración de este.*

ASPECTO AMBIENTAL	Uso de fertilizantes, pesticidas y/o herbicidas	26
Potenciales impactos directos	• Deterioro de las propiedades químicas y biológicas del agua. • Deterioro de las propiedades químicas y biológicas del suelo. • Alteración en el ciclo de nutrientes.	
Potenciales impactos en cadena	• Alteración del flora y fauna por impactos en cascada sobre la red trófica. • Transformación de las condiciones de hábitat acuático y terrestre. • Pérdida de individuos de fauna nativa por intoxicación.	

AECs AFECTADOS

(Simbología | **D:** afectación directa. **C:** afectación en cadena)

OP	**Agua**		**Suelo**	**Flora y Vegetación**	
AEC	Calidad del agua	Cantidad de agua	Calidad del suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila
Afec.	**D**		**D**	**C**	**C**

OP	**Fauna**				**Ecosistema**	
AEC	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidro.	Conectividad del paisaje
Afec.	**C**	**C**	**C**	**C**		

Consideraciones para determinar el Área de Influencia (AI)

Este impacto ocurre en obras de limpieza de la faja ribereña (herbicidas y pesticidas) y la reforestación de cuencas hidrográficas (principalmente, fertilizantes) o cualquier otra obra que requiera el uso de dichas sustancias para el manejo de la vegetación.

El AI incluye dos OP: **agua** (calidad) y **suelo**. Para delimitar el AI, se considera primero la zona terrestre de aplicación de los productos químicos, afectando el suelo. Dependiendo de sus características, los químicos pueden infiltrarse hacia horizontes de suelo más profundos. Es crucial conocer las condiciones químicas del suelo, el agua superficial y subterránea, y sus variaciones estacionales para modelar la dispersión de compuestos químicos. Debe considerarse una distancia aguas abajo suficiente para que la concentración de compuestos sea imperceptible. Una dificultad al delimitar el AI es la contaminación difusa, donde los compuestos químicos se infiltran y dispersan subterráneamente hasta llegar a cursos de agua. Por ello, el AI debe considerar tanto fuentes directas como difusas de contaminación.

Cuando se aplican fertilizantes, pesticidas o herbicidas cerca, dentro o aguas arriba de un humedal, el AI incluye el área del humedal afectada por estos compuestos, que pueden dispersarse por escorrentía, infiltración a aguas subterráneas, aguas superficiales o viento. Los compuestos químicos también pueden translocarse desde el suelo hacia las plantas, produciendo **impactos en cadena** que afecten la flora hidrófila y estructura de la vegetación ribereña.

Es por este potencial de dispersión, que el AI debe considerar también la persistencia de los compuestos en el ambiente. Hay agroquímicos que contienen COPs (Contaminantes Orgánicos Persistentes) reconocidos a nivel internacional como una amenaza para la salud humana y el ecosistema, ya que se bioacumulan y son resistentes a la degradación.

La aplicación de compuestos químicos a la vegetación suele ocurrir de forma simultánea con otros AA por lo que se recomienda revisar las fichas de los siguientes AA:

- (5) Extracción de la vegetación aledaña al humedal.
- (6) Extracción de vegetación en el humedal.
- (19) Uso de flora exótica invasora.
- (29) Vertimiento de sedimentos y contaminantes.

Consideraciones para describir los OP en el AI

Para describir los OP impactados se debe conocer las condiciones de base que hacen posible el funcionamiento normal del ecosistema del humedal. Se debe realizar un análisis crítico sobre el cambio en las condiciones del suelo y el agua con respecto a la condición inicial. Dado que los OP son estructurantes del funcionamiento del humedal, afectan también a la flora y vegetación, lo que a su vez produce cambios en las condiciones para el desarrollo de fauna. Estas afectaciones se deben cuantificar al estudiar los AA asociados mencionados en la sección anterior.

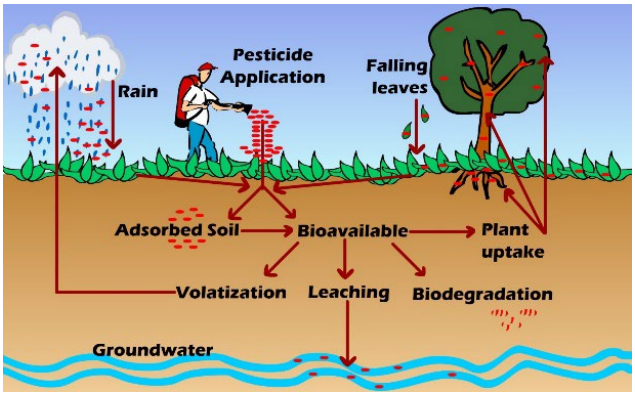
Es importante recalcar que, si bien los OP de este estudio se enfocan exclusivamente en el humedal, en este caso en particular existe un potencial alto de afectación a la salud humana.

Para este describir los OP se debe considerar:

- **Agua**: Propiedades físicas, químicas y biológicas, específicamente la concentraciones de nitrógeno total, nitrato y nitrito, fósforo total y sulfatos. Para conocer el AI, se deben emplear modelos que consideren el régimen de escurrimiento superficial y subterráneo que permitan describir el potencial de dispersión de los compuestos químicos
- **Suelo**: Describir las propiedades químicas del suelo, especialmente el nitrógeno y fósforo. Para conocer el potencial de infiltración del suelo y la dispersión de los compuestos, se debe describir características físicas como la porosidad, la granulometría y la densidad aparente.

Lineamientos para identificar el impacto

Este impacto ocurre en obras de conservación o construcción cuando ocurre un cambio en las propiedades químicas y biológicas del agua y/o del suelo producto de la aplicación de compuestos químicos para el control y facilitación de especies de flora. El impacto ocurre tanto en la zona directa de aplicación como en la zona por la cual se dispersan los compuestos. La dispersión está determinada por procesos de escorrentía, infiltración, percolación y dispersión por viento.



La aplicación de fertilizantes, pesticidas y herbicidas produce dispersión por diferentes mecanismos y medios (suelo, agua, viento). Fuente: www.intechopen.com

La identificación del impacto se observa en el deterioro potencial de la vegetación y flora hidrófila. También en la disminución de la calidad del agua con la bioacumulación de compuestos químicos provenientes de los fertilizantes, pesticidas y herbicidas.

Lineamientos para estimar y cuantificar el impacto

Es posible cuantificar este impacto al modelar disolución de componentes químicos y su infiltración a napas subterráneas. Para esto se debe considerar la disponibilidad de agua y el régimen de flujo natural que genere transporte de los químicos hacia otros sitios de la cuenca. Para este impacto es necesario considerar el AI de la calidad de agua, vegetación y flora hidrófila. Para estimar el impacto real se debe considerar la frecuencia de aplicación, ya que esto da una noción del **impacto acumulativo** que tiene la aplicación reiterada de agroquímicos.

Criterios para evaluar la significancia del impacto

El impacto sobre los OP será evaluado al comparar la condición de base con el potencial de dispersión de los compuestos químicos. La predicción se realiza mediante modelos de dispersión de partículas mediante viento, agua superficial y subterránea. En este sentido, para evaluar la significancia se deben realizar estudios que valoren la calidad del agua y del suelo previo al impacto para cuantificar la magnitud numérica de los indicadores modificados. Las condiciones resultantes del impacto deben ser contrastadas con en base a normativa nacional e internacional de calidad de agua. Para el caso de Chile, existen Normas Primarias de Calidad de Agua (enfocadas en población humana) y Normas Secundarias de Calidad de Agua (enfocada el ecosistema). También, la Ley 19.300 delinea una serie de normativas internacionales de referencia en caso de que algún parámetro no esté normado en Chile.

Se entenderá que existe un impacto significativo sobre el ecosistema cuando se altere su permanencia, regeneración o condiciones que hacen posible su desarrollo (Artículo 6° RSEIA). En el uso de fertilizantes, pesticidas o herbicidas, la evaluación requiere considerar:

- **Permanencia**: Cuando la concentración de sustancias afecta la viabilidad del recurso.
- **Regeneración**: La frecuencia de aplicación de estos compuestos es lo que va a condicionar la significancia del impacto ya que el efecto es de un impacto acumulativo.

- **Condiciones que hacen posible la presencial y el desarrollo**: Al aplicar compuestos químicos se produce una alteración sobre las condiciones (químicas) del suelo y el agua que posibilitan el desarrollo de flora y fauna.

Guías y/o criterios aplicables	Normativa pertinente
• Criterio de evaluación en el SEIA: Contenidos técnicos para la evaluación ambiental del recurso hídrico (2022) • Guía metodológica para la compensación de biodiversidad en ecosistemas terrestres y acuáticos continentales (2022)	• Normas Primarias de Calidad de Agua • Normas Segundarias de Calidad de Agua • Decreto 28/2023 (MOP) Decreto 58 Aprueba reglamento que establece el procedimiento para la elaboración, revisión y actualización, así como el monitoreo y reporte de los planes estratégicos de recursos hídricos en cuencas.

Lineamientos para diseñar medidas de mitigación, reparación o compensación

El enfoque de este impacto deben ser sobre medidas de mitigación. Esto contempla una adecuada planificación relacionada a las condiciones de régimen hidrológico y condiciones atmosféricas puntuales. El régimen hidrológico debe ser considerado para mitigar el potencial de dispersión, es decir, evitar periodos de alta escorrentía para la aplicación de estos compuestos, de manera de que estos no sean arrastrados. En segundo lugar una adecuada aplicación debe tener en cuenta condiciones atmosféricas puntuales, evitando días con fuerte velocidad de viento que pueda dispersar las partículas de compuestos químicos. Finalmente, la aplicación de todo tipo de agroquímicos debe ser realizada aplicando buenas prácticas básicas como el correcto almacenamiento y rotulado de los compuestos, aplicación con las dosis y frecuencias indicadas y disposición en tiempos y lugares apropiados para esto. Alternativamente, se pueden utilizar formas de manejo ecológico/agroecológico, tales como: control biológico, manejo integrado de plagas, fertilización mediante fijación de nitrógeno, compsot o mulch, entre otras técnicas.

Vinculación con Criterios Mínimos de Sustentabilidad Ley 21.202

Para descartar la significancia del impacto o bien, para justificar el diseño de medidas, se deberá demostrar que se cumple con los criterios mínimos que permiten mantener las propiedades físicas, químicas y biológicas del humedal dentro de umbrales que permitan el adecuado desarrollo de sus componentes bióticos, interacciones y flujos ecosistémicos.

Consideraciones en la evaluación de impactos para los humedales estadísticamente significativos

Ribereños/ Río	Palustres/ Permanentes
Por lo general tienen mayor capacidad de recuperación debido al flujo de agua corriente. Sin embargo, esto conlleva el problema de arrastre de contaminantes hacia otros ecosistemas de humedal aguas abajo.	Sistemas con velocidad de flujo menor por lo cual hay mayor potencial de acumulación de sustancias en sedimentos y eutrofización.

Palustres/ Turberas	Palustres/ Andinos	Almacenamiento/ Tranque
La vegetación de turbera puede ser especialmente sensible al cambio en la calidad de agua como la introducción de químicos.	Su origen suele ser aguas subterráneas por lo cual el uso de agroquímicos probablemente genere infiltración y contaminación de aguas subterráneas.	Mayor propensión a procesos de eutrofización, ya que son humedales artificiales con bajo flujo, lo cual produce propagación de algas y condiciones de anoxia en el agua.

ASPECTO AMBIENTAL	Uso de flora exótica invasora	27
Potenciales impactos directos	• Introducción de flora exótica e invasora • Cambio en la composición comunitaria de flora hidrófila	
Potenciales impactos en cadena	• Deterioro de hábitat acuático y terrestre • Alteración de flora y/o fauna por impactos en cascada sobre la red trófica.	

AECs AFECTADOS

(Simbología | **D**: afectación directa. **C:** afectación en cadena)

OP	Agua		Suelo	Flora y Vegetación	
AEC	Calidad del agua	Cantidad de agua	Calidad del suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila
Afec.				**D**	**D**

OP	Fauna				Ecosistema	
AEC	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidro.	Conectividad del paisaje
Afec.						**C**

Consideraciones para determinar el Área de Influencia (AI)

El uso de flora exótica invasora en humedales o en sus riberas genera un impacto directo en el OP flora y vegetación, e indirecto en ecosistema. El AI del OP afectado directamente considera el humedal en toda su extensión, así como el área de vegetación ribereña inmediatamente aledaña al humedal. El AI para el OP ecosistema se entiende como el paisaje inmediato, es decir, el área colindante con fisiografía compartida (planicies, ladera homogénea, etc.), donde accidentes geográficos como quiebres de pendiente puede acotar este AI.

La dispersión de la especie invasora se ve favorecida por la capacidad natural de los ecosistemas de ser una fuente dispersora de semillas y polen, por lo que el AI de este aspecto debe considerar zonas someras del ecosistema de humedal, así como sus riberas. Adicionalmente, áreas cercanas en el paisaje que no tengan cobertura de arbustos ni árboles son propensas a ser colonizadas por flora invasora (zonas degradadas, praderas, áreas quemadas, cultivos).

El uso de flora exótica está asociado a otros dos AA que son importantes de considerar para tener una descripción más precisa del AI:

- (21) Perturbación del suelo aledaño al humedal
- (26) Uso de fertilizantes, pesticidas y/o herbicidas.

Consideraciones para describir los OP en el AI

El OP directamente afectado es la flora y vegetación. Por otra parte, se ve afectado indirectamente el OP ecosistema.

- **Flora y vegetación**: Considerar el tipo de especies presente y su variedad y también la estructura de la vegetación, es decir cómo se compone el conjunto de especies, los

estratos y densidad que tiene. Es recomendable describir la vegetación funcional en la franja ribereña, y la extensión lineal de la franja ribereña. Con respecto a la flora hidrófila, se sugiere describir la riqueza específica, la abundancia total y específica (Índice De Braun-Blanquet), la proporción o % de especies nativas/introducidas, presencia de especies en categoría de conservación, la presencia de formaciones vegetales frágiles o escasas.

Se sugiere contemplar impactos que ocurren en cadena a escala del OP ecosistema:

- **Ecosistema**: Describir los cambios en la conectividad del paisaje. Para esto, es necesario describir el tamaño de los parches de hábitat, la forma de los parches de hábitat, la presencia de corredores biológicos, pudiendo caracterizar las unidades homogéneas de vegetación del área, y obteniendo indicadores de vulnerabilidad a invasión biológica.

Lineamientos para identificar el impacto

Este impacto puede manifestarse en obras de conservación de cauce que contemplen la reforestación de cuencas hidrográficas, y en general durante la fase de finalización de obras que contemplan la reforestación de áreas de faena o bien paisajismo asociado al diseño de la obra.

La condición más desfavorable para este AA estará dada cuando ocurra en áreas de alta degradación ecológica, donde la fuente de propágulos nativos (semillas, rebrote, etc.) es muy limitada. Además, la invasión biológica de especies invasoras desde afuera hacia dentro del humedal también puede darse con aquellas especies plásticas que pueden habitar tanto la ribera como dentro del humedal (por ejemplo, Aliso, *Alnus glutinosa*). Esta invasión es indeseada, ya que la colonización de especies arbóreas dentro de humedales, usualmente se ve acompañada de la acumulación de material orgánico cercana a sus raíces, lo que a largo plazo significa en la deposición de sedimento, elevando la cota del humedal.

Este impacto **no ocurre**, si en reemplazo de la elección de especies exóticas, se decide utilizar especies nativas adaptadas a condiciones del humedal en los esquemas de reforestación.

Lineamientos para estimar y cuantificar el impacto

Para la estimación y cuantificación del impacto por uso de flora exótica, se debe describir el área (m^2 o ha) a intervenir y a reforestar.

Desde el punto de vista del ecosistema receptor del impacto, es clave conocer la presencia de especies en categoría de conservación, y la representatividad de estos individuos en el AI. Para esto, es útil que al describir los indicadores del OP ecosistema, y flora y vegetación, se integren ambos OP, por ejemplo, identificando aquellos parches de vegetación que pudieran contar con especies en alguna categoría de conservación. Con lo anterior, se pueden construir escenarios, prediciendo la trayectoria ecológica de parches de vegetación, a través de elaboración de mapas, modelos y/o análisis espacial de cambio de la vegetación con el impacto.

La invasión biológica que puede provocar el uso de flora exótica invasora podría hacer inviables poblaciones de especies en categoría de conservación, y que usualmente también tienen

desventajas para reproducirse y propagarse, frente a exóticas invasoras que mantienen una alta magnitud, extensión y duración indefinida del impacto, si no existe un plan de control.

Criterios para evaluar la significancia del impacto

La presencia de especies forestales en alguna categoría de conservación (p. ej. En Peligro,) en el área de ejecución de obras probablemente indique un impacto ambiental significativo. Lo anterior, se ve reforzado por las características del impacto de una invasión biológica en estas áreas, producto del uso de flora exótica invasora, características que limitan la permanencia, la capacidad de regeneración o renovación, y altera las condiciones que hacen posible la presencia y desarrollo de aquellas especies en alguna categoría de conservación.

Se entenderá que existe un impacto significativo sobre el ecosistema cuando se altere su permanencia, regeneración o condiciones que hacen posible su desarrollo (Artículo 6° RSEIA). Con respecto a la extracción de la vegetación aledaña al humedal, la evaluación requiere considerar:

- **Permanencia:** Una vez establecida la vegetación exótica, el desplazamiento o extinción local de flora nativa es permanente, toda vez que no se remueva dicha flora exótica.
- **Regeneración:** La flora exótica invasora tiene numerosas ventajas ecológicas y reproductivas, por sobre la flora que naturalmente existe en un territorio, por lo que este impacto afecta considerablemente la regeneración de la flora y vegetación.
- **Condiciones que hacen posible la presencial y el desarrollo**: En zonas ecológicamente degradadas, puede llegar afectar considerablemente las condiciones que hacen posible la presencia y el desarrollo de la flora y vegetación nativa.

Guías y/o criterios aplicables	Normativa pertinente
• Guía metodológica para la compensación de biodiversidad en ecosistemas terrestres y acuáticos continentales (SEA, 2022)	• Ley 20.283 Sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal.

Lineamientos para diseñar medidas de mitigación, reparación o compensación

Evitar la posibilidad de ocurrencia de una invasión biológica sobre zonas de relevancia para la biodiversidad, y aquellas en que la vegetación original juega un rol importante en procesos funcionales (provisión de agua, polinización, etc.). El foco está en la implementación de buenas prácticas que eviten el uso de flora exótica invasora. Con ello se puede evitar del todo la ocurrencia del impacto y la consecuente implementación de medidas mitigación, reparación o compensación.

Vinculación con Criterios Mínimos de Sustentabilidad Ley 21.202

Para descartar la significancia de este impacto ambiental, o bien, para justificar el diseño de medidas, se debe considerar el criterio mínimo que permite resguardar las características ecológicas y el funcionamiento de los humedales urbanos. Se deberán establecer criterios cuantitativos y cualitativos que permitan conservar la funcionalidad ecológica. sus características ecológicas.

Consideraciones en la evaluación de impactos para los humedales estadísticamente significativos	
Ribereños/ Río	**Palustres/ Permanentes**
Un ecosistema acuático ribereño es un corredor biológico, por lo que es un dispersor natural de especies. En el caso de este impacto ambiental, al situar flora exótica invasora en la ribera, el ecosistema juega el rol de dispersor aguas abajo, y por los organismos que puedan transitar, pueden dispersar río arriba. Según lo anterior, este impacto en un ecosistema de río se puede magnificar.	En este tipo de ecosistemas, la flora exótica invasora en sus riberas puede tener la capacidad de colonizar ambientes tanto terrestres como acuáticos, pudiendo reemplazar la flora hidrófila e higrófila nativa, cambiando la funcionalidad de estos ecosistemas asociadas a su vegetación, y en el largo plazo en conectividad hidro geomorfológica.

Palustres/ Turberas	**Palustres/ Andinos**	**Almacenamiento/ Tranque**
En este tipo de ecosistemas, la flora exótica invasora en sus riberas puede tener la capacidad de colonizar ambientes tanto terrestres como acuáticos, pudiendo reemplazar la flora hidrófila e higrófila nativa, cambiando la funcionalidad de estos ecosistemas asociadas a su vegetación, y en el largo plazo en conectividad hidro geomorfológica. Adicionalmente, la geografía propia de los territorios con presencia de este tipo de humedales es plana, y el viento tiene una alta ponderación como vector de transporte de polen y semillas, por lo que se hace más relevante la sugerencia de utilizar flora nativa, ya que con estos factores dominantes, se propicia mayormente una invasión biológica indeseada en el paisaje circundante.	Los ecosistemas palustres andinos generalmente presenten vegetación muy escasa. Por lo anterior, si existen oportunidades de reforestación de espacios intervenidos, se hace muy relevante el propiciar que aumenten la escasa cobertura vegetal nativa a través de esta acción, eligiendo especies nativas locales.	El contexto ecológico y de paisaje para humedales artificiales de almacenamiento o tranques, se caracteriza por su alto nivel de degradación ecológica y alto grado de alteración natural. En este contexto, es recomendable utilizar medidas de reforestación con flora nativa, contribuyendo así a recuperar la funcionalidad ecológica y especies nativas de la zona.

ASPECTO AMBIENTAL	Uso de material agregado	28
Potenciales impactos directos	• Introducción de flora exótica e invasora. • Cambio en la composición comunitaria de flora hidrófila.	
Potenciales impactos en cadena	• Deterioro de hábitat acuático y terrestre. • Alteración de flora y/o fauna por impactos en cascada sobre la red trófica.	

AECs AFECTADOS

(Simbología | **D:** afectación directa. **C:** afectación en cadena)

OP	Agua		Suelo	Flora y Vegetación	
AEC	Calidad del agua	Cantidad de agua	Calidad del suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila
Afec.				**D**	**D**

OP	Fauna				Ecosistema	
AEC	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidro.	Conectividad del paisaje
Afec.						**C**

Consideraciones para determinar el Área de Influencia (AI)

El uso de material agregado ocurre en obras que involucran uso de áridos, como la construcción y reconstrucción de plataformas en caminos, (de grava y suelos naturales), recebo de carpetas y bermas granulares, reparación de calzada con material integral, montaje de puentes modulares de emergencia, revestimientos de riberas, protecciones de cepas, espigones, muros guardaradieres, muros transversales, revestimiento de fondos, entre otras.

El impacto ocurre de manera no planificada cuando los áridos utilizados en la obra provienen de algún sector en donde hubiese dispersión de semillas y plantas invasoras, en general gramíneas (pastos) y arbustos (por ejemplo, espinillo *Ulex europaeus*). El ocupar áridos que contengan semillas, permite la propagación de especies exóticas, las cuales frecuentemente son invasoras y desencadenan cambios en la composición comunitaria de la flora y vegetación en general.

La dispersión de la especie invasora se ve favorecida por la capacidad natural de los ecosistemas de ser una fuente dispersora de semillas y polen, por lo que el AI de este AA debe considerar zonas someras del ecosistema de humedal, así como sus riberas. Adicionalmente, áreas cercanas en el paisaje que no tengan cobertura de arbustos ni árboles son propensas a ser colonizadas por flora invasora (zonas degradadas, praderas, áreas quemadas, cultivos).

En definitiva, para determinar el AI del impacto producido por el uso de material agregado se debe considerar la zona de aplicación de los áridos en todas las etapas de la obra, y similar al AA uso de flora exótica invasora, es necesario considerar dentro del AI todo el ecosistema de humedal y su zona ribereña.

El uso de material agregado para diversas obras está asociado a otros AA. Se sugiere revisar las fichas correspondientes para una delimitación adecuada del AI.

- (2) Compactación de suelo del humedal.
- (4) Disposición permanente de material en el humedal o relleno.
- (20) Movimiento de tierra en el humedal.
- (21) Perturbación del suelo aledaño al humedal.
- (26) Uso de fertilizantes, pesticidas y/o herbicidas.

Consideraciones para describir los OP en el AI

La evaluación de este impacto debe considerar la descripción del OP flora y vegetación:

- **Flora y vegetación**: Considerar el tipo de especies presente y su variedad y también la estructura de la vegetación, es decir cómo se compone el conjunto de especies, los estratos y densidad que tiene. Es recomendable describir la vegetación funcional en la franja ribereña, y la extensión lineal de la franja ribereña. Con respecto a la flora hidrófila, se sugiere describir la riqueza específica, la abundancia total y específica (Índice De Braun-Blanquet), la proporción o % de especies nativas/introducidas, presencia de especies en categoría de conservación, la presencia de formaciones vegetales frágiles o escasas.

Se sugiere contemplar impactos que ocurren en cadena a escala del OP ecosistema:

- **Ecosistema**: Describir los cambios en la conectividad del paisaje. Para esto, es necesario describir el tamaño de los parches de hábitat, la forma de los parches de hábitat, la presencia de corredores biológicos, pudiendo caracterizar las unidades homogéneas de vegetación del área, y obteniendo indicadores de vulnerabilidad a invasión biológica.

Lineamientos para identificar el impacto

Es muy frecuente el uso de material agregado en obras que involucran uso de áridos en la fase de ejecución. También, durante la instalación de obras se realiza extracción, chancado y/o acopio de material agregado, así como durante la finalización y cierre de empréstitos con el consiguiente cierre de botaderos.

En obras de conservación de cauces, este impacto puede presentarse en la construcción y reconstrucción de plataformas en caminos, recebo de carpetas y bermas granulares, reparación de calzada con material integral, montaje de puentes modulares de emergencia, y revestimientos de riberas, protecciones de cepas, espigones, muros guardaradieres, muros transversales, revestimiento de fondos, entre otras.

Durante la construcción de caminos ocurre en la preparación de la subrasante, en el transporte de áridos, y en la formación de terraplenes, entre otros procedimientos de trabajo que involucren el uso de áridos.

Para identificar la posibilidad de que el uso de material agregado produzca una invasión biológica por presencia de flora exótica invasora, es necesario evaluar 3 dimensiones:

1. Presencia de propágulos (semillas, vástagos, u otros).

2. De existir propágulos, identificar la especie e identificar su invasibidad (revisar “Catálogo de las Especies Exóticas Asilvestradas/ Naturalizadas en Chile, 2017”)
3. Evaluar la invasibilidad de parches dentro del AI, descrita como la probabilidad de que un ecosistema sea invadido al establecer las condiciones ambientales que deberán sortear las especies exóticas que lleguen.

Metodológicamente, se puede evaluar la presencia de propágulos (semillas) de especies vegetales durante el proceso de tamizado del material agregado. En el tamizado fino (arena) se pueden extraer muestras para identificar la presencia de semillas. En caso de existir, se puede identificar la especie o el género a la que pertenece la especie.

Lineamientos para estimar y cuantificar el impacto

Además de los lineamientos del impacto ambiental sobre uso de flora exótica invasora, se suman los siguientes:

Evaluación del potencial de invasión (invasividad) del OP flora y vegetación. Lo anterior, está dado por factores abióticos o climáticas (orientación de ladera, y presencia previa de vegetación, entre otros) y bióticos, como la diversidad de especies nativas (baja diversidad, denota alta invasividad), tramas tróficas simples (denota alta invasividad), amplia disponibilidad de nichos ecológicos para las especies exóticas (praderas, zonas sin vegetación, sitios eriazos), ausencia de enemigos depredadores, parásitos y patógenos, reducida competencia, presencia de especies facilitadoras. Tal como se indica en el AA uso de flora exótica invasora, el nivel de perturbación del ecosistema receptor (sea de origen natural o artificial) o un ecosistema entendido como ambiente degradado, hace que el OP sea más propensos a la colonización de especies exóticas invasoras.

Lo anterior, puede complementarse muy bien con la elaboración de una modelación de dispersión de la flora exótica invasora, donde se pueden utilizar modelos ecológicos para predecir la dispersión y el impacto potencial de las especies exóticas en las áreas circundantes.

Criterios para evaluar la significancia del impacto

Se entenderá que existe un impacto significativo sobre el ecosistema cuando se altere su permanencia, regeneración o condiciones que hacen posible su desarrollo (Artículo 6° RSEIA). Con respecto al uso de material agregado, la evaluación requiere considerar que:

- **Permanencia:** Una vez establecida la vegetación exótica, el desplazamiento o extinción local de flora nativa es permanente, toda vez que no se remueva dicha flora exótica.
- **Regeneración:** La flora exótica invasora tiene numerosas ventajas ecológicas y reproductivas, por sobre la flora que naturalmente existe en un territorio, por lo que este impacto afecta considerablemente la regeneración de la flora y vegetación.
- **Condiciones que hacen posible la presencial y el desarrollo**: De comprobarse la presencia de propágulos de especies de flora exótica invasora en el material agregado, se limitan las condiciones que hacen posible la presencia y desarrollo del recurso local, en este caso, la flora y vegetación pre-existente, especialmente en zonas ecológicamente degradadas.

Guías y/o criterios aplicables	Normativa pertinente
• Guía metodológica para la compensación de biodiversidad en ecosistemas terrestres y acuáticos continentales (SEA, 2022)	• Ordenanzas municipales relativas a extracción y disposición de áridos.

Lineamientos para diseñar medidas de mitigación, reparación o compensación

Para disminuir el efecto negativo de utilizar material agregado, es recomendable vegetar de manera rápida aquellas áreas donde se dispuso del material. Por ejemplo, utilizar propágulos (semillas, plantines) de flora nativa de ribera como el pelú u otras especies ribereñas de rápido crecimiento.

Por otro lado, la introducción involuntaria y dispersión de especies de flora exótica invasora se puede prevenir mediante la implementación de varios tipos de tratamientos y estrategias:

1. Tratamientos físicos: tamizado, lavado, flameo (calor).
2. Tratamientos químicos: desinfección, fumigación.
3. Tratamientos biológicos: Inhibidores de germinación, biorremediación (utilizar microorganismos que puedan degradar o inhibir el crecimiento de semillas exóticas).
4. Medidas preventivas y de gestión: proveedores certificados, inspección y monitoreo, educación y capacitación de los trabajadores/as; control de calidad y monitoreo postratamiento.

Vinculación con Criterios Mínimos de Sustentabilidad Ley 21.202

Para descartar la significancia del uso de material agregado, o bien, para justificar el diseño de medidas, se debe considerar el criterio mínimo que permite resguardar las características ecológicas y el funcionamiento de los humedales urbanos. Se deberán establecer criterios cuantitativos y cualitativos que permitan conservar la funcionalidad ecológica, las características ecológicas.

Consideraciones en la evaluación de impactos para los humedales estadísticamente significativos

Ribereños/ Río	Palustres/ Permanentes
Un ecosistema acuático ribereño es un corredor biológico, por lo que es un dispersor natural de especies. Al situar flora exótica invasora en la ribera, el ecosistema juega el rol de dispersor aguas abajo, y por los organismos que puedan transitar, pueden dispersar río arriba. Según lo anterior, este impacto en un ecosistema de río se puede magnificar.	En este tipo de ecosistemas, la flora exótica invasora en sus riberas puede tener la capacidad de colonizar ambientes tanto terrestres como acuáticos, pudiendo reemplazar la flora hidrófila e higrófila nativa, cambiando la funcionalidad de estos ecosistemas asociadas a su vegetación, y en el largo plazo en conectividad hidrogeomorfológica.

Palustres/ Turberas	Palustres/ Andinos	Almacenamiento/ Tranque
En este tipo de ecosistemas, la flora exótica invasora en sus riberas puede tener la capacidad de colonizar ambientes tanto terrestres	La flora y vegetación presente en este tipo de ecosistemas es escasa y poco representada en las áreas donde se manifiestan estos humedales.	El contexto ecológico y de paisaje para humedales artificiales de almacenamiento o tranques, se caracteriza por su alto nivel de degradación

como acuáticos, pudiendo reemplazar la flora hidrófila e higrófila nativa, cambiando la funcionalidad de estos ecosistemas asociadas a su vegetación, y en el largo plazo en conectividad hidrogeomorfológica. Adicionalmente, la geografía propia de los territorios con presencia de este tipo de humedales es plana, y el viento tiene una alta ponderación como vector de transporte de polen y semillas, por lo que se hace más relevante la sugerencia de utilizar flora nativa, ya que, con estos factores dominantes, se propicia mayormente una invasión biológica indeseada en el paisaje circundante.	Por lo anterior, la evaluación de la invasibilidad de flora exótica invasora que puede contener el material agregado se hace prioritaria en humedales palustres andinos.	ecológica y alto grado de alteración natural. En este contexto, es recomendable utilizar medidas de reforestación con flora nativa, contribuyendo así a recuperar la funcionalidad ecológica y especies nativas de la zona.

ASPECTO AMBIENTAL	Vertimiento de sedimentos y contaminantes	29
Potenciales impactos directos	• Deterioro de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del agua. • Deterioro de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del suelo.	
Potenciales impactos en cadena	• Deterioro de hábitat acuático y terrestre. • Alteración del flora y fauna por impactos en cascada sobre la red trófica.	

AECS AFECTADOS

(Simbología | **D:** afectación directa. **C:** afectación en cadena)

OP	Agua		Suelo	Flora y Vegetación	
AEC	Calidad del agua	Cantidad de agua	Calidad del suelo	Estructura de la vegetación ribereña	Flora hidrófila
Afec.	**D**		**D**		**C**

OP	Fauna				Ecosistema	
AEC	Peces	Aves	Anfibios y reptiles	Mamíferos	Conectividad hidro.	Conectividad del paisaje
Afec.	**C**		**C**			

Consideraciones para determinar el Área de Influencia (AI)

En el contexto de las obras abordadas en este estudio, el vertimiento de sedimentos y contaminantes está asociado con obras de conservación de mantención de la red primaria de aguas lluvias y conservación de colectores: hidrojet, reparación de tuberías, sumideros, cámaras, etc. En este sentido la red de colectores secundarios son el elemento de drenaje urbano que recibe en primera instancia las aguas lluvias, siendo su posterior destino la red de colectores primarios, definida como "aquella constituida por los cauces naturales (ríos, esteros y quebradas) que atraviesan la ciudad, los canales existentes y proyectados, los colectores separados superiores a cierto diámetro y todos los colectores unitarios." (Ministerio de desarrollo social. 2017). En la limpieza de estos elementos se produce un aporte concentrado de sedimentos u otros contaminantes urbanos almacenados en los colectores a la red primaria de aguas lluvia, lo que genera la afectación hacia el OP agua.

Este AA también estará presente el caso del diseño y construcción de una red de drenaje de aguas lluvias si es que no se diseña con elementos detención, almacenamiento y depuración de la escorrentía urbana.

El criterio para delimitar el AI del OP **agua** corresponde a la extensión de área desde el punto de ingreso de contaminantes o sedimentos hasta el límite donde no sea posible identificar alteraciones, ya sean estas en las propiedades del agua o en el régimen de sedimentación. De forma general el AI debe incluir toda la pluma de dispersión de sedimentos u otros contaminantes.

Para el **suelo**, se requiere identificar las zonas del humedal que se ubican aguas abajo de la descarga de aguas lluvias y, consecuentemente, que podrán recibir y acumular los sedimentos y contaminantes arrastrados.

Se recomienda revisar las fichas vinculadas a los siguientes AA:

- (2) Compactación del suelo del humedal.
- (13) Impermeabilización del suelo aledaño.
- (20) Movimiento de tierra en el humedal.
- (21) Perturbación de suelo aledaño al humedal.

Consideraciones para describir los OP en el AI

Los OP afectados corresponden al **agua** (calidad) y el **suelo**, aun así, ambos corresponden a atributos estructurantes por lo que también se deberá definir el AI para los OP **flora** y **fauna** según sea pertinente. Considerar para cada OP:

- **Agua:** Comportamiento histórico del régimen hidrológico incluyendo y de estacionalidad, sedimentos y la estacionalidad y variabilidad de los parámetros fisicoquímicos.
- **Suelo:** Granulometría y horizontes del perfil del suelo del humedal receptor.

Para los OP alteados de manera indirectamente:

- **Flora y Vegetación:** Presencia de flora hidrófila, especialmente especies sumergidas vulnerables al aporte de sedimentos y cambios en la penetración de luz. Identificar especies en categoría de conservación y aquellas que cumplan con un rol de refugio y alimento.
- **Fauna:** Caracterizar la composición de la biota acuática (ej. peces y macroinvertebrados). Identificar especies en categoría de conservación.

Lineamientos para identificar el impacto

Las acciones vinculadas al vertimiento de sedimentos y contaminantes corresponden principalmente, como se mencionó, a las obras de conservación asociadas a la limpieza de la red secundaria de aguas lluvia. Al momento de identificar el impacto de disminución de la calidad sobre el **agua** y **suelo**, se deberá considerar toda la red de humedales afectados dentro de la cuenca según los puntos de descargas. Se recomienda realizar este análisis desde aguas arriba hacia aguas abajo.

Cabe destacar que, en el caso de no existir elementos de detención, almacenamiento y/o depuración diseñados para mejorar la calidad de la escorrentía urbana, el aporte de contaminantes y sedimentos desde la red de aguas lluvias urbanas existe también para todos los eventos de precipitación, especialmente en aquellos de mayor magnitud o bien, para los primeros eventos luego de una temporada seca donde se han acumulado una cantidad significativa de contaminantes.

Lineamientos para estimar y cuantificar el impacto

Para cuantificar el impacto del deterioro de la calidad del agua y del suelo producto de la limpieza de la red de aguas lluvias en primer lugar, es necesario calcular la cantidad de contaminantes y sedimentos acumulados en la red que serán arrastrados de forma concentrada hacia los humedales receptores. Los escenarios de acumulación de contaminantes deben considerar los

usos de suelo de la cuenca aportante y considerar factores de acumulación conservadores. Posteriormente se podrá incorporar un modelo hidrodinámico capaz de estimar la dispersión de estos contaminantes en el AI del cuerpo de agua.

Para estimar los contaminantes y sedimentos arrastrados por eventos de precipitación se deberá incorporar un modelo de lluvia-escorrentía para ambientes urbanos. Este debe ser capaz de estimar la acumulación de contaminantes en periodos secos.

Se deberán definir y justificar umbrales aceptables en base a normativa de calidad del agua vigente, normativa internacional y según las características propias del humedal.

Criterios para evaluar la significancia del impacto

Se considerará un impacto significativo cuando se superen los valores de las concentraciones establecidos en las normas secundarias de calidad ambiental vigentes o el aumento o disminución significativos, según corresponda, de la concentración por sobre los límites establecidos en éstas. En el caso de que no exista una norma de calidad ambiental vigente, el titular puede proponer justificadamente otra norma internacional (DS40).

La significancia de los impactos directos en la calidad del suelo y agua también se compone por la significancia de los impactos en cadena producidos por este. Por ejemplo, en este caso será necesario considerar especialmente la flora hidrófila. La acumulación de sedimentos aumenta la turbidez del agua, lo que disminuye la penetración de la luz y esto afecta la capacidad fotosintética de la vegetación sumergida. Estas especies cumplen la función ecosistémica de provisión de alimento y refugio para la base de la cadena trófica.

Según el artículo 6° del Reglamento del SEIA para la flora y fauna, se deberá evaluar:

- **Permanencia:** Para ello se considera que al verse afectados en el tiempo los OP calidad de agua y suelo por el AA vertimiento de sedimentos y contaminantes, estará siendo alterada al mismo tiempo su disponibilidad tanto para otros componentes ambientales (hábitat) como para la población (servicios ecosistémicos).
- **Regeneración:** Se considera que esta capacidad se verá afectada en este caso, cuando producto de la contaminación del OP suelo o agua, se vean alterados los OP vegetación en general, perdiendo la capacidad de reproducción de la vegetación.
- **Condiciones que hacen posible la presencia y desarrollo:** Em las especies y ecosistemas, considerando que al presentarse alteración en la capacidad de regeneración del componente vegetación, se ve alterada de manera inmediata la capacidad de albergar fauna que requiera de condiciones específicas dentro del humedal.

Guías y/o criterios aplicables	Normativa pertinente
• Criterio de evaluación en el SEIA: Contenido técnicos para la evaluación ambiental del recurso hídrico. • Guía para la descripción del área de influencia. Descripción de los	• Normas secundarias de calidad del agua (NSCA) • Artículo 6 del Reglamento del SEIA - Efecto adverso significativo sobre recursos naturales renovables.

componentes suelo, flora y fauna de ecosistemas terrestres en el SEIA.	- d) Se entenderá que se genera un impacto significativo cuando exista "superación de los valores de las concentraciones establecidos en las normas secundarias de calidad ambiental vigentes o el aumento o disminución significativos, según corresponda, de la concentración por sobre los límites establecidos en éstas." - El inciso 6°: La evaluación de los efectos sobre los recursos naturales renovables deberá considerar la capacidad de dilución, dispersión, autodepuración, asimilación y regeneración de dichos recursos en el área de influencia del proyecto o actividad (...)".

Lineamientos para diseñar medidas de mitigación, reparación o compensación

La mayor efectividad la entregan las medidas preventivas que evitan el ingreso de sedimentos y contaminantes a este sistema. Para esto se deberán incorporar en el diseño del sistema de drenaje de aguas lluvias elementos de detención, almacenamiento y depuración de la escorrentía urbana.

Por otro lado, es recomendable la educación ambiental a la ciudadanía, a fin de evitar la disposición de residuos en este tipo de sistemas. Al generar conciencia en este ámbito, también se estaría disminuyendo la frecuencia de mantención del sistema de aguas lluvias, así como también eventuales riesgos de inundación en épocas de crecidas por precipitaciones.

Vinculación con Criterios Mínimos de Sustentabilidad Ley 21.202

Para demostrar el cumplimiento de los criterios mínimos de sustentabilidad, se deberá propender a la mantención y/o restauración, según corresponda, de los componentes abióticos y bióticos del humedal, su composición, estructura y funcionamiento. Lo anterior, considerando acciones para mantener y/o recuperar las características ecológicas del humedal, controlar las amenazas físicas, químicas y biológicas que puedan perturbar las mismas, con énfasis en la preservación de las especies de flora y fauna amenazadas; así como el monitoreo de la efectividad de las medidas implementadas.

Consideraciones en la evaluación de impactos para los humedales estadísticamente significativos

Ribereños/ Río	Palustres/ Permanentes
El régimen natural de sedimentos de ríos es variable espacial y estacionalmente y puede cambiar significativamente en eventos mayores de precipitación y durante temporada de deshielo. La introducción de una carga	En general corresponden a cuerpos de agua poco profundos con velocidades de flujo muy bajas lo que los hacen altamente vulnerables al aporte antrópico de sedimentos u otros contaminantes. Debido a las bajas velocidades

significativa de sedimentos genera un desequilibrio. Ríos con velocidades significativas pueden arrastrar los sedimentos incorporados varios km hacia aguas abajo. De forma contraria, cursos de aguas no perennes y con menor velocidad suelen presentar un aumento de carga de sedimentos paulatina, ya que existe menor capacidad de transporte.	el impacto por lo general será más local esto debido al bajo potencial de arrastre. Lo anterior puede traducirse en la acumulación de una cantidad significativa de sedimentos sobre la vegetación acuática, la cual abunda por la baja profundidad de estos cuerpos de agua. Esto repercutirá en toda la cadena trófica del humedal.

Palustres/ Turberas	**Palustres/ Andinos**	**Almacenamiento/ Tranque**
Debido a su alta capacidad de retención y absorción, por lo general no presentan flujos con velocidades suficientes para arrastrar sedimentos, esto se intensifica por la baja pendiente. Es por esto que la acumulación de contaminantes y sedimentos arrastrados por la escorrentía desde sitios constructivos será, por lo general, local.	Los humedales palustres andinos están dominados por afloramientos subterráneos y evapotranspiración, en general no existen flujos con velocidades suficientes para tener potencial de arrastre. Es por esto que es altamente probable que el aporte de sedimentos y contaminantes antrópicos se deposite localmente.	Dado que los tranques son un tipo de humedal construido cuya función es el almacenamiento de aguas lluvias para el uso principalmente en agricultura, es que el vertimiento de sedimentos y contaminantes genera potenciales riesgos en la calidad del agua utilizada para este fin.

Nota: *Los impactos de aportes de sedimentos y contaminantes a través de la red de aguas lluvias están poco estandarizados en el marco del SEIA, esto ya que usualmente no resulta un impacto significativo asociado a un único proyecto si no al efecto acumulativo de varios proyectos que implican descargas de aguas lluvias que repercute en un cambio significativo en el régimen hidrológico del cuerpo de agua receptor.*

ANEXO 14 | Fichas de medidas

Categoría	Mantención, limpieza y gestión de residuos en el sitio constructivo	1
Sub-Categoría	Mantención, limpieza y gestión de residuos en el sitio constructivo	1.1

Tipologías de medidas	Mitigación	Reparación	Compensación	Objeto(s) de Protección
	●	○	○	• Fauna • Suelo • Agua • Ecosistema • Flora y vegetación

Aspectos Ambientales a los que podría aplicar	Impactos Ambientales a los que podría aplicar
• Generación y mala gestión de residuos sólidos. • Derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño. • Perturbación de suelo aledaño al humedal. • Generación de material particulado sedimentable. • Generación de fuentes de ignición. • Uso de fertilizantes, pesticidas y/o herbicidas.	• Deterioro de hábitat acuático y/o terrestre para flora y/o fauna. • Pérdida de individuos de fauna nativa por atropellos, heridas, intoxicación y enfermedades. • Alteración de flora y/o fauna por impactos en cascada sobre la red trófica. • Deterioro de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del agua. • Deterioro de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del suelo. • Alteración del régimen de escurrimiento superficial. • Cambio en el patrón de infiltración o recarga. • Cambio en la estructura de las formaciones de vegetación presentes. • Pérdida de cobertura vegetal e individuos de flora hidrófila.

Descripción General
Tiene como objetivo general la mantención de los lugares de trabajo libre de residuos, abordando como principal actividad la limpieza de los terrenos entregados previo al inicio de los trabajos. Durante el transcurso de la ejecución de las obras, se debe tener presente la habilitación de contenedores óptimos para el almacenamiento de los residuos generados, procurando que no exista la posibilidad de que estos se dispersen por razones climáticas. Frente a ello, es necesario al mismo tiempo asegurar un retiro de residuos lo suficientemente frecuente a fin de no generar la aparición de vectores, malos olores y condiciones insalubres. Idealmente, se debe establecer un patio de gestión de residuos correctamente señalizado y destinado al acopio y segregación hasta su disposición final.

Escala Espacial	Escala Temporal
Se debe implementar esta medida en toda área que sea necesaria adecuada para la ejecución de obras, vale decir lugar de obra, instalaciones de faena, instalaciones de acopio y empréstitos.	Es necesaria la implementación de esta medida desde la entrega de los terrenos hasta la finalización de los trabajos.

Ejemplos de Medidas	
Zona de control salida de maquinaria (M 1.1.25)	
 *Ejemplo de una plataforma de grava en el acceso/salida de un sitio de construcción. Fuente: Environmental Protection Agency, EEUU.*	Las zonas de control minimizan la cantidad de sedimento que sale del sitio de la obra, como tierra, barro u otro sedimento adherido a los vehículos. Consiste en una plataforma de grava sobre un geotextil en la salida del sitio. A medida que un vehículo o maquinaria pasa sobre la plataforma, esta elimina barro y sedimento de las ruedas y reduce el transporte de suelo fuera del sitio. Adicionalmente se puede instalar una estación de lavado, pero debe contar con un sistema de gestión adecuado de las aguas, como el desvío de estas hacia una trampa de sedimentos.

Barreras flotantes (M 1.1.26)	
 *Barrera flotante tipo cerco no absorbente. Fuente: AbosorbentsOnline.*	Las barreras flotantes se utilizan sobre cuerpos de agua para controlar la propagación de hidrocarburos y así reducir la posibilidad de contaminar hacia aguas abajo o la zona ribereña. Estas barreras concentran los hidrocarburos contaminantes en las capas superficiales facilitando su recuperación. Las barreras pueden ser absorbentes o no absorbentes y tienen diferentes diseños dependiendo del cuerpo de agua que se busca proteger (calmas y poco profundas, con oleaje o aguas corrientes). Cabe destacar que esta corresponde a una estrategia de última instancia, ya que la selección de buenas prácticas debe realizarse para evitar que los hidrocarburos lleguen al cuerpo de agua. No obstante, se recomienda su uso preventivo durante faenas que impliquen carga, descarga, transporte o aplicación de hidrocarburos o derivados de este.

Buenas Prácticas vinculadas
• Ubicación estratégica de la zona de acopio de residuos (BBPP - 19) • Uso de contenedores de residuos con tapa o lona (BBPP - 20) • Planificar la recolección de residuos (BBPP - 21) • Limpiar derrames de contaminantes inmediatamente (BBPP - 22) • Guardar petróleo y bencina en una zona seca y cubierta (BBPP - 23) • Guardar pesticidas y fertilizantes en una zona seca y cubierta (BBPP - 24) • Mantener materiales peligrosos en sus contenedores originales (BBPP - 25) • Lavar maquinaria fuera del sitio de la obra y en lugar designados (BBPP - 26) • Designar y preparar una zona con condiciones adecuadas para el lavado de maquinaria (BBPP - 27) • Evitar el uso de detergentes (BBPP - 28) • Inspeccionar maquinarias diariamente y reparar cualquier fuga o derrame de fluidos peligrosos (BBPP - 29) • Gestionar correctamente los residuos contaminantes (BBPP - 30) • Abastecimiento de combustible fuera del sitio de la obra (BBPP - 31) • Designar y preparar una zona con condiciones adecuadas para el abastecimiento de combustibles (BBPP - 32) • Uso de bandejas de contención (BBPP - 33) • Uso de boquillas de combustible con cierre automático (BBPP - 34) • Mantención de vehículos y maquinaria fuera del sitio de la obra (BBPP - 35) • Ubicación estratégica de zona de mantención de maquinaria (BBPP - 36) • Aplicar protocolos de lavado de brochas y gestión de agua residual (BBPP - 37) • Recolección y desechos de pintura (BBPP - 38) • Implementar uso de basureros (BBPP - 39) • Lavado de concreto (BBPP - 40) • Ubicación correcta de baños químicos (BBPP - 41) • Gestión de aguas servidas en baños químicos (BBPP - 42) • Zona de control salida de maquinaria (BBPP - 44) • Barreras flotantes (BBPP - 45) • Ubicación estratégica de las pilas de acopio de material granular (BBPP - 47)

Lineamientos para el seguimiento de la medida y formulación de indicadores de cumplimiento
La forma mas directa de verificar si las medidas están cumpliendo con su objetivo consiste en la verificación visual de los terrenos utilizados constatando que no existe presencia de residuos dispersos o derramados en el área. Por otro lado, existen diferentes indicadores que entregan información sobre posible afectación de contaminantes hacia los OP. En la siguiente sección son mencionados aquellos indicadores que se asocian a este caso.

Indicadores recomendados para el monitoreo de la efectividad de la medida		
Agua: • Nitrógeno total. • Amoniaco. • Nitrato y nitrito. • Fósforo total. • pH. • Conductividad eléctrica. • Potencial REDOX. • Sulfatos. • Cloruros. • Hidrocarburos. • Macroinvertebrados bentónicos	**Fauna** • Riqueza específica. • Abundancia total y específica. • Presencia de áreas de nidificación. • Presencia de áreas de descanso de aves migratorias. • Evidencia de reclutamiento (caso de peces, anfibios y reptiles) • Evidencia de reproducción y crianza (caso de mamíferos)	**Flora y vegetación** • Riqueza específica. • Abundancia total y específica. • Presencia de especies en categoría de conservación. • Presencia de formaciones vegetales frágiles o escasas. • Índice de Braun-Blanquet.

Categoría	Control de emisiones de ruido	2
Sub-Categoría	Control de emisiones de ruido	2.1

Tipologías de medidas	Mitigación	Reparación	Compensación	Objeto(s) de Protección
	●	○	○	• Fauna

Aspectos Ambientales a los que podría aplicar	Impactos Ambientales a los que podría aplicar
• Generación de ruido. • Movimiento de tierra en el humedal. • Compactación del suelo del humedal.	• Perturbación de patrones de comportamiento de fauna. • Cambio en la composición comunitaria de fauna. • Daños fisiológicos directos.

Descripción General

En la ejecución de las obras es muy común el uso de elementos ruidosos como lo son las maquinarias, vehículos y procesos constructivos en general. Por lo anterior, es que la disminución del ruido generado dentro del transcurso de la obra es una acción que aminorar en gran medida los impactos asociados al OP fauna. Existen diversas medidas para llevar a cabo el control de emisiones ruidosas en obra, las cuales tienen como objetivo principal el aislar o eliminar el ruido generado.

Escala Espacial	Escala Temporal
Se debe implementar esta medida en toda área que sea necesaria para la ejecución de obras, vale decir lugar de obra, instalaciones de faena, instalaciones de acopio y empréstitos, y que además se encuentren cercanas a humedales de interés.	La implementación de las medidas debe llevarse a cabo durante todo el transcurso de la obra, desde la instalación de la empresa constructora y entrega de terrenos, hasta la finalización de los trabajos.

Ejemplos de Medidas		
Paneles Acústicos (M 2.1.2)		
 *Paneles acústicos anclados. Fuente: Environmental Noise Control*	 *Paneles acústicos anclados. Fuente: Environmental Noise Control*	Los paneles acústicos se diseñan para absorber el sonido y reducir el ruido emitido en el sitio de la obra. En general estos se instalan en vallas perimetrales alrededor del sitio o bien en el tramo colindante con receptores sensibles, en este caso el humedal de interés. La materialidad, dimensiones y densidad de los paneles es variable, por lo general funcionan con una estructura tipo sándwich usando un material aislante acústico como lana mineral. Se recomienda la realización de un estudio de ruido para seleccionar estratégicamente la ubicación y configuración de los paneles. Se recomienda su uso para trabajo de largo plazo y que se ejecutan de forma fija en un mismo lugar, aun así es posible hacer algunas adaptaciones para que sean móviles.

<table>
<tr><th colspan="3">Encierro de fuentes de ruido estacionarias (M 2.1.3)</th></tr>
<tr><td colspan="2"> 
Encierre de generador. Fuente: Environmental Noise Control.</td><td>Consiste en el encierre de las fuentes de ruido estacionarias (como martillado, soldadura, perforación, etc., o plantas fijas como compresores o generadores) mediante paneles acústicos. El encierre debe ser lateral y superior, generando un recinto aislado acústicamente. Los recintos acústicos pueden estar hechos de contrachapado o láminas de vinilo, con el interior revestido de material absorbente de sonido (por ejemplo, fibra de vidrio con revestimiento de papel de aluminio perforado) o bien, utilizar estructuras prefabricadas. No debe haber espacios en las juntas o esquinas. Esta solución dependerá de la factibilidad de encierre de la fuente de ruido.</td></tr>
<tr><th colspan="3">Fabricar elementos con procesos ruidosos fuera del sitio de la obra (M 2.1.9)</th></tr>
<tr><td> 
Fábrica de soleras prefabricadas. Fuente: ByS Hormigones.</td><td> 
Fábrica de cajones de hormigón. Fuente: Burzio.</td><td>Identificar qué procesos de fabricación in-situ son más ruidosos y, de ser factible, fabricar estos elementos fuera del sitio de la obra aledaño al humedal y trasladarlos posteriormente. Se entiende como sitio de la obra el área de instalación de faenas, frentes de trabajo, zonas de tránsito y cualquier área en donde se ejecuten obras o trabajos.</td></tr>
</table>

Buenas Prácticas vinculadas
• Priorizar el uso de mano de obra en lugar de maquinaria pesada (BBPP-02) • Paneles acústicos (BBPP-03) • Encierro de fuentes de ruido estacionarias (BBPP-04) • Uso de silenciadores de escape (BBPP-05) • Minimizar el uso de alarma de reversa mediante el diseño de zonas de tránsito (BBPP-06) • Priorizar maquinaria menos ruidosa (BBPP-07) • Usar materiales amortiguadores en contenedores (BBPP-08) • Ubicación estratégica de zona de uso de maquinaria (BBPP-09) • Fabricar elementos con procesos ruidosos fuera del sitio de la obra (BBPP-10) • Evitar el uso de bocinas (BBPP-12)
Lineamientos para el seguimiento de la medida y formulación de indicadores de cumplimiento
Para verificar que las medidas implementadas están logrando su objetivo, se debe verificar la presencia de ruido en todo lugar e instalación perteneciente a la obra y comparar a través de datos entregados por un sonómetro la efectividad de las medidas en cuanto a la disminución del ruido generado por la obra. Por otro lado, se debe determinar las características de la fauna presente en la zona afectada previo a la ejecución del proyecto y durante la ejecución de este a fin de ser comparadas.
Indicadores recomendados para el monitoreo de la efectividad de la medida
Los indicadores que evidenciarán la no afectación hacia la fauna presente en la zona son: • Riqueza específica. • Abundancia total y específica. • Presencia de áreas de nidificación. • Presencia de áreas de descanso de aves migratorias. • Evidencia de reclutamiento (caso de peces, anfibios y reptiles). • Evidencia de reproducción y crianza (caso de mamíferos).

Categoría	Control de emisiones de material particulado sedimentable	3
Sub-Categoría	Control de emisiones de material particulado sedimentable	3.1

Tipologías de medidas	Mitigación	Reparación	Compensación	Objeto(s) de Protección
	●	○	○	• Agua • Suelo • Flora y vegetación

Aspectos Ambientales a los que podría aplicar	Impactos Ambientales a los que podría aplicar
• Generación de material particulado sedimentable.	• Deterioro las propiedades físicas del agua (aumento de turbidez y SST). • Deterioro de las propiedades físicas del suelo. • Pérdida de cobertura vegetal e individuos de flora hidrófila. • Deterioro de las propiedades químicas y biológicas del agua. • Deterioro de las propiedades químicas y biológicas del suelo. • Alteración del flora y fauna por impactos en cascada sobre la red trófica.

Descripción General

La medida se enfoca en la prevención de la generación de material particulado sedimentable, a través de diversas opciones las cuales reducen la dispersión del material particulado a causa del viento o la no generación del material a través de tratamientos en caminos o limitación de velocidad de vehículos. Con las medidas expuestas con anterioridad se evita en gran medida la sedimentación de material particulado hacia cursos de agua y posible afectación a procesos fotosintéticos de la vegetación.

Escala Espacial	Escala Temporal
Las medidas se deben aplicar a todo terreno descubierto que potencialmente genere material particulado sedimentable producto del tránsito de maquinaria pesada o vehículos.	Se debe considerar la utilización de las medidas durante todo el transcurso de la obra, ya que el tránsito de maquinaria o vehículos trae consigo la generación de material particulado sedimentable.

Ejemplos de Medidas	
Estabilización química (M 3.1.1)	
 *Aplicación de estabilizador químico desde camión con rociador. Fuente: Environmental Protection Agency, EEUU.*	Los estabilizadores químicos o aglutinantes del suelo proporcionan estabilización en suelos descubiertos ubicados en áreas en las que no se puede establecer vegetación (ej: zona de tránsito de maquinaria). Algunos estabilizadores comúnmente utilizados son cloruro de calcio, lignosulfonatos, goma guar, poliacrilamida y bischofita. Es importante tener en cuenta que algunos de estos estabilizadores contienen contaminantes químicos que pueden ser arrastrados al humedal por lo que no se pueden aplicar aguas arriba de este.
Riego de suelos descubiertos (M 3.1.2)	
  *Izquierda: Camión cisterna con rociadores posteriores y laterales. Fuente: Environmental Protection Agency, EEUU. Derecha: Aspersor en zona de movimientos de tierra. Fuente: Bigsprinklers.com*	Consiste en el riego suelos descubiertos para evitar el levantamiento de material particulado fino. Se aplica a zonas con alto tránsito de maquinaria y movimientos de tierra, especialmente si no se pueden implementar otras medidas. El riego es solo superficial y se debe evitar el escurrimiento de aguas. Esta medida es preferible a la estabilización química.

Instalación de barreras de viento (M 3.1.3)



Barrera de viendo con varas de madera. Fuente: Colonial Construction Materials.

Con el uso de barreras se busca proteger el suelo descubierto o el material acopiado frente al viento y evitar que se depositen en humedales aledaños. Las barreras se diseñan específicamente para disminuir su velocidad y turbulencia. Para esto, se ubican de forma perpendicular a la dirección del viento frente a la zona que se busca proteger. Se recomienda el uso de materiales porosos tipo malla con polines, puesto que permite que el viento pase a menor velocidad y baja turbulencia, evitando ejercer demasiada presión en las barreras.

Buenas Prácticas vinculadas

- Estabilización química (BBP-15)
- Riego de suelos descubiertos (BBPP-16)
- Instalación de barreras de viento (BBPP-17)
- Limitar velocidad de tránsito de vehículos (BBPP-18)

Lineamientos para el seguimiento de la medida y formulación de indicadores de cumplimiento

A fin de determinar que las medidas implementadas cumplen con su objetivo, es decir la disminución o eliminación de la generación de material particulado sedimentable, se debe verificar que no se ven afectadas las características previas de los OP afectados (agua, suelo, flora y vegetación). Lo anterior es obtenido a través de la comparación de distintos parámetros antes y después de la eventual generación de material particulado.

Indicadores recomendados para el monitoreo de la efectividad de la medida	
Los indicadores directos a través de los cuales se propone verificar la no afectación a los OP, comparando la situación antes y durante el proceso constructivo son:	
Calidad del Agua: • Transparencia. • Solidos Suspendidos Totales. • Transparencia.	**Flora hidrófila:** • Riqueza específica. • Abundancia total y específica. • Índice de Braun-Blanquet.

Categoría	Planificación estratégica del cronograma en etapa constructiva	4
Sub-Categoría	Planificación según ciclos de la biota	4.1

Tipologías de medidas	Mitigación	Reparación	Compensación	Objeto(s) de Protección
	●	○	○	• Fauna

Aspectos Ambientales a los que podría aplicar	Impactos Ambientales a los que podría aplicar
• Generación de ruido. • Extracción de vegetación aledaña al humedal. • Extracción de vegetación en el humedal. • Movimiento de tierra en el humedal. • Transformación temporal de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad. • Instalación temporal de barrera transversal.	• Deterioro de hábitat acuático y/o terrestre para flora y/o fauna • Transformación de las condiciones de hábitat acuático y/o terrestre. • Perturbación de patrones de comportamiento de fauna. • Daños fisiológicos directos.

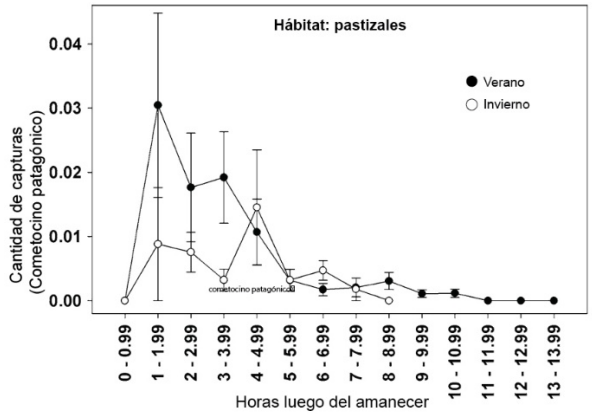
Descripción General

Consiste en planificar algunas acciones intensivas de la obra, especialmente en etapa constructiva, considerando los ciclos de la biota y por ende periodos críticos para la fauna. Estos periodos podrán ser a escala diaria o bien a mayor escala, considerando por ejemplo temporadas reproductivas.

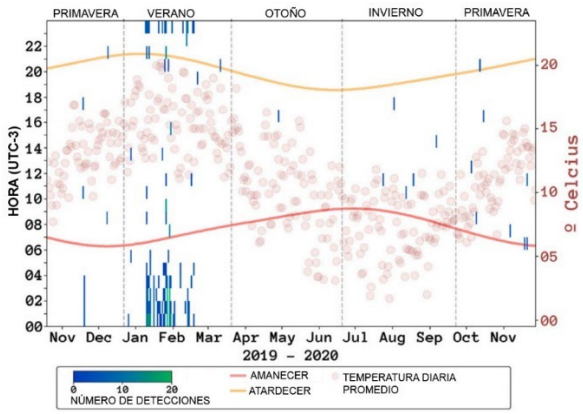
Escala Espacial	Escala Temporal
En las obras que se ejecutan alrededor o sobre el humedal.	Se implementan a lo largo de las fases de instalación, ejecución y finalización de la obra.

Ejemplos de Medidas

Planificación del trabajo según los ciclos de la biota – Horarios críticos (M 4.1.2)



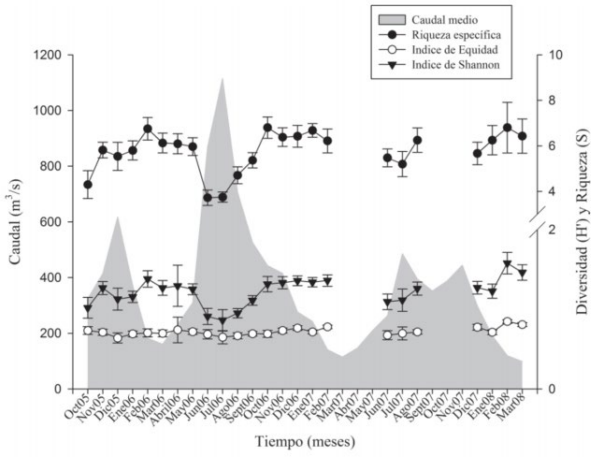
Presencia de una especie de ave (número de capturas) en un rango de 12 horas desde el amanecer para invierno y verano en el Parque Omora, Isla de Navarino. Fuente: modificado de Reyes-Arriegada, R., y Jiménez, J. (2014).



Patrón de actividad diaria a lo largo de un año de una especie (Burrito negruzco) en el humedal Miraflores en Valdivia en base a detecciones bioacústicas. Fuente: modificado de: Morales, G., Vargas, V., Espejo, D., Poblete, V., Tomasevic., J., Otondo, F., y Navedo, J. (2022).

Las obras de infraestructura necesariamente conllevan el uso de maquinaria que impacta la fauna local y aledaña con ruido y vibraciones. Hay periodos del día que son más importantes acústicamente, y que indican mayor actividad en la biota. Por ejemplo, las aves tienden a cantar más intensivamente durante las mañanas (partiendo al amanecer) y en las tardes (cerrando el atardecer) de la primavera y gradualmente menos hacia el verano. Los anfibios son muy activos durante el otoño (muchas especies cantan de noche). Considerar estos factores en la planificación de las actividades a escala diaria puede ayudar a reducir los impactos negativos de las obras. Lo anterior puede ser abordado con la implementación de BBPP complementarias que eviten o minimicen perturbaciones.

Planificación del trabajo según los ciclos de la biota – Peces (M 4.1.3)



	Promedio de abundancia relativa (% de contribución)	
	AQ	BQ
G. australis	1,9	4(3,7)
D. camposensis	3,5(3,4)	8,3(9)
T. areolatus	11,3(14,2)	**21,4(23,7)**
G. maculatus	**21,1(22,5)**	7,5(8,2)
G. platei	13,9(13,1)	**21,4(7,4)**
Ch. australe	3,7(3,3)	3,4
P. gillissi	**27,7(29,6)**	**27,2(28,3)**
P.trucha	1,9	4,0
B. australis	3,1(5,2)	8,3
O. mykiss	4,6(5)	5,9(6,5)
S. trutta	3,2	1,7

Izquierda: Diversidad y riqueza de especies en el Río San Pedro de acuerdo a la variación de caudal mensual. Derecha: Abundancia relativa por especie según época de caudal alto (AQ) y caudal bajo (BQ) Fuente: Colin, N., Piedra, P., y Habit, E. (2012).

Existen múltiples procesos que ocurren en un humedal que son críticos para los atributos ecológicos clave. Algunos de estos procesos son dinámicos y tienen temporadas críticas, uno de estos es el desove de peces como parte de su ciclo de vida. De ser posible se deberá identificar las temporadas de las etapas clave del ciclo de vida o bien entender la dinámica espaciotemporal de la especie o comunidades, considerando aspectos como riqueza, abundancia y los patrones de ocupación del ecosistema (ej: pozas, canales, zona terrestre inundada) de acuerdo a la distribución anual de caudales altos y bajos. Dentro de lo posible, se deben evitar o minimizar las perturbaciones a estos procesos por actividades dentro del cauce.

Buenas Prácticas vinculadas

- Planificar del trabajo según los ciclos de la biota – Aves (BBPP - 13)
- Planificar del trabajo según los ciclos de la biota – Horarios críticos (BBPP - 14)
- Planificación del trabajo según los ciclos de la biota – Peces y Anfibios (BBPP - 66)

Lineamientos para el seguimiento de la medida y formulación de indicadores de cumplimiento

El foco del seguimiento debe estar puesto en el monitoreo de aves y peces. A continuación, se listan una serie de indicadores aplicables.

Indicadores recomendados para el monitoreo de la efectividad de la medida

Para aves:

- Riqueza específica.

Para peces:

- Riqueza específica.

• Abundancia total y específica. • Presencia de aves en categoría de conservación. • Presencia de áreas de nidificación.	• Abundancia total y específica. • Presencia de peces en categoría de conservación. • Evidencia de reclutamiento.

Categoría	Planificación estratégica durante fase constructiva	4
Sub-Categoría	Planificación según ciclos hidrológicos	4.2

Tipologías de medidas	Mitigación	Reparación	Compensación	Objeto(s) de Protección
	●	○	○	• Agua

Aspectos Ambientales a los que podría aplicar	Impactos Ambientales a los que podría aplicar
• Derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño • Perturbación del suelo aledaño al humedal • Generación de material particulado sedimentable	• Deterioro de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del agua

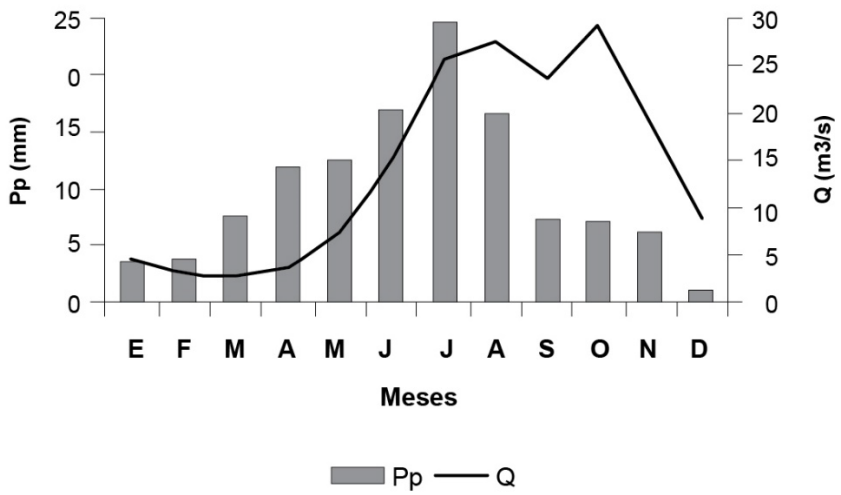
Descripción General

Dependiendo de la época del año en que ocurra un AA, sus impactos pueden variar en magnitud y en duración. En el caso de vertimientos o arrastres de contaminantes, que pueden alterar las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del agua, los efectos serán más críticos durante periodos de menor caudal, ya que la capacidad de dilución del cuerpo de agua es reducida, lo que lo hace más vulnerable. Se recomienda planificar la etapa constructiva de tal forma de evitar los FGI vinculados a derrames de compuestos tóxicos, arrastres de sedimentos y generación de material particulado sedimentable (MPS).

Escala Espacial	Escala Temporal
En las obras ubicadas aguas arriba de un humedal	Se implementan a lo largo de las fases de instalación, ejecución y finalización de la obra.

Ejemplos de Medidas

Planificación del trabajo según régimen hidrológico - Flujos bajos (M 4.2.1)



Promedios mensuales de precipitación (Pp) y caudal (Q) para un río. Se observa que los caudales bajos se concentran entre enero y mayo. Fuente: modificado de Torrero, M., Agosta, E., y Araneo, D. (2015).

El régimen hidrológico de los humedales tiene una variabilidad natural que depende de la estacionalidad de su factor forzante: el agua. Se deberá conocer esta variabilidad para identificar en qué periodos existen flujos especialmente bajos los cuales son más susceptibles a la contaminación producto de derrame o arrastre de contaminantes y sedimentos. Se deberán evitar actividades con estos aspectos ambientales especialmente durante épocas de bajo flujo o baja altura de agua. En el caso de no poder reprogramar actividades que signifiquen arrastre de sedimentos y potencial derrame de contaminantes, se deberán intensificar las estrategias o buenas prácticas para el control de estas.

Buenas Prácticas vinculadas

- Planificación del trabajo según régimen hidrológico - Flujos bajos (BBPP - 43)

Lineamientos para el seguimiento de la medida y formulación de indicadores de cumplimiento

Se recomienda monitorear la calidad del agua durante toda la etapa constructiva. Esta se debe comparar con rangos aceptables para la condición previa al desarrollo del proyecto, considerando su variabilidad natural. Algunos indicadores recomendados para el monitoreo son:

- Sólidos Suspendidos Totales.
- Sólidos Disueltos Totales.
- Transparencia.

- pH.
- Concentración de oxígeno disuelto.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno.
- Demanda Química de Oxígeno.
- Hidrocarburos.
- Macroinvertebrados bentónicos.

Categoría	Reutilización de materiales y minimización de residuos	5
Sub-Categoría	Reutilización de materiales y minimización de residuos	5.1

Tipologías de medidas	Mitigación	Reparación	Compensación	Objeto(s) de Protección
	●	○	○	• Fauna • Agua • Suelo • Flora y vegetación

Aspectos Ambientales a los que podría aplicar	Impactos Ambientales a los que podría aplicar
• Generación y mala gestión de residuos sólidos. • Generación de ruido. • Generación de material particulado sedimentable.	• Deterioro de hábitat acuático y/o terrestre para flora y/o fauna. • Pérdida de individuos de fauna nativa producto de heridas. • Perturbación de patrones de comportamiento de fauna (Modificaciones conductuales - Cambio en el comportamiento vocal). • Cambio en la composición comunitaria de fauna (Migración de poblaciones). • Daños fisiológicos directos (Pérdida de audición, desplazamiento del umbral de audición, tensión, cambios metabólicos y hormonales). • Deterioro las propiedades físicas del agua (aumento de turbidez y SST). • Deterioro de las propiedades físicas del suelo. • Pérdida de cobertura vegetal e individuos de flora hidrófila.

Descripción General
La medida tiene como objetivo el uso de la jerarquía en el manejo de residuos estipulado en la Ley N°20.920, donde se estipula priorizar en primera instancia la prevención de la generación de residuos, seguido de la reutilización, el reciclaje, la valorización energética y como última instancia la eliminación de los residuos. Frente a ello, las medidas presentadas se refieren por una parte a la economía circular en el proceso de ejecución de la obra al momento de gestionar los residuos y por otra a la mantención de la estructura que no requiera necesidad de demolición. En este aspecto, hoy en día se encuentra en proyecto la NCh 3848 sobre áridos reciclados en base a residuos de la construcción y demolición (RDC) inertes no peligrosos, la cual aborda el uso de áridos reciclados de hormigón como material granular (bases y sub bases) en la construcción.

Escala Espacial	Escala Temporal
Se debe implementar esta medida en toda área que sea necesaria adecuada para la ejecución de obras, vale decir lugar de obra, instalaciones de faena, instalaciones de acopio y empréstitos, priorizando la prevención en la generación de residuos durante todo el proceso constructivo.	La prevención de la generación de residuos y la priorización en la mantención de estructuras son medidas que deben mantenerse dentro de toda la ejecución del proyecto.

Ejemplos de Medidas

Economía circular (M 5.1.1)



Uso de áridos reciclados como base en tramo de prueba, camino de la fruta Chile. Fuente: Construye2025



Madera, uno de los cinco materiales más fáciles de reciclar en la construcción. Fuente: CDT.

La economía circular dentro de la ejecución de obras es una medida que reduce en gran cantidad la generación de residuos en el proceso. En esta medida son consideradas las acciones de reutilización de materiales y reciclaje, lo cual además de generar una reducción de residuos, genera una reducción en la energía empleada para la producción de materiales. La reutilización puede ir desde el re-uso de materiales como el acero, la madera, hasta el hormigón.

Reusar estructuras existentes y evitar demolición (M 5.1.2)



Puente río Claro, Talca. Fuente: https://es.m.wikipedia.org/



Conservación de camino. Fuente: Elaboración propia.

La medida tiene como objetivo la priorización de mantener la estructura existente en ocasiones que se pueda. Para casos de puentes, muchas veces son mantenidos para uso peatonal o ciclístico, en otras ocasiones como patrimonio cultural, evitando de esta forma la necesidad de demolición. En el caso de caminos, muchas veces solo se requiere la repavimentación de tramos específicos, evitando de esta manera también la necesidad de demolición del tramo completo de camino.

Buenas Prácticas vinculadas

- Reusar estructuras existentes y evitar demolición (BBPP-11)

Lineamientos para el seguimiento de la medida y formulación de indicadores de cumplimiento

Con la finalidad de calcular la efectividad de las medidas implementadas para la minimización de residuos en la obra, se deberá llevar un registro de los residuos generados mensualmente, determinando las cantidades por categoría que fueron reutilizados, reciclados o eliminados para disposición final. Es posible comparar estas cantidades de residuos entre la situación con y sin la medida implementada a fin de determinar las diferencias en cantidad.

Categoría	Implementación de protocolos de buen relacionamiento con fauna	6
Sub-Categoría	Implementación de protocolos de buen relacionamiento con fauna	6.1

Tipologías de medidas	Mitigación	Reparación	Compensación	Objeto(s) de Protección
	●	○	○	• Fauna

Aspectos Ambientales a los que podría aplicar	Impactos Ambientales a los que podría aplicar
• Ingreso de especies domésticas de libre circulación. • Generación de ruido.	• Pérdida de individuos de fauna nativa por heridas y enfermedades. • Cambio en la composición comunitaria de fauna. • Perturbación de patrones de comportamiento de fauna. • Daños fisiológicos directos (Pérdida de audición, desplazamiento del umbral de audición, tensión, cambios metabólicos y hormonales).

Descripción General

La medida va enfocada en generar protocolos que busquen evitar perturbación de la fauna nativa que habite en la zona intervenida. Dichas perturbaciones pueden ser producto de encuentros con especies domésticas o encuentros con personal de la obra. Esta medida pretende no solo proteger la fauna nativa, sino también generar conciencia entre los trabajadores sobre la importancia de la coexistencia armoniosa con los ecosistemas locales.

Los protocolos pueden incluir:

- Identificación de especies sensibles que habiten el área del proyecto, estableciendo medidas específicas según las características de cada especie.
- Control de acceso de especies domésticas, previniendo el ingreso y contacto de animales domésticos con la fauna silvestre, incluyendo barreras físicas, campañas de sensibilización y medidas de control para el personal que tenga mascotas.
- Capacitación del personal para el manejo adecuado frente a posibles encuentros con la fauna local, incluyendo pautas sobre cómo proceder de manera segura y respetuosa para evitar comportamientos que puedan generar estrés o riesgos para los animales.

- Zonas de exclusión y señalización: Se identificarán y demarcarán áreas críticas para la fauna que deben ser respetadas y evitadas por el personal y la maquinaria, con el fin de reducir la alteración de sus hábitats.
- Monitoreo y seguimiento de las medidas.

Escala Espacial	Escala Temporal
La escala espacial de esta medida es variable. Las acciones pueden centrarse en la zona del proyecto, a escala pequeña, o pueden considerar toda el área que se considere como parte de los patrones de distribución de la fauna nativa presente en el sector.	Se debe aplicar cómo mínimo durante todo el tiempo en que la obra se encuentre en ejecución. Es deseable extender temporalmente el monitoreo a las etapas de operación del proyecto, en caso de que el proyecto deba ser evaluado ambientalmente.

Ejemplos de Medidas

Restringir el ingreso de animales domésticos (M 6.1.1)



Cierre perimetral. Fuente: Cierreparcela.



Señales informativas prohibición ingreso animales domésticos. Fuente: Publicidad Carvajal.

Se debe evitar el ingreso de animales domésticos al sitio de la obra, a la instalación de faenas y especialmente al sector aledaño al humedal. Para esto se podrá instalar un cerco perimetral y señalética informativa. Se debe prohibir dar comida y agua a animales domésticos como perros y gatos.

Implementación de protocolos para reducir los encuentros y estipular cómo actuar ante el encuentro o presencia de fauna sensible o protegida (M 6.1.2)



Campaña para proteger fauna silvestre. Fuente: https://www.subdere.gov.cl/



Señalética "Prohibido dar comida a los animales silvestres". Fuente: https://elclickverde.com/

Los protocolos recomendados ante el encuentro o presencia de fauna sensible se relacionan por un lado con acciones preliminares como la programación o restricción de las actividades de la obra durante periodos sensibles en el ciclo de vida de especies protegidas

Por otro lado, el reporte de avistamientos de especies y generación de mapas de estos es una herramienta de gran utilidad para identificar aquellos sectores con más probabilidad de presencia de fauna silvestre.

Paralelamente estas medidas se deben complementar con charlas informativas para los trabajadores a fin de estipular las acciones y protocolos que se deberán llevar a cabo ante un eventual encuentro con fauna nativa.

Buenas Prácticas vinculadas

- Restringir el ingreso de animales domésticos (BBPP - 69)

Lineamientos para el seguimiento de la medida y formulación de indicadores de cumplimiento

Se pueden implementar sistemas de monitoreo para evaluar el éxito de las medidas adoptadas, permitiendo ajustes en caso de que las perturbaciones persistan o surjan nuevos desafíos. Este monitoreo podrá incluir la observación directa y el uso de tecnologías como cámaras trampa. En algunos casos, la estrategia de seguimiento del éxito de esta medida podría complementarse con las medidas internas de seguridad (Cámaras y monitoreo remoto) que puedan existir en las instalaciones.

Indicadores recomendados para el monitoreo de la efectividad de la medida
Los indicadores relacionados con el aseguramiento de las medidas van enfocados directamente en el OP fauna presente en el humedal, para lo cual se sugieren los siguientes indicadores: • Riqueza específica. • Abundancia total y específica. • Presencia de especies en categoría de conservación. • Evidencia de reproducción y crianza (mamíferos). • Evidencia de reclutamiento (fauna íctica y anfibios). • Presencia de áreas de nidificación (avifauna).

Categoría	Delimitación y zonificación estratégica para la protección de hábitats de relevancia	7
Sub-Categoría	Delimitación y zonificación estratégica para la protección de hábitats de relevancia	7.1

Tipologías de medidas	Mitigación	Reparación	Compensación	Objeto(s) de Protección
	●	○	○	• Agua • Suelo • Flora y Vegetación • Fauna • Ecosistema

Aspectos Ambientales a los que podría aplicar	Impactos Ambientales a los que podría aplicar
Corresponden a estrategias preventivas que aplican a múltiples AA, se listan los principales: • Compactación del suelo del humedal. • Extracción de la vegetación aledaña al humedal. • Extracción de la vegetación en el humedal. • Perturbación del suelo aledaño al humedal. • Disposición permanente de material en el humedal o relleno. • Generación de ruido.	Corresponden a estrategias preventivas que aplican a múltiples impactos, se listan los principales: • Pérdida de cobertura vegetal e individuos de flora hidrófila. • Cambio en la estructura de las formaciones de vegetación. • Perturbación de patrones de comportamiento de fauna. • Deterioro de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del suelo. • Deterioro de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del agua.

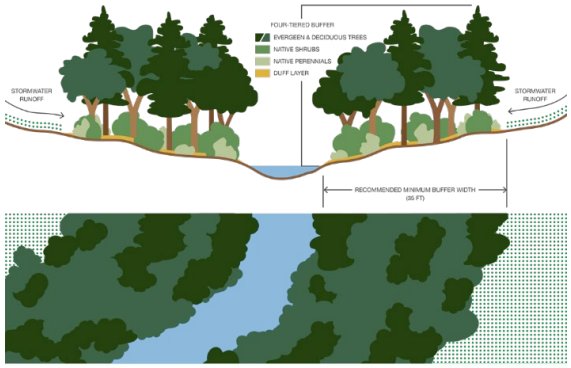
Descripción General

La idea de esta medida es, en primer lugar, identificar una serie de elementos ambientales en terreno tales como el humedal en si mismo, red hidrológica aportante, hábitats de relevancia como zonas de nidificación, zonas de amortiguación, entre otras. Una vez reconocidas estas áreas la idea es poder delimitarlas de forma física usando cercos de bajo impacto y señaléticas que restrinjan los usos en diferentes niveles según el rol ecológico de cada zona. Además, el reconocimiento de estos elementos ambientales deberá ser una fuente de información relevante para el diseño del proyecto y sus instalaciones.

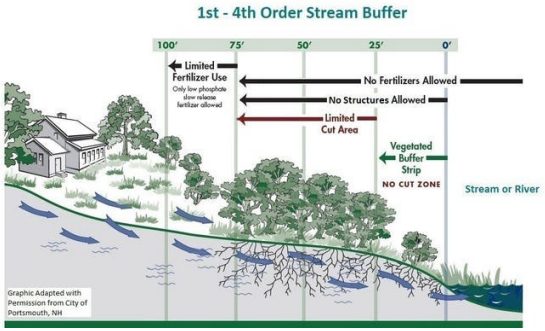
Escala Espacial	Escala Temporal
Este tipo de medidas se ubican en las zonas perimetrales de los hábitats de relevancia. Además, podrán permear en la ubicación y diseño del proyecto y sus partes.	Algunas estrategias serán de carácter permanente. Otras deberán implementarse solo durante épocas críticas de nidificación o bien donde se intensifican presiones y amenazas como por ejemplo durante fases constructivas.

Ejemplos de Medidas

Delimitar un área de amortiguación en torno al humedal (M 7.1.1)



Zona de amortiguación en humedal ribereño. Fuente: https://lidcertification.org



Zona de amortiguación con diferentes funcionalidad y actividades permitidas. Fuente: https://www.seacoastonline.com

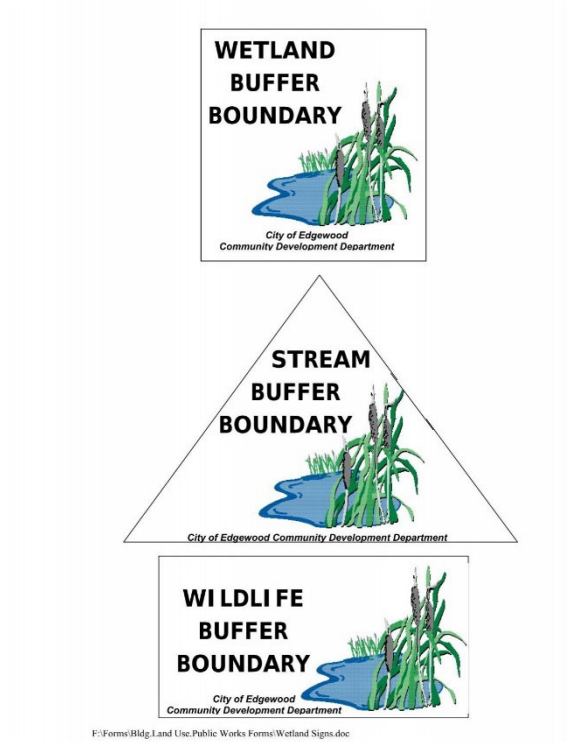


Señalética que demarca la zona de amortiguación. Fuente: https://northinlet.sc.edu/



Señalética que demarca la zona de amortiguación. Fuente: https://ecology.wa.gov/

Corresponde a un área sin perturbación en el entorno del humedal. De acuerdo a las recomendaciones del Ministerio del Medio Ambiente (Proyecto GEF Humedales Costeros, 2020) como mínimo se debe considerar una distancia de 36 m a lo largo de todo el perímetro del humedal. Para humedales muy pequeños (<0,4 ha) una razón 3:1 de hábitat terrestre sin perturbar es recomendable. Notar que las dimensiones del área de amortiguación son caso específico y dependerán de múltiples aspectos como: el atributo del humedal que se busca proteger, los requerimientos de las especies que habitan el humedal, el aspecto ambiental de la obra que se busca controlar, la intensidad de las perturbaciones en el sitio de la obra, entre otros. Se deberá definir una zona de amortiguación o buffer multifuncional que cumpla con todos los requerimientos de los atributos del humedal. El objetivo es asegurar la calidad del agua (en cuanto a sedimentos, nutrientes y otros contaminantes) y proteger el humedal como hábitat para aves, anfibios y reptiles, mamíferos y peces. En general, un buffer que busca proteger la calidad del agua tiene dimensiones entre 5 y 50 m. Por otro lado, un buffer que busca no perturbar las especies que habitan el humedal varía entre 20 y 300 m o más.

Delimitación física del humedal y hábitats de relevancia y/o sensibles (M 7.1.3)		
 *Señaléticas para indicar zona de amortiguación de humedal, esteros y hábitats de relevancia. Fuente: https://www.yumpu.com/*	 *Señalética y cerco usando estacas con cuerda para protegen zona de nidificación. Fuente: Proyecto GEF Humedales Costeros.*  *Señalética para restringir el paso a zona de nidificación.*	Una vez delimitado funcionalmente el humedal de interés o en el caso de existir una delimitación previa, se debe establecer un límite físico que indique el inicio del humedal. Esto puede ser usando un cerco, estacas con cuerdas, señaléticas o una combinación de estas. La señalética debe informar como mínimo sobre los límites del humedal y sus zonas ecológicamente sensibles. Antes de incorporar un cerco perimetral se debe evaluar la existencia de corredores biológicos que pueden verse fragmentados con el cerco. Esta estrategia puede realizarse en conjunto con la zona de amortiguación.



Señalética humedales de Angachilla. Fuente: https://www.rioenlinea.cl/

Otras medidas (Revistar Anexo Digital 6 – Matriz de Medidas)

- 7.1.4 Identificación y protección de la red de drenaje.

Buenas Prácticas vinculadas

- Delimitar un área de amortiguación entorno al humedal (BBPP - 1)
- Definir senderos o zonas de tránsito (BBPP - 65)
- Delimitación física del humedal y hábitats de relevancia y/sensibles (BBPP - 72)

Lineamientos para el seguimiento de la medida y formulación de indicadores de cumplimiento

El programa de seguimiento de la medida dependerá dentro de otras cosas, del rol ecológico que cumple la zona que se está buscando proteger. Por ejemplo, si se delimita y restringe el paso en una zona de nidificación se deberán monitorear la cantidad de nidos, la cantidad de nidos ocupados y la cantidad de nidos exitosos en búsqueda de cuantificar el éxito reproductivo. Lo ideal es poder comparar estas métricas previo, durante y posterior al desarrollo del proyecto. Por otro lado, si se busca conservar la cobertura vegetal dentro de una zona de amortiguación los indicadores deberán estar orientados hacia ese fin. Por último, si se busca proteger la red de drenaje que aporta sus aguas, el foco podrá estar puesto en indicadores de calidad del agua y cantidad en el caso de ser necesario. Se recomienda revisar la Matriz de Indicadores para seleccionar los indicadores más apropiados caso a caso.

Categoría	Gestión de las aguas lluvias, erosión y arrastre de sedimentos o contaminantes	8
Sub-Categoría	Estrategias de almacenamiento	8.1

Tipologías de medidas	Mitigación	Reparación	Compensación	Objeto(s) de Protección
				• Agua

Aspectos Ambientales a los que podría aplicar	Impactos Ambientales a los que podría aplicar
• Impermeabilización del suelo aledaño.	• Alteración del régimen de escurrimiento superficial • Cambio en el patrón de infiltración y recarga

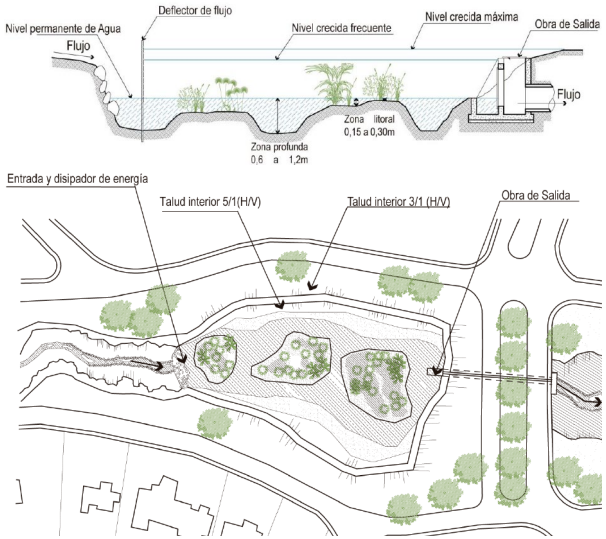
Descripción General

Algunos de los elementos que promueven el almacenamiento buscan detener las aguas lluvias por un tiempo prolongado de tal forma de mejorar la calidad de las aguas lluvias en base a la sedimentación. La detención además permite un hidrograma de salida atenuada con tiempos de respuesta prolongados y caudales máximos menores. Notar que, en el caso de ser elementos basados en la naturaleza como las lagunas de retención, estas además podrán ser un hábitat relevante para la fauna local. Por otro lado, los elementos de almacenamiento local, además de reducir la cantidad de volumen escurrido permiten utilizar las aguas colectadas para otros fines. Es clave poder incorporar esta medida como parte del diseño de obras que generan superficies impermeables, tales como caminos.

Escala Espacial	Escala Temporal
La escala espacial es variable según el elemento de almacenamiento. Estas se ubican siempre aguas debajo de la zona impermeabilizada.	Por lo general, con una correcta mantención, las obras de almacenamiento tienen una vida útil indeterminada. Estas cumplen un rol a lo largo de toda la operación del proyecto.

Ejemplos de Medidas

Laguna de Retención (M 8.1.2)



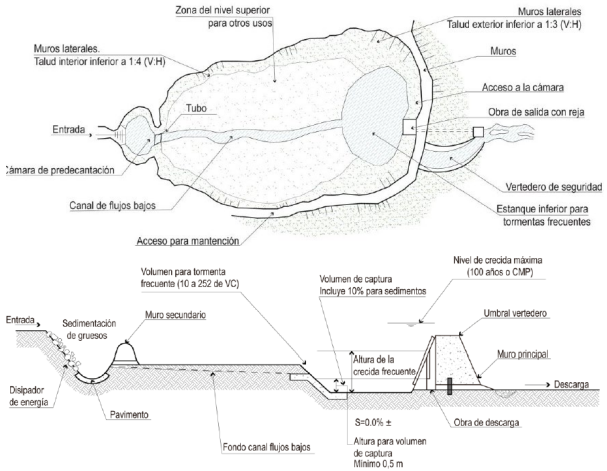
Corte transversal y vista en planta de una laguna de retención. Fuente: Manual de Drenaje Urbano (MOP, 2013)



Laguna de retención. Fuente: Aaron Volkening on Flickr.

Las lagunas de retención son lagunas construidas que tienen un espejo de agua permanente a lo largo del año o al menos durante la temporada lluviosa. Sobre el volumen permanente de agua se provee de un volumen adicional destinado a amortiguar crecidas provocadas por las aguas lluvias. Estas lagunas de retención son similares a los estanques de retención, la diferencia es que en este caso el agua que se incorpora en cada tormenta se mezcla con el agua retenida anteriormente en el volumen permanente al almacenarse sobre él. Más detalles de diseño en el Manual de Drenaje Urbano, Volumen 2, Capítulo 6 (MOP, 2013) y en Stormwater Best Management Practice - Wet Ponds (EPA): https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-11/bmp-wet-ponds.pdf

Estanque de retención superficial (M 8.1.3)



Corte transversal y vista en planta de estanque de retención superficial. Fuente: Manual de Drenaje Urbano (MOP, 2013)



Estanque de detención superficial. Fuente: Aaron Volkening on Flickr.

Estanques diseñados para detener las aguas lluvias y almacenarlas por un tiempo cercano a 24 horas. Esto permite la sedimentación de partículas y contaminantes y la reducción de caudales máximos. Estos estanques se consideran del tipo secos ya que, en general, no tienen una zona permanentemente llena de agua, y si la tienen, es de tamaño reducido. Más detalles de diseño en el Manual de Drenaje Urbano, Volumen 2, Capítulo 6 (MOP, 2013) y en Stormwater Best Management Practice - Dry Detention Ponds (EPA): https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-11/bmp-dry-detention-ponds.pdf.

Buenas Prácticas vinculadas

- Elementos de almacenamiento local de aguas lluvias (BBPP-70)

Lineamientos para el seguimiento de la medida y formulación de indicadores de cumplimiento

Se podrá monitorear tanto la cantidad como la calidad del agua aguas arriba y aguas debajo de los elementos de detención superficial. Se recomienda un monitoreo continuo y con foco en tormentas.

Indicadores recomendados para el monitoreo de la efectividad de la medida

Para **calidad del agua** se recomienda monitorear aguas arriba y aguas abajo del elemento de detención con el fin de estudiar la efectividad de este.

Considerar:

En cuanto a la **cantidad de agua** se podrá monitorear el elemento de almacenamiento como también el humedal receptor. Se recomienda monitorear los caudales de entrada y salida del elemento de detención con el fin de estudiar la capacidad de atenuación de la obra de almacenamiento.

• pH. • Oxígeno disuelto. • Solidos Suspendidos Totales. • Solidos Disueltos Totales. • Turbidez. • Nutrientes (Nitrógeno y Fósforo). • Metales (Aluminio, Cobre, Plomo, Zinc y Cadmio). En base a estos indicadores u otros seleccionados se recomienda elaborar un índice de calidad del agua. Dentro de los índices generales más utilizados se encuentran: • CCME WQI: Índice de calidad de agua del Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente. • NSF WQI: Índice de calidad del agua de la Fundación Nacional de Saneamiento de Estados Unidos. • UWQI: Índice de calidad de agua de la comunidad europea.	

Categoría	Gestión de las aguas lluvias, erosión y arrastre de sedimentos o contaminantes	8
Sub-Categoría	Estrategias de infiltración	8.2

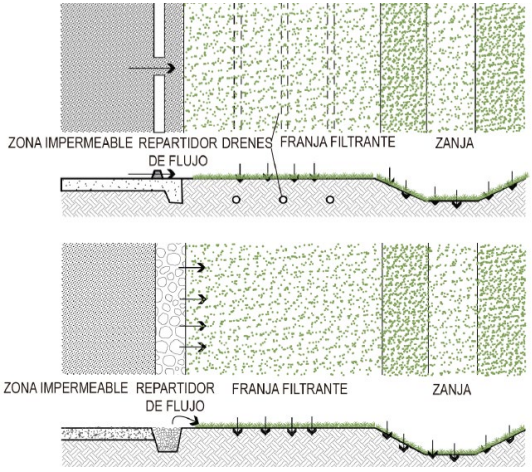
Tipologías de medidas	Mitigación	Reparación	Compensación	Objeto(s) de Protección
				• Agua

Aspectos Ambientales a los que podría aplicar	Impactos Ambientales a los que podría aplicar
• Impermeabilización del suelo aledaño.	• Alteración del régimen de escurrimiento superficial. • Cambio en el patrón de infiltración y recarga.

Descripción General

Las obras de infiltración buscan promover la recarga de las aguas superficiales hacia el suelo. Estas estrategias permiten disminuir el volumen total escurrido, así como también los caudales máximos de escurrimiento. A través del uso de obras de infiltración se busca replicar la respuesta hidrológica natural de la cuenca de interés, así como también recargar las aguas subterráneas. La implementación de estas obras evita la activación de procesos erosivos, así como también el arrastre de contaminantes que degradan los humedales ubicados aguas abajo de las intervenciones. Es clave poder incorporar esta medida como parte del diseño de obras que generan superficies impermeables, tales como caminos.

Escala Espacial	Escala Temporal
En el caso de usarse como medida de mitigación por lo general estas se ubican aledañas a zonas impermeables con el fin de controlar la escorrentía que ahí se produce. Al usarlo como parte de una medida de restauración o compensación estas se ubican de manera estratégica aledaña al humedal o en una zona de recarga.	Por lo general, con una correcta mantención, las obras de infiltración tienen una vida útil indeterminada. Estas cumplen un rol a lo largo de toda la operación del proyecto.

Ejemplos de Medidas		
Franjas Filtrantes (M 8.2.1)		
 *Diagrama en planta y corte transversal de una franja filtrante. Fuente: Manual de Drenaje Urbano (MOP, 2013*)	 *Franja Filtrante. Fuente: The SuDS Manual (Ciria, 2015)*	Franja ubicada aledaña a carreteras o calles. Corresponden a áreas planas cubiertas de césped denso o de otra cobertura que permita la infiltración como gravilla. Las franjas se diseñan para hacer escurrir el agua de forma superficial como lámina contina y promover la infiltración. Más detalles de diseño en el Manual de Drenaje Urbano, Volumen 2, Capítulo 6 (MOP, 2013).

Estanque de infiltración (8.2.2)

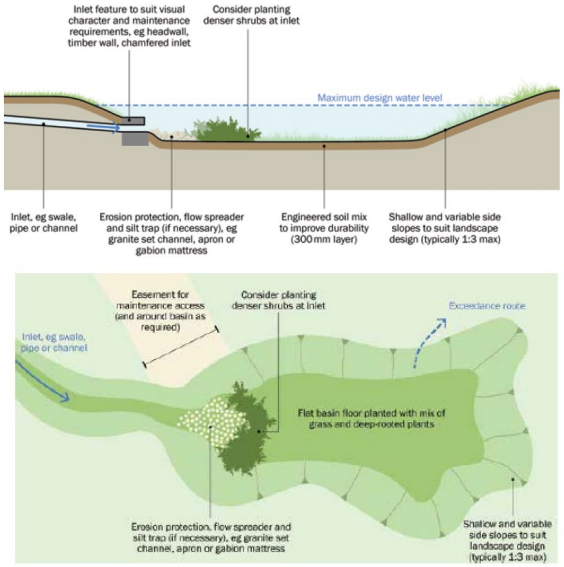


Diagrama en planta y corte transversal de un estanque de infiltración. Fuente: The SuDS Manual (Ciria, 2015)



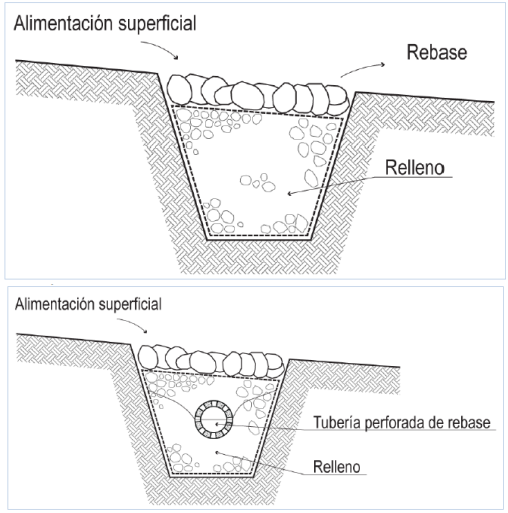
Estanque de infiltración. Fuente: New Jersey Developers Green Infraestructure Guide. (New Jersey Future et al., 2020)

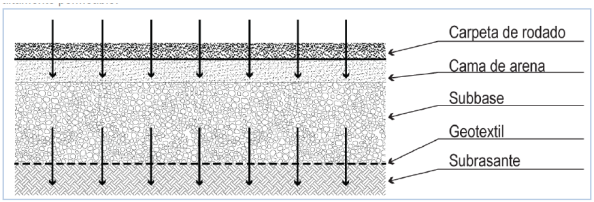
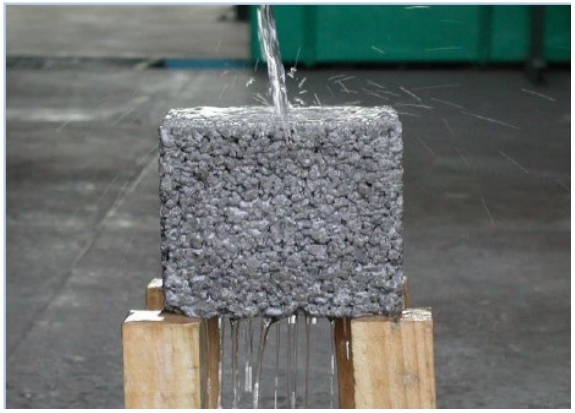


Estanque de infiltración. Fuente: Stormwater Best Management Practice Infiltration Basin (EPA, 2021).

Estanques de poca profundidad que almacenan temporalmente el agua de la tormenta hasta que esta infiltra a través del fondo y de los lados hacia el suelo. Esta medida también permite la recarga de agua hacia las napas subterráneas y ayuda a la retención de contaminantes.

Más detalles de diseño en el Manual de Drenaje Urbano, Volumen 2, Capítulo 6 (MOP, 2013) y Stormwater Best Management Practice - Infiltration Basin (EPA): https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-11/bmp-infiltration-basin.pdf .

Zanja de infiltración (M 8.2.3)		
 *Diagrama de corte de una zanja de infiltración. Fuente: Manual de Drenaje Urbano (MOP, 2013*).	 *Zanja de infiltración. Fuente: The SuDS Manual (Ciria, 2015).*	Las zanjas de infiltración son obras longitudinales que reciben el agua en toda su longitud interceptando el flujo superficial y evacuándolo mediante infiltración al suelo. Tienen una profundidad recomendada del orden entre 1 a 3 m. Pueden ser alimentadas lateralmente desde franjas de pasto que actúan como filtros. Para evitar fallas por acolmatamiento se recomienda el uso de obras de pre tratamiento. Más detalles de diseño en el Manual de Drenaje Urbano, Volumen 2, Capítulo 6 (MOP, 2013) y Stormwater Best Management Practice - Infiltration Basin (EPA): https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-11/bmp-infiltration-trench.pdf

Pavimento Permeable (M 8.2.4)		
 *Diagrama de corte de un pavimento permeable. Fuente: Manual de Drenaje Urbano (MOP, 2013).*	 *Pavimento permeable. Fuente: Manual de Drenaje Urbano (MOP, 2013).*	Los pavimentos porosos en general consisten en un pavimento continuo de asfalto o concreto poroso, similar al pavimento convencional, pero con dos diferencias básicas: la carpeta de rodado contiene poca arena y fracción fina, lo cual le otorga mayor permeabilidad, y la subbase granular es de mayor espesor, y también con poca arena y fracción fina, con lo que se consigue un mayor porcentaje de huecos. Tienen por función reducir el flujo superficial proveniente de una tormenta mediante su infiltración a través de la carpeta de rodado, logrando así disponer de una zona pavimentada permeable. Pueden emplearse en calles de poco tránsito, pasajes, veredas, estacionamientos o canchas de uso múltiple, ciclovías, veredas y senderos en áreas verdes. Más detalles de diseño en el Manual de Drenaje Urbano, Volumen 2, Capítulo 6 (MOP, 2013) y Stormwater Best Management Practice - Infiltration Basin (EPA): https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-11/bmp-permeable-pavements.pdf

Lineamientos para el seguimiento de la medida y formulación de indicadores de cumplimiento	
Debido a que las “salidas” de los elementos de infiltración son difusos, es decir, ocupan un área extensa del suelo, es difícil evaluar su rendimiento en cuanto a la calidad de las aguas. Aún así es posible estimar la cantidad de agua infiltrada en base a estimaciones del agua que entra o bien mediciones del agua almacenada en estos elementos. Se recomienda monitorear indicadores de cantidad y calidad de agua el humedal receptor, en el cual se buscan evitar alteraciones producto del cambio en el escurrimiento superficial y patrones de recarga.	
Indicadores recomendados para el monitoreo de la efectividad de la medida	
Para **calidad del agua** se recomienda monitorear: • pH. • Oxígeno disuelto. • Solidos Suspendidos Totales. • Solidos Disueltos Totales. • Turbiedad. • Nutrientes (Nitrógeno y Fósforo). • Metales (Aluminio, Cobre, Plomo, Zinc y Cadmio). En base a estos indicadores u otros seleccionados se recomienda elaborar un índice de calidad del agua. Dentro de los índices generales más utilizados se encuentran: • CCME WQI: Índice de calidad de agua del Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente. • NSF WQI: Índice de calidad del agua de la Fundación Nacional de Saneamiento de Estados Unidos. • UWQI: Índice de calidad de agua de la comunidad europea.	Para **cantidad de agua** es variable según el tipo de humedal. Se recomienda estudiar de forma continua las elevaciones de altura de agua, profundidad de la napa o caudales pasantes.

Categoría	Gestión de las aguas lluvias, erosión y arrastre de sedimentos	8
Sub-Categoría	Estrategias de conducción	8.3

Tipologías de medidas	Mitigación	Reparación	Compensación	Objeto(s) de Protección
				• Agua • Suelo

Aspectos Ambientales a los que podría aplicar	Impactos Ambientales a los que podría aplicar
• Impermeabilización del suelo aledaño. • Perturbación del suelo aledaño al humedal. • Derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño.	• Alteración del régimen de escurrimiento superficial. • Alteración de procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimentos. • Deterioro en las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua. • Deterioro en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

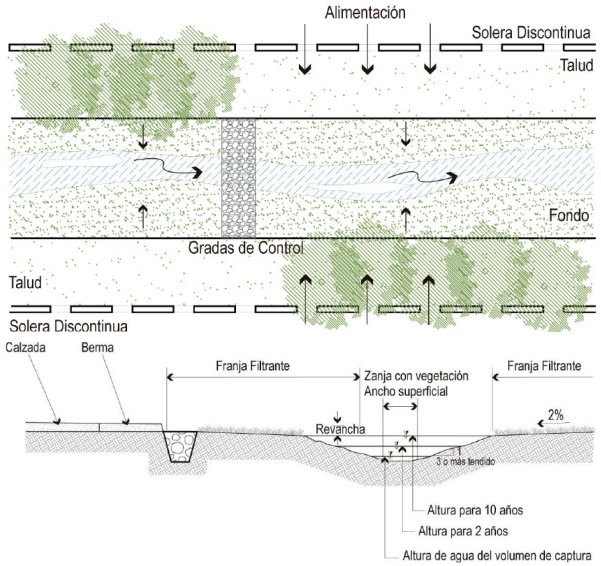
Descripción General

Los elementos de conducción contribuyen al traslado de las aguas lluvias y conexión entre diferentes puntos de la red de drenaje. Su principal tarea es el transporte, pero según su diseño podrán proveer almacenamiento, infiltración y depuración. Las estrategias de conducción deben buscar replicar la respuesta natural de la cuenca previa al desarrollo del proyecto.

Escala Espacial	Escala Temporal
Ubicados a lo largo de toda la red de drenaje en diferentes escalas.	Podrán ser obras temporales (construidas por ejemplo únicamente para la fase de construcción) o bien permanentes con vida útil indeterminada.

Ejemplos de Medidas

Canales vegetados (M 8.3.1)



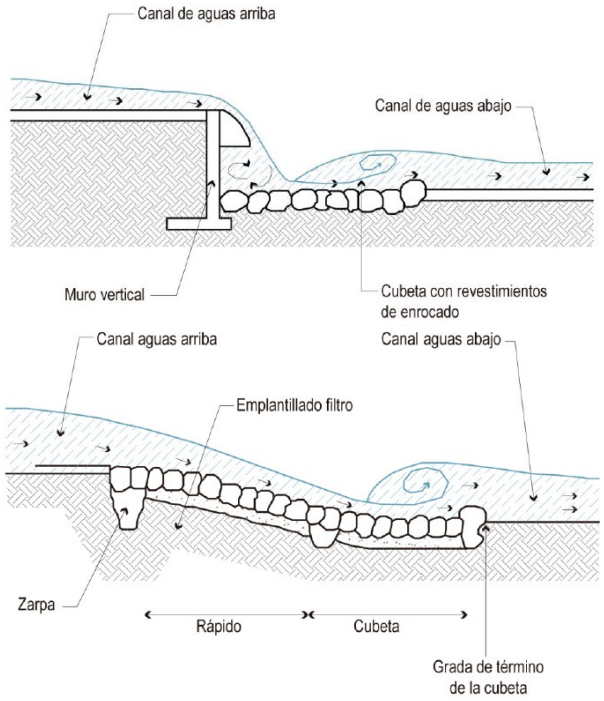
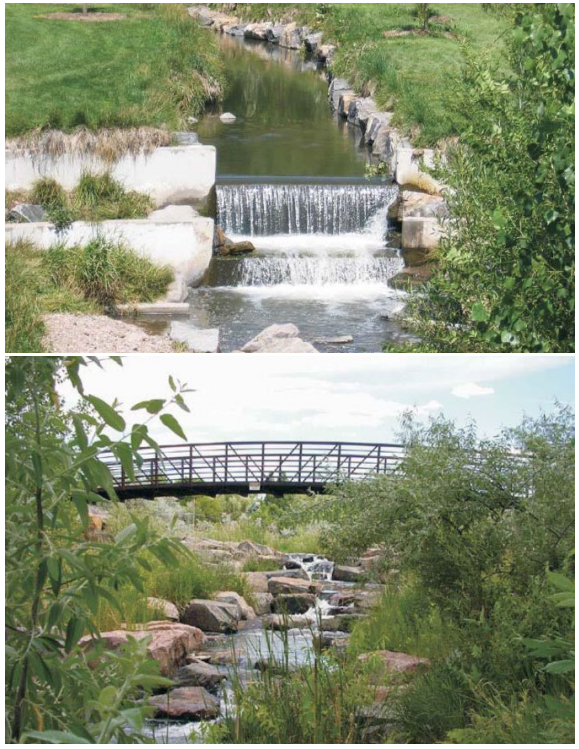
Esquema en planta y corte de un canal vegetado tipo. Fuente: Manual de Drenaje Urbano (MOP, 2013).



Canales vegetados. Fuente: Manual de Drenaje Urbano (MOP, 2013).

Los canales vegetados permiten conducir las aguas lluvias a bajas velocidades lo que favorece la sedimentación, filtración e infiltración. Existen diferentes variaciones de canales vegetados en función del tipo y densidad de vegetación. En algunos casos también se considera una zona recubierta para flujos bajos. En todos los casos estos canales deben tener una baja pendiente. En el caso de ser necesario se pueden incorporar caídas o disipadores de energías para alcanzas bajas pendientes y bajas velocidades.

Más detalles de diseño en el Manual de Drenaje Urbano, Volumen 2, Capítulo 6 (MOP, 2013) y Stormwater Best Management Practice - Grassed Swales (EPA): https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-11/bmp-grassed-swales.pdf

Caídas y disipadores de energía (M 8.3.2)		
 *(Arriba) Caídas verticales revestidas. (Abajo) Caída inclinada con enrocados. Fuente: Manual de Drenaje Urbano (MOP, 2013).*	 *(Arriba) Caídas verticales revestidas. (Abajo) Caída inclinada con enrocados. Fuente: Manual de Drenaje Urbano (MOP, 2013).*	La función de las caídas y disipadores de energía es adaptar las obras de conducción a las condiciones de terreno. Las caídas permiten un descenso del fondo del canal donde al pie de esta se disponen elementos para disipar energía apenas cae. Estas obras pueden intercalarse en canales vegetados construidos, en descargas de aguas lluvias o bien en canales existente con un alto potencial erosivo. Más detalles de diseño en el Manual de Drenaje Urbano, Volumen 2, Capítulo 6 (MOP, 2013).

Bajada de soleras o solera discontinua (M 8.3.3)	
 *Formas de conectar cunetas con zonas de infiltración. Fuente: Center for Neighborhood Technology en Flickr.*	Las bajadas de soleras o solera discontinua permiten conducir las aguas lluvias porteadas por la cuneta hacia elementos de infiltración, depuración y/o almacenamiento de aguas lluvias. Más información y detalles de diseño en Stormwater Best Management Practice - Eliminating Curbs and Gutters (EPA): https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-11/bmp-eliminating-curbs-and-gutters.pdf

Buenas Prácticas vinculadas

- Canales vegetados (BBPP - 71)

Lineamientos para el seguimiento de la medida y formulación de indicadores de cumplimiento

Se recomienda monitorear tanto la cantidad como la calidad de las aguas porteadas por los elementos de conducción. También se podrán implementar minitorneos de estos indicadores en el humedal receptor.

Indicadores recomendados para el monitoreo de la efectividad de la medida

Para **calidad del agua** se recomienda monitorear: • pH. • Oxígeno disuelto. • Solidos Suspendidos Totales. • Solidos Disueltos Totales. • Turbidez. • Nutrientes (Nitrógeno y Fósforo).	Para **cantidad de agua** se recomienda estudiar de forma continua las elevaciones de altura de agua o caudal.

• Metales (Aluminio, Cobre, Plomo, Zinc y Cadmio). En base a estos indicadores u otros seleccionados se recomienda elaborar un índice de calidad del agua. Dentro de los índices generales más utilizados se encuentran: • CCME WQI: Índice de calidad de agua del Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente. • NSF WQI: Índice de calidad del agua de la Fundación Nacional de Saneamiento de Estados Unidos. UWQI: Índice de calidad de agua de la comunidad europea.	

Categoría	Gestión de aguas lluvias, erosión y arrastre de sedimentos o contaminantes	8
Sub-Categoría	Estrategias de depuración	8.4

Tipologías de medidas	Mitigación	Reparación	Compensación	Objeto(s) de Protección
				• Agua • Suelo

Aspectos Ambientales a los que podría aplicar	Impactos Ambientales a los que podría aplicar
• Impermeabilización del suelo aledaño. • Uso de fertilizantes, pesticidas y/o herbicidas. • Derrame de compuestos o sustancias tóxicas en el humedal o aledaño.	• Alteración del régimen de escurrimiento superficial. • Deterioro de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del agua. • Deterioro de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del suelo.

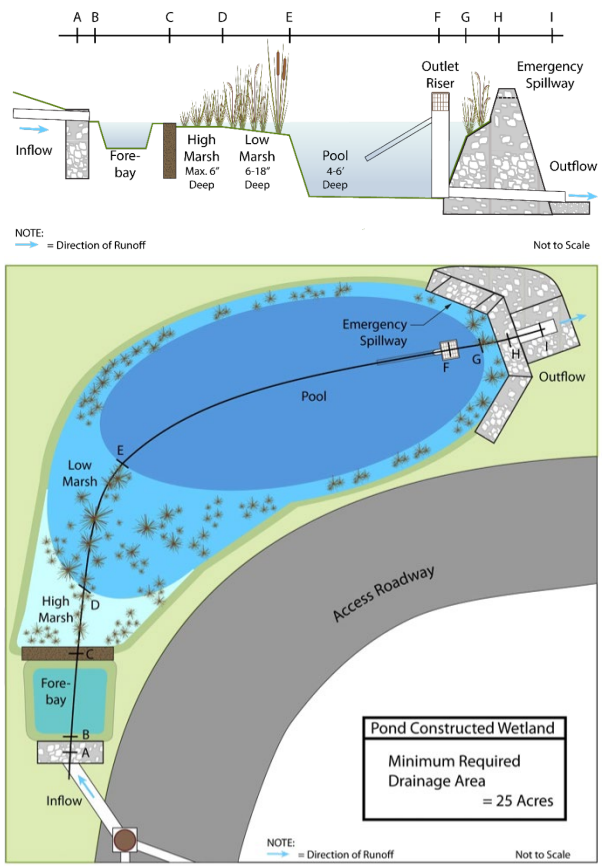
Descripción General

Estrategias de control de aguas lluvias que se diseñan para maximizar la remoción de contaminantes. La escorrentía producida en sectores perturbados o impermeables se dirige a estos elementos a través de infraestructura de conducción. Luego del tratamiento estas aguas podrán descargar hacia humedales naturales.

Escala Espacial	Escala Temporal
Se deben ubicar aguas abajo de las zonas donde se acumulan contaminantes o bien hay riesgos de derrames.	En general son obras permanentes, con una correcta mantención su vida útil es indeterminada.

Ejemplos de Medidas

Humedales de aguas lluvias (M 8.4.1)



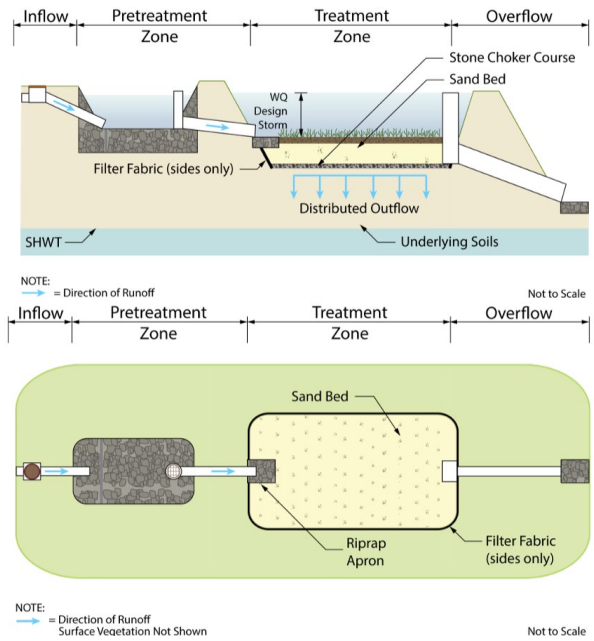
Esquema en corte y planta de un humedal construido. Fuente: NJ Stormwater Best Management Practices Manual.



Humedal de aguas lluvias. Fuente: Stormwater Best Management Practice (EPA)

Los humedales de aguas lluvias (o humedales construidos) son similares a las lagunas de retención, pero su diseño incorpora zonas poco profundas y vegetación. A medida que el agua fluye a través del humedal se remueven contaminantes por sedimentación y absorción biológica. Esto permite mejorar significativamente la calidad de las aguas lluvias aportantes a cuerpos de agua naturales como también atenuar los caudales máximos de escorrentía, por esto último también puede ser considerada una estrategia de almacenamiento. Más información en Stormwater Best Management Practice - Stormwater Wetland (EPA): https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-11/bmp-stormwater-wetland.pdf

Filtros de arenas (M 8.4.2)



Esquema en corte y planta de un filtro de arena. Fuente: NJ Stormwater Best Management Practices Manual.



Filtro de arenas en construcción. Fuente: Stormwater Best Management Practice (EPA).

Los filtros de arenas permiten el mejoramiento de la calidad de las aguas lluvias a través de la filtración y la sedimentación. Un filtro de arena típicamente consta de dos cámaras: una cámara de sedimentación y un lecho filtrante con arena u otro medio de filtración. A medida que las aguas lluvias fluyen hacia la cámara de sedimentación, las partículas grandes se sedimentan, y luego el medio de filtración elimina partículas más finas y otros contaminantes. Más información en Stormwater Best Management Practice - Sand and Organic Filters (EPA): https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-11/bmp-sand-and-organic-filters.pdf

Lineamientos para el seguimiento de la medida y formulación de indicadores de cumplimiento

Se recomienda monitorear la **calidad de las aguas** en la entrada y la salida de los elementos de depuración, esto permite cuantificar la capacidad de abatimiento de diferentes contaminantes. Se recomienda definir un rango deseado a la salida según las características del humedal receptor.

Indicadores recomendados para el monitoreo de la efectividad de la medida

Se recomienda el monitoreo de los siguientes parámetros fisicoquímicos, estos podrán variar según el tipo de contaminantes acumulados como también de los requerimientos del humedal receptor:

- pH.
- Sólidos Suspendidos Totales.
- Sólidos Disueltos Totales.

- Turbiedad.
- Oxígeno Disuelto.
- Demanda química de oxígeno.
- Demanda bioquímica de oxígeno.
- Nutrientes (Nitrógeno y Fósforo).
- Metales (Aluminio, Cobre, Plomo, Zinc y Cadmio).
- Aceites y grasas.
- Hidrocarburos (fijos y volátiles).

En base a estos indicadores u otros seleccionados se recomienda elaborar un índice de calidad del agua. Dentro de los índices generales más utilizados se encuentran:

- CCME WQI: Índice de calidad de agua del Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente.
- NSF WQI: Índice de calidad del agua de la Fundación Nacional de Saneamiento de Estados Unidos.
- UWQI: Índice de calidad de agua de la comunidad europea.

Categoría	Gestión de las aguas lluvias, erosión y arrastre de sedimentos o contaminantes	8
Sub-Categoría	Estrategias para el control de erosión y arrastre de sedimentos	8.5

Tipologías de medidas	Mitigación	Reparación	Compensación	Objeto(s) de Protección
	●	○	○	• Agua • Suelo

Aspectos Ambientales a los que podría aplicar	Impactos Ambientales a los que podría aplicar
• Perturbación del suelo aledaño al humedal.	• Alteración de procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimentos (arrastre de sedimentos por escorrentía superficial). • Deterioro de las propiedades físicas del agua (aumento de turbidez y SST). • Deterioro de las propiedades físicas del suelo.

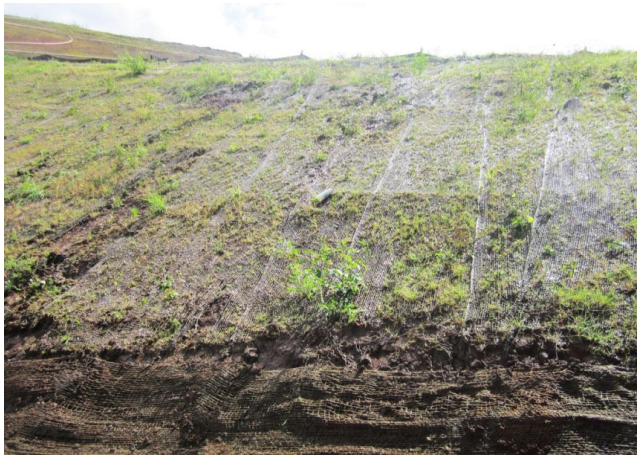
Descripción General

La perturbación del suelo aledaño al humedal producto de actividades como escarpe, despeje de vegetación, movimiento de tierra, en otras, deja al descubierto el suelo lo que puede provocar procesos erosión y arrastre de sedimentos a través de las aguas lluvias que podrán descargar en los humedales. Las estrategias para el control de erosión y arrastre de sedimentos corresponden a barreras, naturales o artificiales que impiden que los sedimentos lleguen al humedal, esto a través de la sedimentación o retención.

Escala Espacial	Escala Temporal
Se ubican aguas arriba del humedal que se busca proteger. Por lo general se implementan en la zona perturbada en la dirección del flujo.	Por lo general son estrategias temporales que se instalan durante la etapa constructiva de la obra o bien mientras la cobertura vegetal crece de manera permanente.

Ejemplos de Medidas	
Aplicación de rollos de fibra (M 8.5.13)	
 *Rollos de fibra perpendiculares a la pendiente. Fuente: Environmental Protection Agency, EEUU.*	Sistemas para el control de erosión en forma de tubo y rellenas de material en base a fibras, arroz, compost u otro. Están hechas de materiales fotodegradables o 100% biodegradables. Los rollos de fibras se utilizan en zonas de alta pendiente y permiten disminuir la velocidad de la escorrentía, captar sedimentos y filtrar contaminantes. Se utilizan frecuentemente como complementos de otras estrategias como el "mulch" o siembra. Los rollos de fibras se disponen de forma transversal a la pendiente y se debe asegurar su contacto con el suelo. Se recomienda que mientras mayor sea la pendiente, menor sea la distancia entre rollos. Al finalizar las obras, los rollos pueden ser dejados en su lugar dependiendo de su localización, por ejemplo, en taludes que se serán plantados puesto que ayudan a retener humedad y acumulan materia orgánica lo que es beneficioso para la vegetación. En caso de retirarlos, se debe procurar limpiar el sedimento acumulado.
Trampas de sedimentos (M 8.5.15)	
 *Trampa de sedimento con geotextil. Fuente: New Zealand Forest Road Engineering Manual. Operators Guide.*	Las trampas de sedimentos son excavaciones temporales o permanentes que permiten que las partículas sedimenten. Normalmente se ubican aguas arriba de los cuerpos de agua o en puntos de descargas de aguas lluvias. Estas pueden estar cubiertas por geotextiles y agregados o rocas, especialmente en zonas de entrada y salida. Esta solución es apropiada para evitar la sedimentación de humedales evitando que material erosionable del sitio de la obra fluya hacia estos durante lluvias o bien durante procesos constructivos que requieran el vertido de agua.

Geotextiles, mantas y mallas (M 8.5.3)



Manta geotextil porosa para el crecimiento de vegetación localizada en ladera. Fuente: Environmental Protection Agency, EEUU.

Los geotextiles y mantas de fibras vegetales tienen múltiples usos que permiten controlar la erosión y el arrastre de sedimentos al humedal. Estos pueden utilizarse en soluciones de aguas lluvias tales como trampas de sedimentos y enrocados. También pueden utilizarse como protección temporal de suelos expuestos, especialmente en taludes pronunciados. Adicionalmente, debido a que son porosos y biodegradables, permiten la contención de compost, semillas, suelo y mulch que facilita el establecimiento de vegetación, especialmente en laderas de alta pendiente.

Buenas Prácticas vinculadas

- Protección de pilas de acopio de material granular (BBPP - 46)
- Manta de compost (BBPP - 49)
- Geotextiles, mantas y mallas (BBPP - 50)
- Aterrazamiento (BBPP - 51)
- Mulching o cobertura vegetal (BBPP - 52)
- Siembra (BBPP - 53)
- Aumento de la rugosidad del suelo (BBPP - 54)
- Protección con enrocados (BBPP - 55)
- Colector en pendiente temporal (BBPP - 56)
- Barreras de retención (BBPP - 57)
- Barreras vegetales (BBPP - 58)
- Barreras o bermas de compost (BBPP - 59)
- Aplicación de rollos de fibra (BBPP - 60)
- Berma filtrante (BBPP - 61)
- Trampas de sedimentos (BBPP - 62)
- Malla o barrera de sedimentos (BBPP - 63)
- Protección para sumideros de aguas lluvias (BBPP - 64)

Lineamientos para el seguimiento de la medida y formulación de indicadores de cumplimiento

Se recomienda monitorear parámetros del agua vinculados al aporte de sedimentos:

- Sólidos Suspendidos Totales.

- Sólidos Disueltos Totales.
- Turbidez.
- Transparencia.

Categoría	Creación, mejoramiento o expansión de humedales como hábitat equivalente para flora y fauna	9
Sub-Categoría	Creación, mejoramiento o expansión de humedales como hábitat equivalente para flora y fauna	9.1

Tipologías de medidas	Mitigación	Reparación	Compensación	Objeto(s) de Protección
	○	○	●	• Agua • Suelo • Flora y vegetación • Fauna • Ecosistema

Aspectos Ambientales a los que podría aplicar	Impactos Ambientales a los que podría aplicar
• Disposición permanente de material en el humedal o relleno. • Transformación permanente de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad • Transformación permanente de la zona y frecuencia de inundación. • Instalación de pilotes en la sección transversal. • Instalación permanente de barrera transversal. • Extracción de suelo.	• Cambio en la superficie del humedal. • Modificación de la morfología del humedal o zona ribereña. • Transformación de las condiciones de hábitat acuático y terrestre. • Modificación de las condiciones hidráulicas del humedal. • Deterioro de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del suelo. • Deterioro de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del agua. • Alteración de procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimentos.

Descripción General

Esta subcategoría hace referencia a las medidas de compensación ecológica que buscan obtener una ganancia en biodiversidad con el fin de producir un efecto alternativo y equivalente al humedal degradado. Se busca compensar la **estructura y funcionalidad** de una característica natural perdida debido al desarrollo del proyecto de infraestructura. Una vez establecida y con el tiempo necesario, el ecosistema creado, mejorado

o expandido, debe proporcionar las **funciones ecosistémicas** las cuales proveen los **servicios ecosistémicos** propios del humedal de degradado debido a los impactos residuales.

Se proponen tres formas de compensación ecológica:

- **Mejoramiento:** corresponde a actividades de gestión que se realizan en humedales existentes que aumentan una o más servicios ecosistémicos tal como retención de sedimentos, depuración, control de inundaciones y provisión de hábitat. El radio de compensación sugerido es de 3:1.
- **Creación:** corresponde a la construcción de humedales donde antes no existían. El radio de compensación sugerido es de 4:1.
- **Expansión:** corresponde a la expansión de un humedal existente hacia áreas adyacentes. Se sugiere un radio de compensación menor de 2:1, ya que por lo generar tienen mayores tasas de éxito.

El diseño de un plan de compensación puede incluir elementos que comúnmente se utilizan como medidas de mitigación. Se recomienda revisar las fichas:

- **8.1** Estrategias de Almacenamiento
- **8.2** Estrategias de Infiltración
- **8.3** Estrategias de Conducción
- **8.4** Estrategias de Depuración

También se pueden utilizar estrategias vinculadas a la mantención y/o restauración hidrogeomorfológica del cauce:

- **11.1** Mejoramiento de la morfología y sinuosidad del cauce
- **11.2** Protección de riberas
- **11.3** Mantención de la conectividad longitudinal

O a la restauración ecológica:

- **10.1** Restauración ecológica del humedal degradado.

En algunos casos se puede requerir considerar lo indicado para:

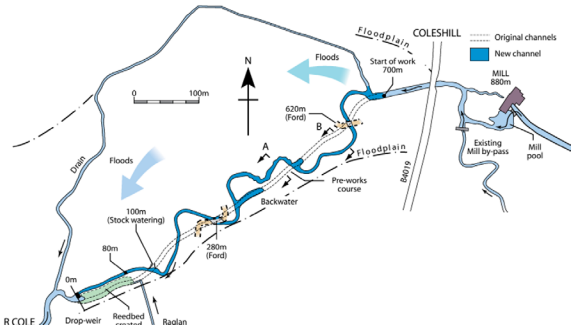
- **15.1** Extracción de especies invasoras.
- **17.1** Viverización de flora nativa.

El diseño de un proceso de compensación es caso específico y depende fuertemente del tipo de humedal que se busca compensar. En la presente ficha solo se muestran algunos ejemplos de diferentes casos de mejoramiento, creación y expansión.

Escala Espacial	Escala Temporal
Variable según el tipo de humedal y forma de compensación. Siempre se ubica fuera del área de influencia. Se recomiendan las siguientes razones de compensación: • Mejoramiento → 3:1 • Creación → 4:1 • Expansión → 2:1	El tiempo de establecimiento de la funcionalidad del ecosistema es variable. Una vez establecido el ecosistema su duración es indefinida.

Ejemplos para la compensación en humedales (M 9.1.1)

Mejoramiento de un humedal rectificado mediante la construcción de meandros



Diseño de un proyecto de construcción de meandros. Fuente: Manual of River Restoration Techniques. The River Restoration Center (2020).

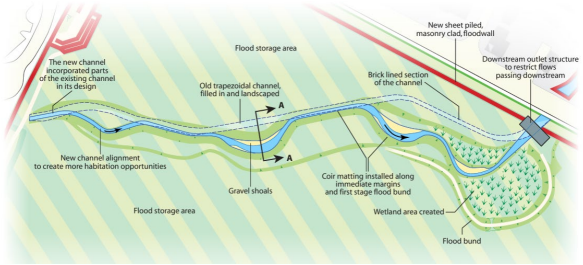


Vista aérea de meandros construidos. Fuente: Manual of River Restoration Techniques. The River Restoration Center (2020).

Una posibilidad para el mejoramiento de la funcionalidad hidrogeomorfológica y provisión de hábitat es la creación de meandros en humedales tipo ríos o canales que han sido rectificados anteriormente.

Para más información revisar “Manual of River Restoration Techniques. The River Restoration Center (2020)”.

Apertura de un canal revestido y creación de humedales



Diseño del proyecto de apertura de un canal revestido para la creación de humedales. Fuente: Manual of River Restoration Techniques. The River Restoration Center (2020).





Antes y después del proceso de apertura y creación de humedales. Fuente: Manual of River Restoration Techniques. The River Restoration Center (2020).

Ejemplo de creación de humedales mediante la apertura y restauración de un canal urbano revestido el cual en su condición previa no proveía servicios ecosistémicos vinculados a la provisión de hábitat, mejoramiento de la calidad de agua o control de inundaciones.

Para más información revisar “Manual of River Restoration Techniques. The River Restoration Center (2020)”.

Creación de humedales en planicies de inundación



Diseño del proyecto para la creación de humedales en planicies de inundación. Fuente: Manual of River Restoration Techniques. The River Restoration Center (2020).



Proceso constructivo de humedales en planicie de inundación. Fuente: Manual of River Restoration Techniques. The River Restoration Center (2020).

El objetivo del proyecto es complementar el río como hábitat a través de la restauración de la planicie de inundación, la cual había sido fuertemente degradada por la construcción de un embalse.

Para más información revisar “Manual of River Restoration Techniques. The River Restoration Center (2020)”.

Lineamientos para el seguimiento de la medida y formulación de indicadores de cumplimiento

El seguimiento del mejoramiento, expansión o creación de humedales debe abordarse de forma integral tomando indicadores para todos los AEC de tal forma de poder cuantificar el restablecimiento de la estructura como la funcionalidad del humedal. Se recomienda comparar el monitoreo previo al desarrollo del proyecto de compensación, durante la fase constructiva y posterior al trabajo de compensación, idealmente de forma continua y permanente.

Se recomienda revisar Matriz de Indicadores (Anexo Digital 1) para seleccionar los indicadores más adecuados según el tipo de humedal y los objetivos del proyecto de compensación. En cualquier caso, **es importante incorporar el monitoreo de indicadores de los atributos ecológicos estructurantes como lo son la cantidad del agua y la hidro geomorfología.**

Categoría	Restauración ecológica del humedal degradado	10
Sub-Categoría	Restauración ecológica del humedal degradado	10.1

Tipologías de medidas	Mitigación	Reparación	Compensación	Objeto(s) de Protección
	○	●	◐	• Agua • Suelo • Flora y vegetación • Fauna • Ecosistema

Aspectos Ambientales a los que podría aplicar	Impactos Ambientales a los que podría aplicar
• Extracción de la vegetación en el humedal. • Extracción de la vegetación aledaña al humedal. • Generación de fuentes de ignición. • Instalación temporal de barrera transversal. • Movimiento de tierra en el humedal. • Perturbación del suelo aledaño al humedal. • Transformación temporal de la zona y frecuencia de inundación. • Vertimiento de sedimentos y contaminantes.	• Pérdida de cobertura vegetal e individuos de flora hidrófila. • Cambio en la estructura de las formaciones de vegetación presentes. • Deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua. • Deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. • Deterioro de hábitat acuático y terrestre. • Alteración de los procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimentos. • Transformación de las condiciones de hábitat acuático y terrestre.

Descripción General

El objetivo de la restauración es reestablecer la **estructura y funcionalidad** de una característica natural perdida debido al desarrollo del proyecto de infraestructura. Una vez establecida y con el tiempo necesario, el ecosistema restaurado deber proporcionar las **funciones ecosistémicas** las cuales proveen los **servicios ecosistémicos** propios del humedal de interés. A diferencia de la compensación, la restauración ocurre en el mismo sitio del humedal impactado. En este sentido, la restauración es preferida a la compensación.

Por lo general en proyectos de restauración se considera un radio de superficie restaurada de **2:1**, es decir por cada hectárea de humedal alterado, dos hectáreas deben ser restauradas.

El diseño de un plan de restauración puede incluir elementos que comúnmente se utilizan como medidas de mitigación. Se recomienda revisar las fichas:

- **8.1** Estrategias de Almacenamiento
- **8.2** Estrategias de Infiltración
- **8.3** Estrategias de Conducción
- **8.4** Estrategias de Depuración

También se pueden utilizar estrategias vinculadas a la mantención y/o restauración hidrogeomorfológica del cauce:

- **11.1** Mejoramiento de la morfología y sinuosidad del cauce
- **11.2** Protección de riberas
- **11.3** Mantención de la conectividad longitudinal

Además, en algunos casos se puede requerir considerar lo indicado para:

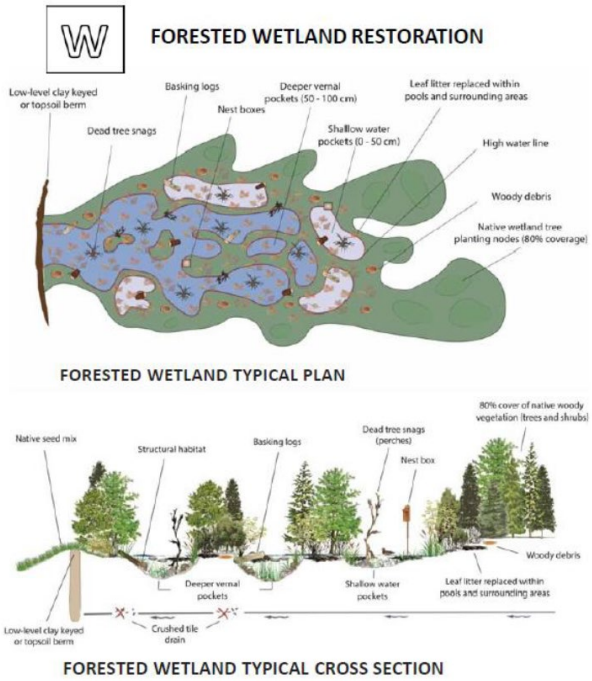
- **15.1** Extracción de especies invasoras
- **17.1** Viverización de flora nativa

El diseño de un proceso de restauración es caso específico y depende fuertemente del tipo de humedal que se busca restaurar. En la presente ficha solo se muestran algunos ejemplos generales según características tipo del ecosistema.

Escala Espacial	Escala Temporal
La restauración se realiza in-situ en el sector del humedal degradado. Específicamente dentro del AI del componente ambiental de interés. Por lo general se considera un radio de restauración de 2:1.	El tiempo de establecimiento y restauración de la funcionalidad del ecosistema es variable. Una vez establecido el ecosistema su duración es indefinida.

Ejemplos para la restauración de humedales (M 10.1.1)

Restauración de bosques pantanosos (Hualves, Tepuales o Pitrantos)



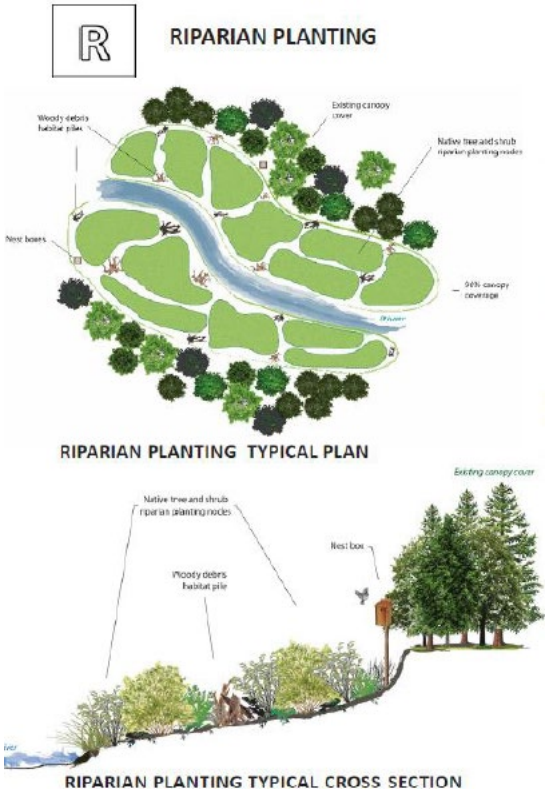
Esquema para la restauración de un humedal de bosque pantanoso. Fuente: Guideline for Determining Ecosystem Compensation. Toronto and Region Conservation Authority.



Referente de árboles y arbustos recién plantados en bosque pantanoso en restauración. Fuente: Guideline for Determining Ecosystem Compensation. Toronto and Region Conservation Authority.

La restauración de humedales del tipo bosque pantanoso incluye actividades como:

- Restitución de la hidrología original, eliminando encauzamientos, drenes, barreras u otros.
- Implementación de estrategias para el control de sedimentos.
- Restablecer la topografía, incluyendo zonas poco profundas y reservorios estivales.
- Implementación de estructuras para hábitat (troncos muertos, perchas para aves y/o cajas nidificadoras).
- Extracción de especies invasoras y preparación del sitio para plantación.
- Plantación de vegetación leñosa y árboles nativos.
- Sembrado de flora hidrófila en suelos descubiertos.
- Implementación de mantas de compost o similar para el control de la erosión durante etapa de establecimiento de la vegetación.
- Implementación de cercos para evitar daño de la vegetación durante etapa de establecimiento.

<table>
<tr><th colspan="3">Restauración ripariana</th></tr>
<tr>
<td>


Esquema para la restauración ripariana. Fuente: Guideline for Determining Ecosystem Compensation. Toronto and Region Conservation Authority.
</td>
<td>

Recently planted riparian area

Riparian planting post implementation

Referente de restauración ripariana. Fuente: Guideline for Determining Ecosystem Compensation. Toronto and Region Conservation Authority.
</td>
<td>
La restauración ripariana o de riberas incluye actividades como:

Restitución de la hidrología original, eliminando encauzamientos, drenes, barreras u otros.
Implementación de estrategias para el control de sedimentos.
Restablecer la topografía, incluyendo zonas poco profundas y reservorios estivales.
Implementación de estructuras para hábitat (troncos muertos, perchas para aves y/o cajas nidificadoras).
Extracción de especies invasoras y preparación del sitio para plantación.
Plantación de vegetación leñosa y árboles nativos. Se recomienda utilizar especies existentes en el lugar.
Sembrado de flora hidrófila en suelos descubiertos.
Implementación de mantas de compost o similar para el control de la erosión durante etapa de establecimiento de la vegetación.
Implementación de cercos para evitar daño de la vegetación durante etapa de establecimiento.

Se recomienda revisar los referentes de la medida 11.2 “Protección de las riberas”.
</td>
</tr>
</table>

Lineamientos para el seguimiento de la medida y formulación de indicadores de cumplimiento
El seguimiento de la restauración de un humedal debe abordarse de forma integral tomando indicadores para todos los AEC de tal forma de poder cuantificar el restablecimiento de la estructura como la funcionalidad del humedal. Se recomienda comparar el monitoreo previo al desarrollo del proyecto de infraestructura, durante la fase constructiva y posterior al trabajo de la restauración. Se recomienda revisar Matriz de Indicadores (Anexo Digital 1) para seleccionar los indicadores más adecuados según el tipo de humedal y los objetivos del proyecto de restauración.

Categoría	Mantención y/o restauración hidrogeomorfológica del cauce	11
Sub-Categoría	Mejoramiento de la morfología y sinuosidad del cauce	11.1

Tipologías de medidas	Mitigación	Reparación	Compensación	Objeto(s) de Protección
	○	●	◐	• Agua • Suelo • Flora y Vegetación • Fauna • Ecosistema

Aspectos Ambientales a los que podría aplicar	Impactos Ambientales a los que podría aplicar
• Transformación permanente de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad. • Transformación permanente de la zona y frecuencia de inundación. • Disposición permanente de material en el humedal o relleno. • Compactación del suelo del humedal.	• Alteración de procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimento. • Deterioro de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del suelo. • Interrupción de la conectividad hidrológica. • Modificación de las condiciones hidráulicas del humedal. • Modificación de la morfología del humedal o zona ribereña. • Transformación de las condiciones de hábitat acuático y terrestre.

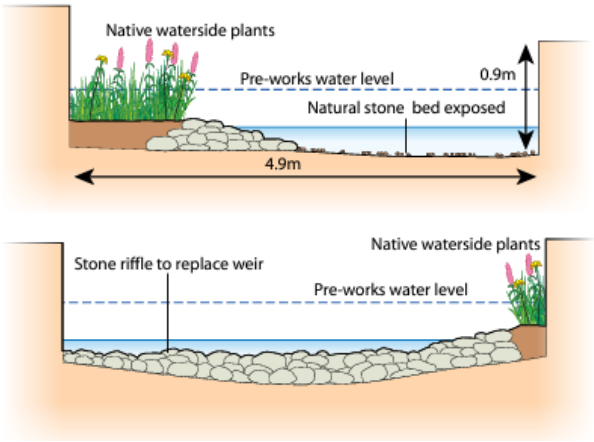
Descripción General

Un canal rectificado y revestido carece de la diversidad en cuanto a flujos y hábitats que sustentan un ecosistema saludable. Además, por lo general aumentan el riesgo de inundación hacia aguas abajo. Restaurar la forma y función morfológica de un cauce permite y acelera la recuperación del ecosistema ribereño ante múltiples presiones. En contextos urbanos muchas veces no es posible recuperar la forma original del cauce, aún así se pueden implementar algunas estrategias que crean mayor diversidad morfológica y por ende hábitat para flora y fauna.

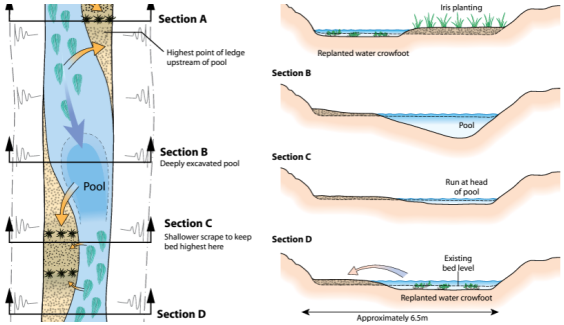
Escala Espacial	Escala Temporal
Dentro del cauce rectificado y/o revestido.	Duración indefinida.

Ejemplos de Medidas

Mejoramiento de sinuosidad en cauces rectificados (M 11.1.1)



Cortes transversales sinuosos usando bermas de diferentes sustratos y rocas sobre un canal revestido. Fuente: Manual of River Restoration Techniques. The River Restoration Center (2020).



Reperfilamiento de la sección transversal creando mayor sinuosidad en el cauce. Fuente: Manual of River Restoration Techniques. The River Restoration Center (2020).



Proceso constructivo del aumente de sinuosidad en un canal urbano revestido. Fuente: Manual of River Restoration Techniques. The River Restoration Center (2020).

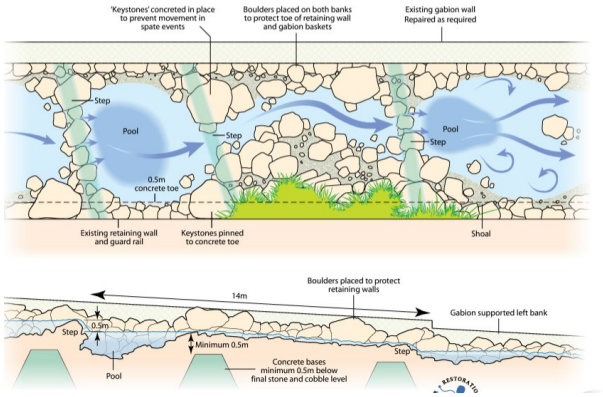


Proceso de reperfilamiento de las secciones transversales del cauce. Fuente: Manual of River Restoration Techniques. The River Restoration Center (2020).

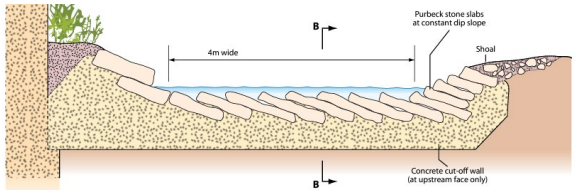
Estrategia utilizada cuando no es posible restaurar la sinuosidad del río debido a restricciones de espacio u otras. La idea es restaurar algunas formas y procesos naturales dentro del canal restringido. Esto permite restaurar en parte la funcionalidad ribereña en cuanto al sustento de flora y fauna.

Mas información en “Manual of River Restoration Techniques. The River Restoration Center (2020)”.

Mejoramiento del lecho del cauce (M 11.1.2)



Vista en planta y corte longitudinal de escalones enrocados. Fuente: Manual of River Restoration Techniques. The River Restoration Center (2020).



Corte transversal del cambio en la sección y lecho de un cauce urbano revestido usando rocas de diferentes tamaños. Fuente: Manual of River Restoration Techniques. The River Restoration Center (2020).



Escalones enrocados que replican la condición natural del cauce. Fuente: Manual of River Restoration Techniques. The River Restoration Center (2020).



Proceso constructivo del cambio de sección y lecho usando rocas de diferentes tamaños. Fuente: Manual of River Restoration Techniques. The River Restoration Center (2020).

El objetivo es recrear el lecho del cauce original mediante el uso de enrocados de diferentes tamaños. Esto permite generar mayor diversidad morfológica y disipar energía lo que habilita el cauce como hábitat para diferentes especies nativas.

Por lo general va acompañado del mejoramiento de la sinuosidad.

Mas información en “Manual of River Restoration Techniques. The River Restoration Center (2020)”.

<table>
<tr><th colspan="4">Lineamientos para el seguimiento de la medida y formulación de indicadores de cumplimiento</th></tr>
<tr><td colspan="4">De forma general para el mejoramiento de la morfología se recomienda usar indicadores vinculados a los atributos de la estructura de la vegetación ribereña y conectividad hidrogeomorfológica. Se recomienda monitorear estos indicadores tanto antes como después de la implementación de la medida con el fin de compararlos. Además, se recomienda monitorear la presencia de peces, anfibios y macroinvertebrados en el cauce comparando su riqueza y abundancia en el tiempo.</td></tr>
<tr><th colspan="4">Indicadores recomendados para el monitoreo de la efectividad de la medida</th></tr>
<tr><td>Para la calidad del agua:
Turbidez.
Sólidos Suspendido Totales.
Sólidos Disueltos Totales.
Macroinvertebrados.</td><td>Para la cantidad de agua:
Velocidad en condiciones extremas anuales.
Magnitud mensual del área inundable.</td><td>Para la calidad del suelo:
Horizontes del perfil de suelo.
Granulometría.</td><td>Para la estructura de la vegetación ribereña:
Vegetación funcional en la franja ribereña.
Extensión lineal de la franja ribereña.</td></tr>
<tr><td>Para la conectividad hidrogeomorfológica:
Conectividad lateral.
Conectividad longitudinal.
Sección transversal.
Sustrato del lecho.</td><td>Para peces:
Riqueza específica.
Abundancia total y específica.
Presencia de peces en categoría de conservación.
Evidencia de reclutamiento.</td><td colspan="2">Para anfibios:
Riqueza específica.
Abundancia total y específica.
Presencia de anfibios en categoría de conservación.
Evidencia de reclutamiento.</td></tr>
</table>

Categoría	Mantención y/o restauración hidrogeomorfológica del cauce	11
Sub-Categoría	Protección de riberas	11.2

Tipologías de medidas	Mitigación	Reparación	Compensación	Objeto(s) de Protección
				• Agua • Suelo • Flora y Vegetación • Ecosistema

Aspectos Ambientales a los que podría aplicar	Impactos Ambientales a los que podría aplicar
• Transformación permanente de la sección transversal, sinuosidad y rugosidad • Transformación permanente de la zona y frecuencia de inundación • Perturbación del suelo aledaño al humedal. • Impermeabilización del suelo aledaño.	• Alteración de procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimento. • Deterioro de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del suelo. • Interrupción de la conectividad hidrológica. • Modificación de las condiciones hidráulicas del humedal. • Modificación de la morfología del humedal o zona ribereña. • Transformación de las condiciones de hábitat acuático y terrestre.

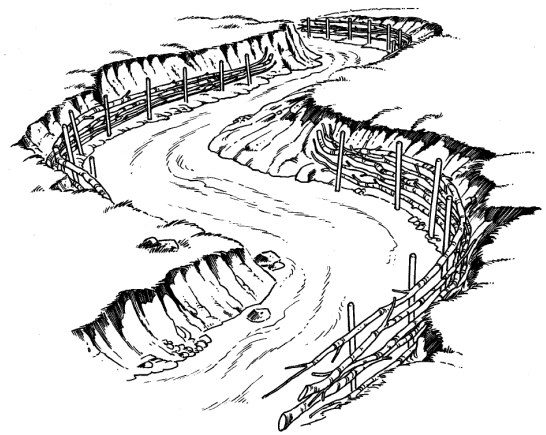
Descripción General

La bioingeniería del suelo ofrece una alternativa a los enfoques tradicionales para el control de la erosión. Se utilizan técnicas naturales para estabilizar y proteger las riberas de ríos erosionables. Mediante el uso de vegetación como estacas vivas y revestimientos vegetales, esta técnica refuerza el suelo y reduce la erosión al aprovechar la capacidad de las plantas para fortalecer el terreno con sus raíces y atenuar el impacto del flujo de agua y otros agentes erosivos asociados a una obra. Además de su efectividad en la prevención de la erosión, la bioingeniería de suelo contribuye a la creación de hábitats acuáticos y ribereños.

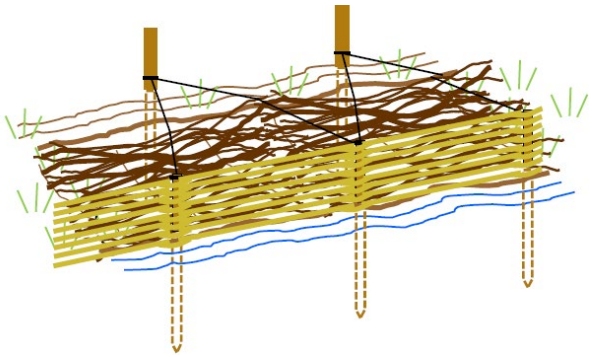
Escala Espacial	Escala Temporal
Se implementan a lo largo de las riberas erosionadas o intervenidas que se buscan restaurar.	Tienen una duración indefinida.

Ejemplos de Medidas

Uso de árboles y ramas en riberas erosionables (M 11.2.1)



Esquema de estacas y empalizado de ramas en ribera erosionada. Fuente: Polster Environmental Services Ltd (2003).



Esquema para la implementación de ramas y pequeños árboles combinada con estacas en empalizado en ribera erosionada. Fuente: Natural Scotland and SEPA (2020)



Estacas y empalizado de sauce en ribera erosionada. Fuente: https://www.yorkshirewillow.co.uk/

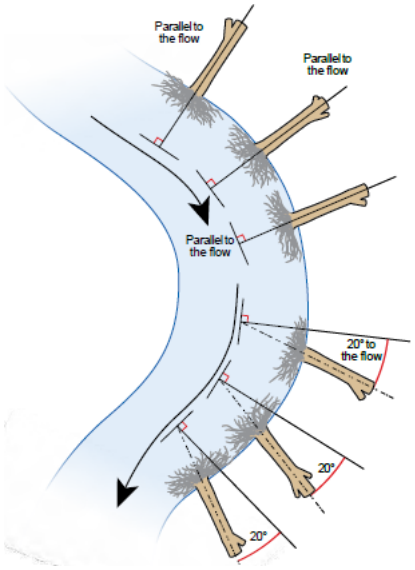


Ramas y estacas en riberas erosionada. Fuente: Natural Scotland and SEPA (2020)

El uso de ramas, troncos y estacas es una herramienta versátil y aplicable en múltiples riberas que proporciona protección y soporte en riberas erosionadas. Estas alternativas se pueden combinar entre ellas y otras herramientas basadas en la bioingeniería de suelo para el control de la erosión.

Más información y detalles de diseño en los siguientes manuales:

- Sustainable Riverbank Protection Reducing Riverbank Erosion. A best practice guide for farmers and other land managers (Natural Scotland and SEPA, 2020).
- Manual of River Restoration Techniques (The River Restoration Center, 2020).
- Alternatives for Bank Stabilization – Literature Review (Polster Environmental Services Ltd, 2003).

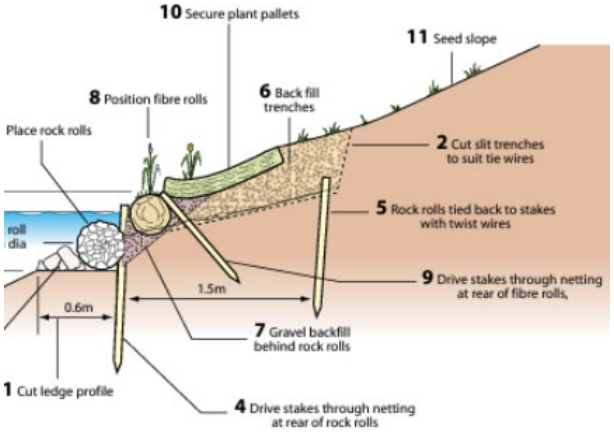


Esquema para el uso de grandes raíces en riberas erosionadas. Fuente: Manual of River Restoration Techniques. The River Restoration Center (2020).

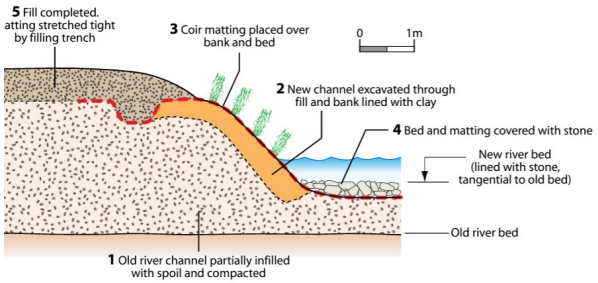


Uso de estacas y grandes raíces en riberas erosionadas. Fuente: https://www.salixrw.com/

Revestimientos vegetales (M 11.2.2)



Perfil transversal de un revestimiento transicional. Fuente: Manual of River Restoration Techniques. The River Restoration Center (2020).



Perfil transversal de un revestimiento usando geotextiles vegetales. Fuente: Manual of River Restoration Techniques. The River Restoration Center (2020).



Revestimiento transicional. Fuente: Manual of River Restoration Techniques. The River Restoration Center (2020).



Uso de rollos de fibra y plantación de especies hidrófilas. Fuente: Manual of River Restoration Techniques. The River Restoration Center (2020).

Corresponde al uso de materiales vegetales en riberas erosionadas con el fin de otorgar conectividad hidrológica transversal y hábitat para especies ribereñas. Se usan generalmente cuando el potencial erosivo no es severo. Por lo general van acompañadas del uso de estacas y empalizados para entregar mayor soporte.

Más información y detalles de diseño en los siguientes manuales:

- Manual of River Restoration Techniques (The River Restoration Center, 2020).
- Alternatives for Bank Stabilization – Literature Review (Polster Environmental Services Ltd, 2003).

Lineamientos para el seguimiento de la medida y formulación de indicadores de cumplimiento				
El seguimiento de la medida dependerá del objetivo que se busca cumplir. De forma general para la protección de ribera se recomienda usar indicadores vinculados a los atributos de la estructura de la vegetación ribereña y conectividad hidrogeomorfológica. Se recomienda monitorear estos indicadores tanto antes como después de la implementación de la medida con el fin de compararlos.				
Indicadores recomendados para el monitoreo de la efectividad de la medida				
Para la calidad del agua: • Turbidez. • Sólidos Suspendido Totales. • Sólidos Disueltos Totales.	Para la cantidad de agua: • Velocidad en condiciones extremas anuales. • Magnitud mensual del área inundable.	Para la calidad del suelo: • Horizontes del perfil de suelo. • Granulometría.	Para la estructura de la vegetación ribereña: • Vegetación funcional en la franja ribereña. • Extensión lineal de la franja ribereña.	Para la conectividad hidrogeomorfológica: • Conectividad lateral. • Sección transversal. • Sustrato del lecho.

Categoría	Mantención y/o restauración hidrogeomorfológica del cauce	11
Sub-Categoría	Mantención y/o restauración de la conectividad longitudinal	11.3

Tipologías de medidas	Mitigación	Reparación	Compensación	Objeto(s) de Protección
	●	●	◐	• Agua • Ecosistema

Aspectos Ambientales a los que podría aplicar	Impactos Ambientales a los que podría aplicar
• Instalación permanente de barrera transversal. • Instalación temporal de barrera transversal. • Extracción de caudales. • Transformación temporal de la zona y frecuencia de inundación.	• Interrupción de la conectividad hidrológica. • Modificación de la morfología del humedal o zona ribereña. • Modificación de las condiciones hidráulicas del humedal. • Alteración de procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimento

Descripción General

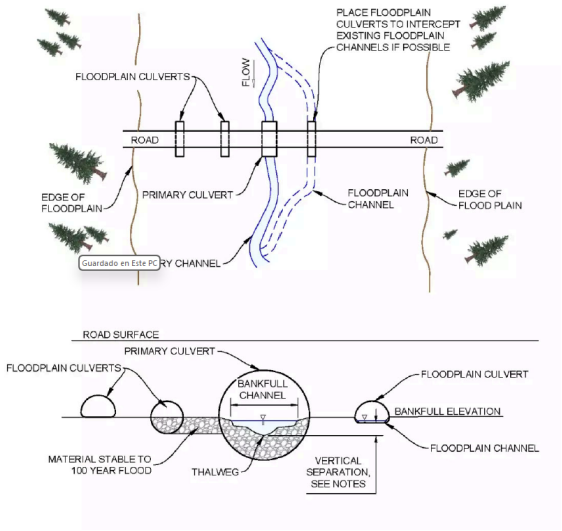
De forma general, esta medida corresponde a diseñar atraviesos que respeten el régimen hidrológico del humedal y con ello, su funcionalidad ecológica. Se debe considerar tanto la temporalidad, espacialidad y cantidad del régimen de saturación que sustenta el humedal. En este sentido se deben diseñar atraviesos que permitan el paso de flujos frecuentes como también en crecidas mayores. Por otro lado, se debe otorgar conectividad en zonas donde se concentra el flujo la mayor parte del tiempo, pero también en zonas de saturación temporal. Por último, se debe permitir el paso de caudal ambiental requerido para el sustento del ecosistema.

Se recomienda revisar también las medidas vinculadas a pasos de fauna (12.1), específicamente, atraviesos de cauce con pasos de fauna.

Escala Espacial	Escala Temporal
Se implementa en zonas de atravieso entre infraestructura, comúnmente vial, y el humedal.	Generalmente tienen una vida útil equivalente a la de la obra vial.

Ejemplos de Medidas

Atraviesos tipo alcantarilla en la planicie de inundación (M 11.3.1)



Alcantarillas para la planicie de inundación. Fuente: https://www.fws.gov/alaska-culvert-design-guidelines



Alcantarilla principal tipo arco abierto y alcantarillas en planicie de inundación. Fuente: Fisheries Engineering and Science.



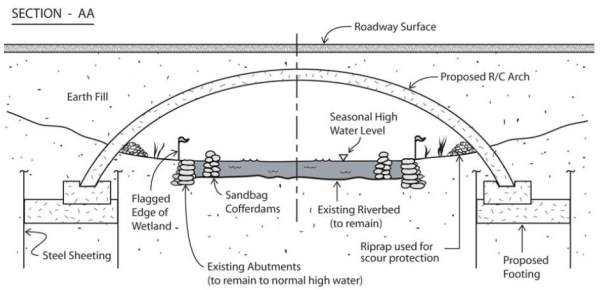
Alcantarilla principal y alcantarilla en planicie de inundación. Fuente: https://livingnewdeal.org/

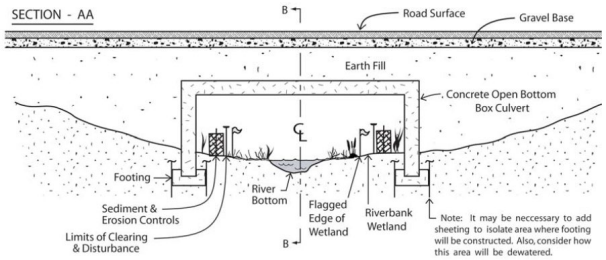
Por lo general, los atraviesos tipo alcantarilla se ubican únicamente en el cauce principal. Esta medida sugiere incorporar alcantarillas a lo largo de la planicie inundable del cauce que permitan la conectividad longitudinal, transversal como también la conservación se procesos erosivos, de transporte y acumulación de sedimentos. Se recomienda que la elevación de estas alcantarillas sea la misma que la del lecho del cauce y que se ubiquen verticalmente separadas para que se asegure un flujo base en el cauce principal.

Notar que se deben priorizar atraviesos que dejen libre la totalidad de la zona inundable, aun así, existen diferentes restricciones que hacen de este diseño una alternativa recomendada y viable.

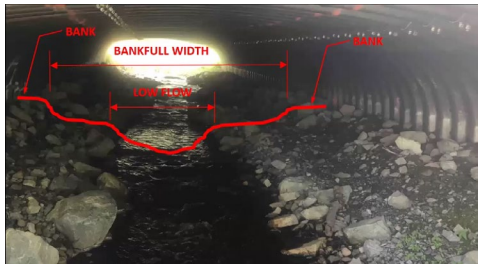
Más información de este diseño en “Culvert Design Guidelines for Ecological Function, U.S. Fish & Wildlife Service”

Arcos o cajones abiertos (M 11.3.3)





Fuente: The Wetland BMP Manual:Techniques for Avoidance and Minimization (Rhode Island Department of Environmental Management Freshwater Wetlands Program, 2010)



Arco abierto para el río o estero completo. Fuente: Fisheries Engineering and Science



Cajón abierto para río o estero. Fuente: https://nhcwater.com/

Las características que debe cumplir un atravieso de humedal que otorgue conectividad hidrológica y que mantenga la funcionalidad ecológica son:

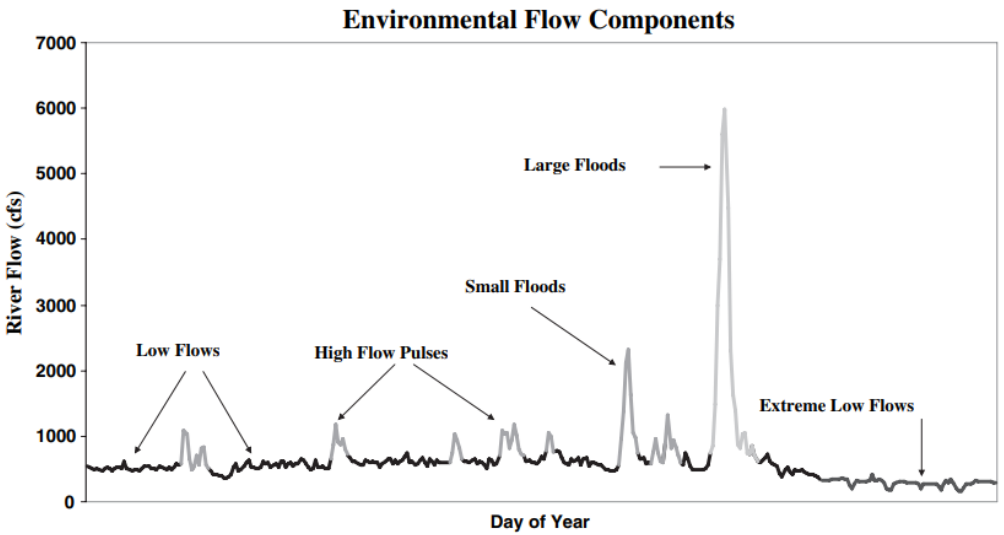
- Ser lo suficientemente anchos para abarcar el cauce activo y las orillas.
- Mantener el lecho del río como sustrato.
- Mantener la velocidad y altura de agua del flujo aguas arriba

Los atraviesos utilizados comúnmente son cajones modificados con zona seca y arcos o cajones abiertos al lecho natural del cauce.

Más información para el diseño de estos elementos:

- Massachusetts Stream Crossing Handbook: https://www.mass.gov/river-restoration-culvert-replacements
- The Wetland BMP Manual:Techniques for Avoidance and Minimization : https://dem.ri.gov/programs/benviron/water/permits/fresh/pdfs/wetbmp.pdf

Determinar y mantener el caudal ambiental (11.3.4)



Componentes relevantes del caudal ambiental. Fuente: Mathews and Richter (2007).

Según la Declaración de Brisbane (2007), los caudales ambientales son los flujos de agua, el momento de su aplicación y la calidad de las aguas precisos para mantener los ecosistemas de agua dulce y de los estuarios, así como los medios de subsistencia y bienestar de las personas que dependen del ecosistema. Existen diversas aproximaciones hidrológicas para calcular el caudal ambiental o el régimen natural de los humedales. Uno de los métodos más completos es el llamado RVA (Range of Variability Aproach).

Para el cálculo del caudal ambiental se recomienda revisar las siguientes guías o publicaciones:

- Mathews, R., & Richter, B. (2007). Aplication of the Indicators of Hydrologic Alteration Software in Environmental Flow Settings. Journal of the American Water Resources Association.
- Poff, N. L., Richter, B. D., Arthington, A. H., Bunn, S. E., Naiman, R. J., Kendy, E., ... & Warner, A. (2010). The ecological limits of hydrologic alteration (ELOHA): a new framework for developing regional environmental flow standards. *Freshwater biology*, *55*(1), 147-170.
- SEA, S. (2016). Guía Metodológica para Determinar el Caudal Ambiental para Centrales Hidroeléctricas en el SEIA. Chile.

Otras medidas (Revisar Anexo Digital 6 Matriz de Medidas)	
11.3.2 Atravieso del humedal en zonas angostas	
Lineamientos para el seguimiento de la medida y formulación de indicadores de cumplimiento	
Se recomienda monitorear tanto la cantidad del agua como algunas características geomorfológicas. Se deberá caracterizar la variabilidad temporal de las variables considerando la situación previa y posterior a la construcción del proyecto.	
Indicadores recomendados para el monitoreo de la efectividad de la medida	
Para cantidad del agua se deberán seleccionar indicadores adecuados según el tipo de humedal y su rol en el sustento ecológico, de forma general se recomienda: • Magnitud mensual de las condiciones del agua. • Magnitud y duración de las condiciones extremas anuales. • Tiempo de ocurrencia de las condiciones extremas anuales • Frecuencia y duración de los pulsos altos y bajos. • Tasa y frecuencia de cambio en las condiciones del agua.	Para la conectividad hidrogeomorfológica: • Conectividad lateral. • Conectividad longitudinal. • Sección transversal. • Sustrato del lecho.

Categoría	Implementación de pasos de fauna o corredores biológicos	12
Sub-Categoría	Pasos de fauna	12.1

Tipologías de medidas	Mitigación	Reparación	Compensación	Objeto(s) de Protección
	●	○	○	• Fauna

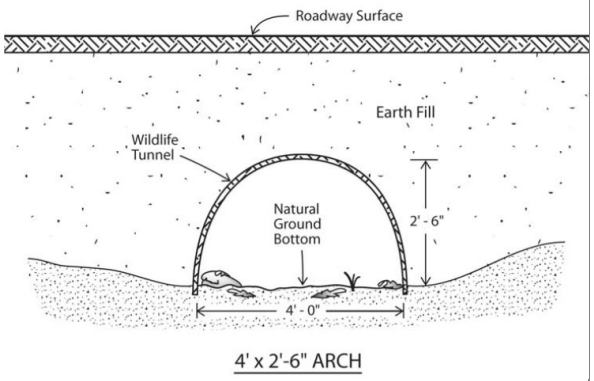
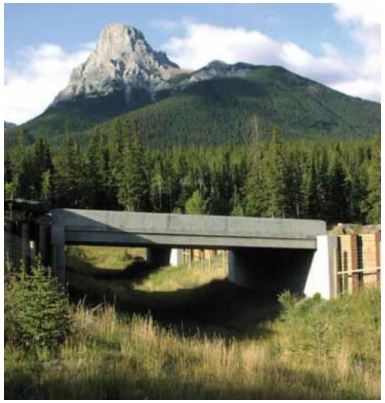
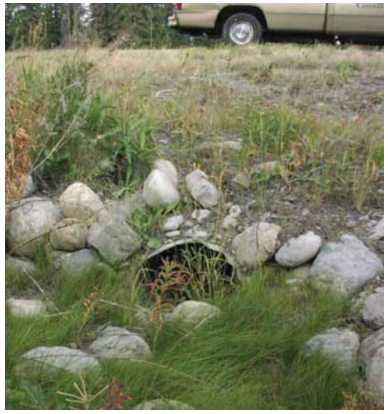
Aspectos Ambientales a los que podría aplicar	Impactos Ambientales a los que podría aplicar
• Instalación de barreras terrestres. • Aumento de tránsito vehicular. • Instalación permanente de barrera transversal. • Instalación temporal de barrera transversal.	• Pérdida de individuos de fauna nativa por atropellos y heridas. • Perturbación de comportamiento de fauna. • Fragmentación de ecosistema terrestre. • Cambio en la composición comunitaria de fauna. • Fragmentación y menoscabo de la meta-población de fauna.

Descripción General

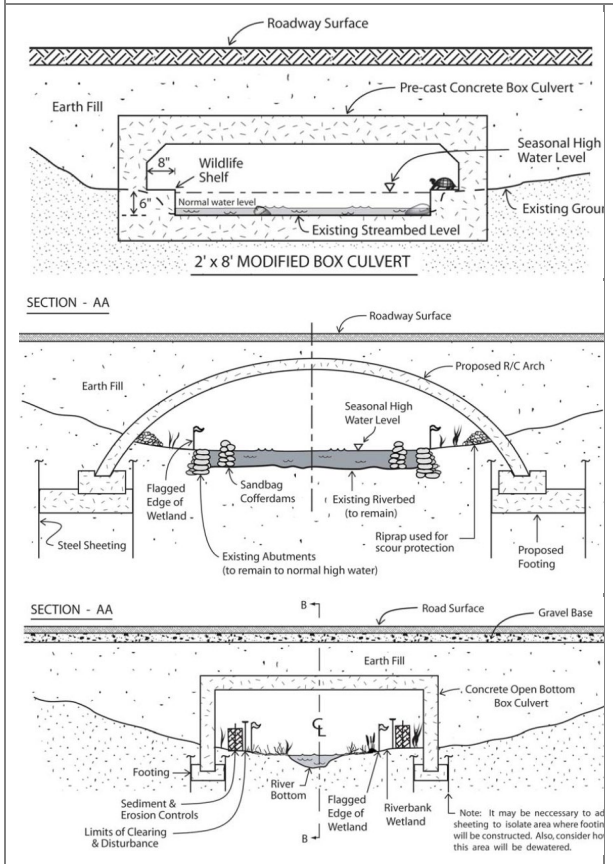
Los pasos de fauna son estructuras diseñadas para permitir que los animales atraviesen de forma segura las barreras artificiales en cuerpos de agua o terrestres. La implementación de este tipo de medidas permite mitigar la pérdida de individuos por atropellos, la fragmentación de ecosistemas y el menoscabo de la meta-población de fauna. Existen diferentes tipos de pasos de fauna dependiendo del ecosistema que se busca conectar y del tipo de animales que lo usarán.

Escala Espacial	Escala Temporal
En general se ubican de forma transversal a las barreras ya sean para un humedal o en ecosistemas terrestres.	Se implementan en la ejecución de la obra y su fase operación es la misma que la de la barrera en cuestión, la que en el caso de obras de infraestructura es indefinida.

Ejemplos de Medidas		
Pasos sobre nivel en caminos para fauna (M 12.1.1)		
 Paso sobre nivel de fauna terrestre. Fuente: Ministerio del Medio Ambiente España (2006)	 *Puente para paso de fauna. Fuente: Wildlife Crossing Structure Handbook Design And Evaluation In North America (Central Federal Lands Highway Division, 2011)*	Los puentes para paso de fauna son las estructuras más grandes que se implementan en carreteras para este fin. Se diseñan para un amplio espectro de fauna, desde grandes mamíferos hasta reptiles. Para fomentar su uso se deben implementar elementos del hábitat en el paso. También el diseño de la vegetación adoptada puede mejorar el uso para aves y murciélagos. Más información: • Wildlife Crossing Structure Handbook Design And Evaluation In North America: https://www.fhwa.dot.gov/clas/ctip/wildlife_crossing_structures/ • Prescripciones tecnicas para el diseno de pasos de fauna y vallados perimetrales. Documentos para la reduccion de la fragmentacion de habitats causada por infraestructuras de transporte: https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/publicaciones/prescripciones_pasos_vallados_2a_edicion_tcm30-195791.pdf

Pasos bajo nivel en caminos para fauna (M 12.1.2)		
 *Fuente: The Wetland BMP Manual: Techniques for Avoidance and Minimization (Rhode Island Department of Environmental Management Freshwater Wetlands Program, 2010).*	 *Paso para grandes mamíferos. Fuente: Wildlife Crossing Structure Handbook Design And Evaluation In North America (Central Federal Lands Highway Division, 2011).*  *Paso para pequeños mamíferos. Fuente: Wildlife Crossing Structure Handbook Design And Evaluation In North America (Central Federal Lands Highway Division, 2011).*	Atraviesos para mamíferos o anfibios ubicados bajo la carretera. Deben estar ubicados estratégicamente en zonas de tránsito de animales. Se deben instalar fuera de la red de drenaje evitando que el agua inunde los atraviesos. Sus dimensiones dependerán del tipo de animal para el cual se está diseñando. Más información: • Wildlife Crossing Structure Handbook Design And Evaluation In North America: https://www.fhwa.dot.gov/clas/ctip/wildlife_crossing_structures/ • Prescripciones técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte: https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/publicaciones/prescripciones_pasos_vallados_2a_edicion_tcm30-195791.pdf

Atraviesos de cauce con pasos de fauna (M 12.1.4)



Fuente: The Wetland BMP Manual: Techniques for Avoidance and Minimization (Rhode Island Department of Environmental Management Freshwater Wetlands Program, 2010)



Cajón modificado. Fuente: Mitigation measures to reduce impacts on biodiversity (Grilo et al, 2011).



Arco abierto. Fuente: Massachusetts Stream Crossing Handbook (Division of Ecological Restoration, 2012)



Cajón abierto. Fuente: Massachusetts Stream Crossing Handbook (Division of Ecological Restoration, 2012)

En los atraviesos de cauces de caminos por lo general se implementa una obra tipo alcantarilla o cajón la cual le entrega conectividad hidrológica al cauce. Aun así, estas obras debieran estar diseñadas para darle también conectividad biológica al ecosistema. Las características que debe cumplir un atravieso de humedal que otorgue conectividad biológica son:

- Ser lo suficientemente anchos para abarcar el cauce activo y las orillas. Esto permite el paso de fauna por una zona seca.
- Mantener el lecho del río como sustrato.
- Mantener la velocidad y altura de agua del flujo aguas arriba.

Los atraviesos utilizados comúnmente son cajones modificados con zona seca y arcos o cajones abiertos al lecho natural del cauce.
Más información para el diseño de estos elementos:

- Massachusetts Stream Crossing Handbook: https://www.mass.gov/river-restoration-culvert-replacements
- The Wetland BMP Manual:Techniques for Avoidance and Minimization : https://dem.ri.gov/programs/benviron/water/permits/fresh/pdfs/wetbmp.pdf

Otras medidas (Revisar Anexo Digital 6 Matriz de Medidas)
12.1.3 Rejas perimetrales.
Lineamientos para el seguimiento de la medida y formulación de indicadores de cumplimiento
Para evaluar el funcionamiento de los pasos de fauna en carreteras se recomienda en primer lugar evaluar si los pasos reducen los atropellos de fauna. Para esto es necesario contar con un conteo de atropellos de fauna previo y posterior a la implementación del paso. También se puede comparar con zonas de la carretera donde no existan pasos. Otra forma de evaluar los pasos de fauna es monitorear el paso de animales identificando su especie, cantidad, ubicación y frecuencia. Algunas técnicas de monitoreo recomendadas son: • Instalación de cámaras trampa. • Camas de rastreo (mezcla de arena y limo depositada en un lecho lineal donde se marcan las huellas que indiquen cruce de animales). • Placas de rastreo (placa cubierta con una fina capa de hollín donde se marcan las huellas que indiquen cruce de animales). • Dispositivos de recolección de pelo (hilos de alambre púas). • Colocación de collares con GPS. Es relevante identificar las especies que cruzan como las que no lo hacen.

Categoría	Implementación de pasos de fauna o corredores biológicos	12
Sub-Categoría	Dispositivos disuasores de vuelo	12.2

Tipologías de medidas	Mitigación	Restauración	Compensación	Objeto(s) de Protección
	●	○	○	• Fauna

Aspectos Ambientales a los que podría aplicar	Impactos Ambientales a los que podría aplicar
• Instalación de berreras terrestres.	• Fragmentación de ecosistema terrestre • Pérdida de individuos de fauna nativa • Fragmentación y menoscabo de la meta-población de fauna

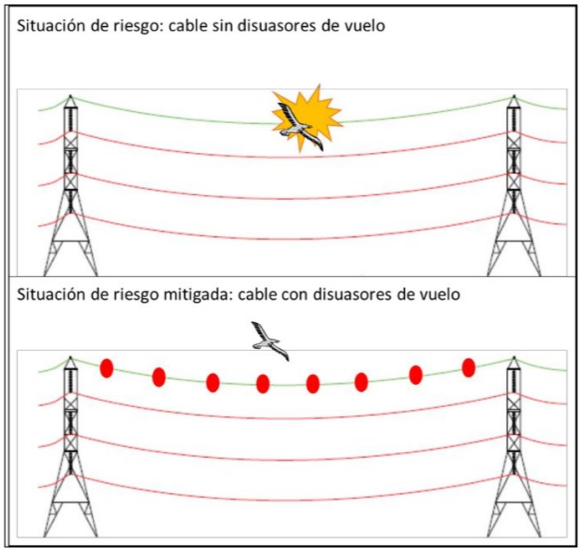
Descripción General

Los dispositivos disuasores de vuelo son elementos diseñados para prevenir o reducir las colisiones de aves con elementos de infraestructura como líneas eléctricas. Su objetivo es proteger tanto las aves como la infraestructura, reduciendo el riesgo de accidentes y mortalidad de las especies, así como también el deterioro o fallas de los elementos construidos. Estos elementos son especialmente importantes en zonas de intersección entre caminos y humedales, ya que comúnmente los humedales son parte de la ruta de vuelo de muchas especies.

Escala Espacial	Escala Temporal
Se implementan en las intersecciones entre rutas de vuelo y la infraestructura vial y cableado eléctrico.	Son permanentes, con una correcta mantención tienen una vida útil igual que el de la infraestructura.

Ejemplos de Medidas

Disuasores de vuelo en tendido eléctrico (M 12.2.1)



Disuasores de vuelo. Fuente: Medidas de mitigación de impactos en aves silvestres y murciélagos (SAG, 2014).



Ejemplos de disuasores de vuelo. Fuente: Medidas de mitigación de impactos en aves silvestres y murciélagos (SAG, 2014).

Instalación de dispositivos como esferas, cintas reflectante o dispositivos de colores vivos que aumentan la visibilidad del tendido eléctrico, disminuyendo así la probabilidad de colisión con este.

Revisar también barreras físicas como redes o cercas que impiden que las aves ingresen a zonas peligrosas y las dirigen hacia corredores biológicos o las obliga a elevar el vuelo.

Lineamientos para el seguimiento de la medida y formulación de indicadores de cumplimiento

Se recomienda concentrar el seguimiento en el OP Fauna, específicamente en aves. Para diseñar la medida se recomienda conocer los siguientes indicadores:

- Riqueza específica.
- Abundancia total y específica.
- Presencia de aves en categoría de conservación.
- Presencia de áreas de nidificación.
- Existencia de rutas de aves migratorias.

Además, para evaluar la efectividad de la medida se podrá monitorear:

- Tasa de mortalidad de aves en el área de influencia.

- Frecuencia de colisiones mediante cámaras de vigilancia.
- Desplazamiento de rutas de vuelo o migratorias.

Categoría	Relocalización de fauna silvestre	13
Sub-Categoría	Relocalización de fauna silvestre	13.1

Tipologías de medidas	Mitigación	Reparación	Compensación	Objeto(s) de Protección
	●	○	○	• Fauna

Aspectos Ambientales a los que podría aplicar	Impactos Ambientales a los que podría aplicar
• Disposición permanente de material en el humedal o relleno. • Extracción de vegetación aledaña al humedal. • Extracción de vegetación en el humedal. • Aumento de tránsito vehicular.	• Cambio en la composición comunitaria de fauna. • Fragmentación y menoscabo de la meta-población de fauna. • Pérdida de individuos de fauna nativa por atropellos, heridas, intoxicación y enfermedades. • Perturbación de patrones de comportamiento de fauna.

Descripción General

La relocalización de fauna silvestre debe ser considerada como una acción extrema, es decir, si es posible evitarla hay que tomar esa vía. La medida se entiende como el traslado de animales desde un área donde su hábitat está siendo destruido o alterado, hacia un nuevo sitio que ofrezca condiciones similares o más seguras para su supervivencia. Esta medida se aplica para mitigar el impacto ambiental en la biodiversidad durante la construcción de proyectos de infraestructura, expansión agrícola, o cualquier actividad que pueda desplazar o poner en riesgo a las especies de fauna que habitan el área, y que por lo general tienen dificultades de desplazamiento.

Es relevante considerar tres guías y criterios del SEA:

- Criterios técnicos para campañas de terreno de fauna terrestre y validación de datos (SEA, 2022).
- Criterio de Evaluación en el SEIA: Criterios Técnicos para la aplicación de la medida de rescate y relocalización (SEA, 2022).
- Criterio de Evaluación en el SEIA: Criterios Técnicos para la Aplicación de una Perturbación Controlada (SEA, 2022).

Algunos lineamientos específicos para la translocación de animales en el área de impacto son: (1) Evaluar las características de la especie, como si es territorial, gregaria o depende de una organización social comunitaria; y (2) asegurar que los individuos a translocar estén libres de enfermedades (por ejemplo, tiña o distemper en zorros) y verificar que el stock genético sea adecuado para la población receptora.

Finalmente, para asegurar el éxito de la relocalización de fauna en un ecosistema receptor, es esencial garantizar tres dimensiones clave: la disponibilidad de recursos elementales para la fauna translocada, el reclutamiento de nuevos individuos asegurando la supervivencia de los juveniles (Young of the Year, YOY), y la presencia de refugios adecuados que se ajusten a los requerimientos específicos de cada especie, proporcionando protección contra depredadores y zonas de descanso. Además, es crucial evaluar el sitio receptor en términos de capacidad de carga, considerando tanto la población existente como la translocada, y analizar el stock genético de la población local para asegurar su compatibilidad con los individuos a translocar, favoreciendo así la adaptación y el éxito a largo plazo del proceso.

En caso de no poder asegurar éxito de supervivencia de fauna translocada, se debe considerar complementar esta medida con medidas de compensación.

Escala Espacial	Escala Temporal
La escala espacial de la relocalización de fauna varía según las especies y sus poblaciones involucradas y el proyecto en cuestión. Previamente se deben estudiar dichas especies y poblaciones, así como identificar ecosistemas de destino. Puede ir desde pequeñas áreas locales dentro del mismo ecosistema hasta traslados a regiones más lejanas que posean un hábitat adecuado.	La escala temporal depende del proyecto y las necesidades biológicas de las especies, de su plasticidad y capacidad de adaptación al transporte y reinserción. Puede ser una medida de corto plazo si es que se tiene buenos índices de tolerancia al transporte y reinserción, ejecutada durante la fase inicial de un proyecto, o de largo plazo, si se requiere monitoreo continuo de las especies reubicadas, en aquellos casos de poblaciones únicas, poco resilientes al transporte y vulnerables.

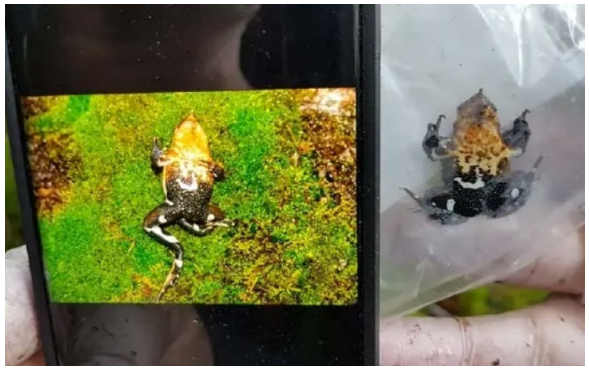
Ejemplos de Medidas

Rescate y relocalización de fauna silvestre (organismos de baja movilidad) (M 13.1.1)

Caso de estudios para el rescate y relocalización de anfibios



Búsqueda activa de individuos de anfibios en sitios de relocalización. Raimilla, V. 2015.



Identificación exitosa de un mismo espécimen al comparar muestreo anterior de Rhinoderma darwinii. Raimilla, V. 2015.

El propósito de esta acción es trasladar ejemplares de anfibios a zonas con características similares a las de su ubicación original. Para esto se debe realizar, por personal especialista, una búsqueda de anfibios en el área, hasta ser declarada como libre por el profesional encargado.

Más información:

- Monitoreo de anfibios en sitios de traslocación por mejoramiento de Ruta 7 en Parque Nacional Queulat. Raimilla,V. 2015.
- Criterio de Evaluación en el SEIA: Criterios Técnicos para la aplicación de la medida de rescate y relocalización. 2022. SEA.

Perturbación controlada y relocalización de fauna silvestre (organismos pequeños) (M 13.1.2)

Caso de estudios para la perturbación controlada y relocalización de reptiles y micromamíferos



Actividades de perturbación controlada de micromamíferos en faenas de construcción del Parque Eólico Camán, Región de Los Ríos, durante 2022 y 2023. Fuente: https://snifa.sma.gob.cl/UnidadFiscalizable/Ficha/19029





Ejemplares ahuyentados de culebra cola corta (Tachymenis chilensis - arriba) y ratón cola larga (Olygoryzomis longicaudatus - abajo) en faenas de construcción del Parque Eólico Camán, Región de Los Ríos, durante 2022 y 2023. Fuente: https://snifa.sma.gob.cl/UnidadFiscalizable/Ficha/19029

El propósito de esta acción es ahuyentar individuos de reptiles y micromamíferos, moviendo elementos bióticos y abióticos como troncos y rocas donde podrían estar refugiados, instando así al abandono del lugar. En este caso, se presentan ejemplo de actividades de perturbación controlada de fauna abarcando las áreas de instalación de aerogeneradores con sus accesos, plataformas, botaderos, chancadero y subestación elevadora, en el Parque Eólico Caman, Región de Los Ríos.

Más información:

- Plan de Perturbación controlada de reptiles MM-FA-04 y de micromamíferos MM-FA-05, señalada en la RCA N°65/2020, del proyecto Parque Eólico Caman, del titular AR Caman.
- Torres-Mura, J.C., Riveros-Riffo, E. y V. Escobar-Gimpel. (2015). Medidas de Rescate/ Relocalización y Perturbación Controlada del Servicio Agrícola y Ganadero.
- Criterio de Evaluación en el SEIA: Criterios Técnicos para la Aplicación de una Perturbación Controlada. 2022. SEA.

Otras medidas (Revisar Anexo Digital 6 – Matriz de Medidas)
13.1.3 Rescate y relocalización de peces.
Lineamientos para el seguimiento de la medida y formulación de indicadores de cumplimiento
Para evaluar el éxito del rescate y relocalización de fauna en obras viales y fluviales, se recomienda evaluar el tamaño poblacional de las especies focales previo y posterior a la implementación del proyecto, y, por ende, de la medida de relocalización. Para el caso de los ejemplos desarrollados en la ficha, se ha documentado diversos resultados en la respuesta de las poblaciones a la relocalización, donde la especie *R. darwinii* muestra 100% de remuestreo, mientras otras especies de anfibios promedian 5% de remuestreo. En el siguiente ejemplo, luego de dos días de realizada la perturbación controlada de reptiles y micromamíferos en las áreas a intervenir por el proyecto y no encontrar individuos tras los recorridos de verificación de ausencia de ejemplares, se dio liberación de las distintas áreas, y el indicador se marca como aprobado. Al aplicar esta medida únicamente al OP Fauna, se recomiendan los siguientes indicadores generales para todos los AEC para el seguimiento: • Riqueza específica (pre y post intervención). • Abundancia total y específica (pre y post intervención). • Presencia de peces en categoría de conservación (pre y post intervención). • Porcentaje de individuos recapturados por especie.

Categoría	Relocalización de flora silvestre	14
Sub-Categoría	Relocalización de flora silvestre	14.1

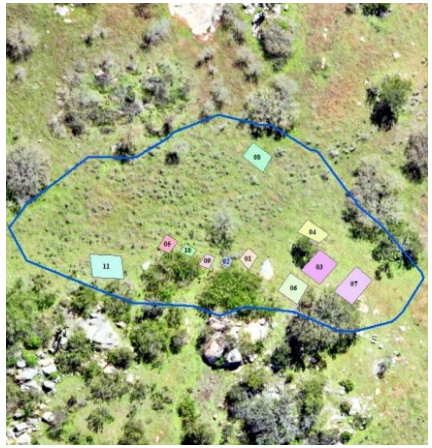
Tipologías de medidas	Mitigación	Reparación	Compensación	Objeto(s) de Protección
	●	○	○	• Flora y vegetación

Aspectos Ambientales a los que podría aplicar	Impactos Ambientales a los que podría aplicar
• Extracción de vegetación aledaña al humedal. • Extracción de vegetación en el humedal. • Transformación temporal de la zona y frecuencia de inundación.	• Cambio en la composición comunitaria de flora hidrófila. • Cambio en la estructura de las formaciones de vegetación presentes. • Pérdida de cobertura vegetal e individuos de flora hidrófila.

Descripción General

La relocalización de flora silvestre implica el trasplante de plantas, incluyendo árboles, arbustos, especies herbáceas, y helechos, desde áreas donde se prevé que el hábitat será destruido o significativamente alterado, a lugares donde puedan continuar desarrollándose y contribuyendo a la biodiversidad. Esta medida es particularmente importante para conservar especies vegetales endémicas, raras o en alguna categoría de conservación como peligro de extinción.

Escala Espacial	Escala Temporal
La escala espacial varía según la distribución de la especie, la categoría de conservación y la extensión del proyecto. Puede ir desde el traslado de individuos dentro de la misma área de influencia del proyecto hasta la reubicación en reservas naturales o áreas protegidas más distantes.	La evaluación del desempeño de un trasplante o relocalización debe ser por lo menos de una temporada de crecimiento (12 meses), iniciando en invierno, es decir desde julio o agosto. Durante este periodo, es relevante asegurar algún grado de protección en contra herbívoros, como cierre perimetral del área de destino o la instalación de protecciones en contra del ramoneo, para evitar que el crecimiento y desarrollo de los individuos trasplantados merme por la depredación de herbívoros.

Ejemplos de Medidas	
Rescate y relocalización de flora silvestre (M 14.1.1) Caso 1: Rescate y relocalización de especies herbáceas Tahay (*Calydorea xiphioides*)	
   *Rescate y relocalización de especímenes de Tahay (Calydorea xiphioides) en el marco del Proyecto subestación eléctrica y línea de transmisión 1x110kV Cardenal-Quelentaro (izquierda y centro) y cartografía del lugar de relocalización (derecha). Fuente: Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental SNIFA.*	La metodología para el rescate consistió en la extracción de individuos con estructura vegetal visible manualmente y escarpe en aquellas zonas donde la maquinaria para la acción pueda acceder, para luego ser inmediatamente relocalizados y posteriormente monitoreados para determinar el éxito de la medida. • Más información en https://snifa.sma.gob.cl/SeguimientoAmbiental/Ficha/1052486

Rescate y relocalización de flora silvestre (M 14.1.1)
Caso 2: Transplante de bofedales altoandinos en faena minera, Perú



Extensión del área de bofedales identificado para su trasplante (izquierda), remoción en masa de champas de suelo y plantas del bofedal (centro) y 12 meses después de la reubicación de champas en sitio con condiciones similares (derecha). Fuente: Colegio De Ingenieros Del Perú, 2021.

Trasplante de bofedales en la quebrada Laguiña, para la construcción de la Presa de Relaves del Proyecto Mina Inmaculada (Perú). La metodología consistió en remover y reubicar el bofedal, que contiene las especies vegetales *Distichia muscoides* y *Ochloe andina*.

- Más información: https://dgroups.org/?0bgl8fsz

Lineamientos para el seguimiento de la medida y formulación de indicadores de cumplimiento

El seguimiento de esta medida debe considerar como mínimo una temporada de crecimiento completa, luego de la relocalización efectiva de los especímenes. Es recomendable considerar el monitoreo del desempeño fisiológico de plantas en grupos control, es decir, poblaciones cercanas que no fueron sometidas a la relocalización, para poder ponderar el efecto que pueda tener la relocalización en las plantas objetivo.

No existen lineamientos o criterios emitidos por el SEA para abordar esta medida asociada al OP flora, en contraste con la misma medida aplicada al OP fauna.

Al aplicar esta medida únicamente al OP Flora, se recomiendan los siguientes indicadores generales para todos los AEC para el seguimiento:

- Índice De Braun-Blanquet.
- Proporción o % de especies nativas/introducidas.
- Abundancia total y específica.
- Porcentaje de supervivencia por metro cuadrado u otra unidad de superficie.
- Desempeño fisiológico (crecimiento en altura/periodo de tiempo), fotosintético u otro indicador metabólico.

Categoría	Control de especies invasoras	15
Sub-Categoría	Extracción de especies invasoras	15.1

Tipologías de medidas	Mitigación	Reparación	Compensación	Objeto(s) de Protección
	●	◐	◐	• Flora y vegetación

Aspectos Ambientales a los que podría aplicar	Impactos Ambientales a los que podría aplicar
• Uso de material agregado.	• Introducción de flora exótica e invasora.

Descripción General

El control de especies invasoras de vegetación en humedales busca mitigar los impactos negativos de plantas exóticas que desplazan a la flora nativa y alteran la dinámica ecológica. Las estrategias incluyen la identificación, manejo y eliminación de especies invasoras, previniendo su expansión y restaurando la biodiversidad local. Estas acciones contribuyen a la recuperación del equilibrio ecológico y a la funcionalidad de los humedales, esenciales para mantener los servicios ecosistémicos, como la regulación hídrica y el soporte de fauna nativa. Esta medida podrá ser parte de una medida de restauración; aun así por si sola corresponde a mitigación.

Escala Espacial	Escala Temporal
El control de especies invasoras puede aplicarse a diferentes escalas espaciales, desde pequeños parches de humedal hasta áreas más extensas que incluyan toda la cuenca. La escala dependerá de la gravedad de la invasión y de las características específicas del ecosistema, ajustándose a las necesidades locales.	Las acciones de control deben llevarse a cabo de manera periódica, con intervenciones iniciales intensivas seguidas de monitoreo y mantenimiento continuo. Dependiendo de la especie invasora, los ciclos de control pueden ser anuales o estacionales, prolongándose por varios años para garantizar la erradicación y evitar rebrotes.

Ejemplos de Medidas

Flameo para eliminar semillas en agregados (M 15.1.1)





El flameo es una técnica mecánica (no química) de controlar malezas. Se puede utilizar para chamuscar la vegetación y controlar las semillas sin germinar. Fuente: https://weedcut.ipm.ucanr.edu/management-practices/flaming/#gsc.tab=0

El flameo de agregados busca eliminar las semillas de especies invasoras que podrían estar presente en el material granular. Para esto se aplica calor por medio de una llama producida con gas metano (quemador de antorcha) lo que causa daño térmico y deshidratación en las células vegetales, reduciendo su capacidad de germinación. Esta técnica se aplica después de la remoción de la vegetación visible y debe realizarse con precaución para evitar daños a especies nativas o el riesgo de incendios.

Manejo y remoción especies invasoras en el área de influencia (M 15.1.2)	
  *Uso de embarcaciones de carga y simples de conducir para extraer vegetación del agua. Fuente: Baeza & Farias, 2024.*  *Capacitación de cuadrillas de personal especializado en buenas prácticas para el control de flora invasora en humedales. Fuente: Baeza & Farias, 2024.*	Esta medida implica la identificación de especies invasoras, su mapeo, y la remoción mecánica o manual de las plantas en áreas afectadas. Se deben seguir protocolos de manejo que eviten la dispersión accidental de fragmentos o semillas. La eliminación segura se realiza con técnicas de compostaje controlado o eliminación fuera del sitio. También se debe asegurar la adecuada seguridad del personal responsable de realizar las tareas de terreno (Baeza & Farias, 2024). Para identificar las especies introducidas se recomienda utilizar las siguientes guías: • Urrutia et al. 2017. Flora Acuática y Palustre Introducida En Chile. Laboratorio de Invasiones Biológicas, Universidad de Concepción. • Quiroz, et al. 2009. Manual de Plantas Invasoras Del Centro-Sur de Chile. Laboratorio de Invasiones Biológica. • PNUD. 2017. “Experiencias de Control de Especies Exóticas Invasoras En Áreas Silvestres Protegidas Del Estado 11 Casos Emblemáticos.” • Baeza & Farias. 2024. Manual de Buenas Prácticas En La Mantención de Humedales. Departamento de Aseo y Ornato. Ilustre Municipalidad de Valdivia.

Buenas Prácticas vinculadas
• Flameo para eliminar semillas en agregados (BBPP - 68)
Lineamientos para el seguimiento de la medida y formulación de indicadores de cumplimiento
El seguimiento del control de especies invasoras en humedales debe incluir un monitoreo periódico de áreas intervenidas, evaluando la eficacia de las acciones mediante muestreos sistemáticos de la vegetación. Indicadores clave incluyen la reducción de cobertura de especies invasoras (porcentaje de área libre de invasores), incremento de flora nativa y ausencia de rebrotes o germinación de semillas. Además, se deben documentar las técnicas aplicadas y la frecuencia de las intervenciones. La creación de mapas georreferenciados, junto con evaluaciones cuantitativas y cualitativas, permite medir el éxito a largo plazo y ajustar los métodos de manejo cuando sea necesario.

Indicadores recomendados para el monitoreo de la efectividad de la medida	
Para **flora hidrófila** se recomienda: • Abundancia total y específica de la especie de interés en la zona de control de especies invasoras. • Frecuencia de aplicación de medidas de control de especies invasoras.	Para **estructura de la vegetación**: • Extensión lineal de la vegetación que fue controlada. • Considerar la presencia de especies de formaciones vegetacionales escasa. • Considerar la diversidad de formas de vida: arbórea, arbustiva y herbácea. La composición debe representar el ecosistema que se busca restaurar.

Categoría	Control de especies invasoras	15
Sub-Categoría	Diseño de plantación en base a flora nativa	15.2

Tipologías de medidas	Mitigación	Reparación	Compensación	Objeto(s) de Protección
				• Flora y vegetación

Aspectos Ambientales a los que podría aplicar	Impactos Ambientales a los que podría aplicar
• Uso de flora exótica e invasora.	• Introducción de flora exótica e invasora. • Cambio en la composición comunitaria de la flora hidrófila. • Cambio en la estructura de las formaciones de vegetación presentes.

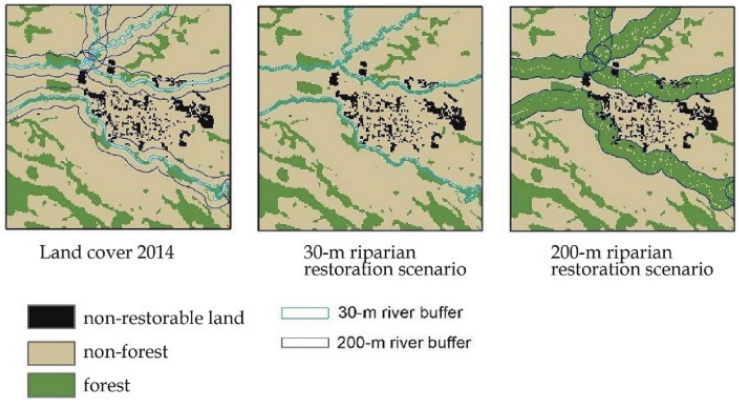
Descripción General

Busca restaurar y mantener la biodiversidad mediante la introducción de especies autóctonas adaptadas al ecosistema. Estas medidas mejoran la resiliencia ecológica, contribuyen a la estabilidad del suelo, favorecen la fauna local y restauran los servicios ecosistémicos, como la regulación del agua y la captura de carbono. El diseño de la plantación se basa en principios ecológicos, considerando las características del hábitat, la disponibilidad de especies nativas y la sucesión ecológica natural, garantizando una integración armónica con el entorno.

Escala Espacial	Escala Temporal
Las intervenciones varían desde proyectos pequeños en sectores específicos del humedal hasta programas a nivel de cuenca que aborden la totalidad del ecosistema. La escala depende del área disponible, la extensión del impacto ambiental, y los objetivos de restauración, abarcando tanto zonas ribereñas como áreas más profundas de los humedales.	La implementación de plantaciones con especies nativas se lleva a cabo a lo largo de varios años, dependiendo del ciclo de vida de las especies seleccionadas y las etapas de sucesión ecológica. Las intervenciones deben seguir un calendario que permita ajustes según el desarrollo de las plantas y las condiciones del ecosistema. El seguimiento posterior es clave para asegurar la sostenibilidad.

Ejemplos de Medidas	
Uso de especies nativas en el paisajismo (M 15.2.1)	
 *Diseño de áreas públicas con uso exclusivo de* especies nativa ocupa 70% menos de agua. Fuente: https://www.latercera.com/que-pasa/noticia/parque-quilapilun-*menos-de-agua/987994/#*	El diseño de áreas verdes y paisajismo no debe en ningún caso utilizar flora invasora. Se deberá priorizar el uso de flora nativa y propia de la zona climática del sitio. La selección de especies nativas se realiza en función de su adaptación al humedal y su capacidad de integrarse ecológicamente al paisaje. Se sigue un protocolo que incluye la identificación de especies locales, la planificación de la disposición espacial de las plantas, y su manejo. Este enfoque promueve la restauración estética y funcional del ecosistema

Planificación de plantación en base a sucesión ecológica natural (M 15.2.2)



Escenarios de restauración de bosques ribereños a escala de paisaje considerando una zona de amortiguación de 30m y 200m. Fuente: Rojas, et al. 2020. "Restoring Riparian Forests According to Existing Regulations Could Greatly Improve Connectivity for Forest Fauna in Chile." Landscape and Urban Planning.

Esta medida se basa en la imitación de procesos naturales de sucesión ecológica para reintroducir especies nativas en el humedal. Se prioriza la plantación de especies pioneras seguidas por especies de sucesiones más avanzadas. Las intervenciones deben ajustarse a la capacidad de regeneración natural del área.

Lineamientos para el seguimiento de la medida y formulación de indicadores de cumplimiento

El seguimiento incluye monitorear el crecimiento y supervivencia de las plantas nativas, midiendo la cobertura vegetal, diversidad de especies, y restauración de servicios ecosistémicos. Indicadores clave incluyen el porcentaje de cobertura de flora nativa, la estabilización del suelo y la presencia de fauna asociada. Se recomienda la evaluación anual y ajustes en las técnicas de plantación en función del éxito observado, apoyado por registros fotográficos y mapas georreferenciados para evaluar la evolución del proyecto.

Indicadores recomendados para el monitoreo de la efectividad de la medida

Para **flora hidrófila** se recomienda:

- Riqueza específica: número de especies nativas utilizadas.
- Abundancia total y específica de la especie de interés en la zona de restauración de interés.

Para **estructura de la vegetación**:

- Vegetación funcional en la franja ribereña.
- Extensión lineal de la vegetación.
- Superficie restaurada con especies nativas.
- Considerar la presencia de especies de formaciones vegetacionales escasa.
- Considerar la diversidad de formas de vida: arbórea, arbustiva y herbácea. La composición debe representar el ecosistema que se busca restaurar.

Categoría	Minimizar volumen o área vinculada a los aspectos ambientales	16
Sub-Categoría	Minimizar volumen o área vinculada a los aspectos ambientales	16.1

Tipologías de medidas	Mitigación	Reparación	Compensación	Objeto(s) de Protección
	●	○	○	• Agua • Suelo • Flora y vegetación • Fauna • Ecosistema

Aspectos Ambientales a los que podría aplicar	Impactos Ambientales a los que podría aplicar
• Extracción de suelo. • Disposición permanente de material en el humedal o relleno. • Movimiento de tierra en el humedal. • Extracción de vegetación aledaña al humedal. • Extracción de vegetación en el humedal. • Impermeabilización del suelo aledaño.	• Cambio en la superficie del humedal. • Deterioro de las propiedades físicas del suelo. • Deterioro de las propiedades físicas del agua. • Pérdida de cobertura vegetal e individuos de flora hidrófila. • Transformación de las condiciones de hábitat acuático y/o terrestre. • Alteración de procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimentos. • Modificación de la morfología del humedal, riberas o zonas riparianas. • Cambio en la estructura de las formaciones de vegetación. • Deterioro de hábitat acuático y terrestre. • Fragmentación de ecosistema acuático y terrestre. • Alteración del régimen de escurrimiento superficial (aumento de caudales máximos, disminución del tiempo de respuesta y aumento del volumen escurrido). • Cambio en el patrón de infiltración o recarga.

Descripción General
Minimizar el volumen o el área vinculada a los aspectos ambientales es una medida de mitigación para reducir el área de impacto de un proyecto u obra. El primer pase es conocer y delimitar zonas sensibles, como áreas de alto valor ecológico, ecosistemas frágiles, áreas de biodiversidad importante, cuerpos de agua, corredores biológicos o terrenos con alto valor cultural o paisajístico. La idea es identificar estas áreas antes de comenzar la etapa de construcción del proyecto, para evitar o minimizar la intervención humana en ellas, y disminuyendo el daño potencial. El orden lógico de realización de actividades relacionadas a esta medida es: • Identificar áreas críticas como humedales, bosques nativos, hábitats de especies vulnerables. • Delimitación, uso de herramientas SIG, visualizando distribución, tamaño, y relación con el área del proyecto. • Clasificación según criterios ecológicos, socioeconómicos y/o funcionales. • Definición de medidas de protección, como prohibir la construcción, implementar zonas de amortiguamiento, restringir el acceso, o regular actividades que puedan causar alteraciones, como el movimiento de suelo.

Escala Espacial	Escala Temporal
La escala espacial de este tipo de medidas es variable. Para proyectos de infraestructura en zonas urbanas, donde parte de las obras proyectadas deben considerar espacios naturales fragmentados y pequeños, cubriendo por lo general una escala espacial pequeña a mediana. Es decir, áreas pequeñas dentro del sitio del proyecto, como la exclusión de obras en zonas que debieran ser para la protección de un manantial o un grupo de árboles nativos; o territorios más amplios, como un corredor biológico o una franja de amortiguamiento alrededor de un humedal.	La escala temporal de este tipo de medidas también es variable. Es recomendable que las acciones a realizar en torno a esta medida, sean de corto y mediano plazo, a ejecutar durante el periodo de construcción y operación del proyecto. De igual manera, se recomienda monitorear tanto los cambios inmediatos como los impactos a largo plazo para ajustar las estrategias según sea necesario. Es recomendable considerar una coherencia ente escalas espaciales y temporales. Por ejemplo, un área pequeña puede requerir medidas de corto plazo, pero un ecosistema de mayor tamaño probablemente necesitará medidas que abarquen una mayor escala espacial y se mantengan en el tiempo.

Ejemplos de Medidas		
Exclusión de obras en las zonas del humedal, zona de amortiguación, hábitats sensibles y red de drenaje (M 16.1.1)		
 *Proceso de delimitación de un humedal en zona de proyecto. Fuente: Segundo Tribunal Ambiental.*	 *Exclusión de obras y acceso a la zona de humedal urbano y protección de franja ribereña en la ciudad de Valdivia. Fuente: Google Street View*	Se recomienda un diseño de forma temprana evitando zonas críticas o bien, priorizando un uso de bajo impacto. Se deben considerar la zona de amortiguación, la zona humedal, hábitats sensibles y la red de drenaje. Para la correcta identificación y delimitación de estas zonas revisar las fichas de la categoría de medidas 7.1 “Delimitación y zonificación estratégica para la protección de hábitats de relevancia”: • Delimitar un área de amortiguación en torno al humedal (M 7.1.1) • Delimitación física del humedal y hábitats de relevancia y/o sensibles (M 7.1.3) • Identificación y protección de la red de drenaje (M 7.1.4)

Controlar que la remoción de suelo o vegetación se realice en el área estrictamente necesaria (M 16.1.2)



Ejecución obra defensa fluvial región del Maule con intervención restringida en suelo hídrico. Fuente: DiarioelHeraldo

Medida enfocada en la reducción de la pérdida de la estructura del suelo hídrico. Dado que muchas de las obras de fluviales requieren del uso de maquinaria pesada y movimientos de tierra, es que se recomienda reducir el área a intervenir solo a lo estrictamente necesario, evitando la intervención de suelo aledaño a la obra y con ello cambios en la estructura del suelo. De la misma manera, las obras comúnmente requieren de material adicional para diversos fines, lo cual al ser adicionado en suelo hídrico cambia inmediatamente sus propiedades. De ser necesaria la adición de materiales externos, se debe recurrir a restringir el área afectada.

Lineamientos para el seguimiento de la medida y formulación de indicadores de cumplimiento

Se puede seguir la efectividad de las medidas de minimización del área vinculada a los aspectos ambientales a través de cartografía y mapas de intervención del área debido a la ejecución de las obras. La comparación de las características del área en cuanto a vegetación debe ser generada con imágenes cartográficas antes, durante y una vez finalizados los trabajos. Por otro lado, se debe asegurar que las características tanto del suelo hídrico como del agua no sean alteradas en cuanto a sus características previas a la ejecución de los trabajos.

Indicadores recomendados para el monitoreo de la efectividad de la medida

Calidad del agua:	**Calidad del suelo:**	**Flora hidrófila:**	**Flora y vegetación ribereña:**
• Transparencia. • Sólidos Suspendidos Totales. • Temperatura. • Concentración de Oxígeno Disuelto.	• Horizontes del perfil del suelo.	• Riqueza específica. • Abundancia total y específica. • Presencia de especies en categoría de conservación.	• Vegetación funcional en la franja ribereña. • Extensión lineal de la vegetación.

• Saturación de Oxígeno. • Demanda Bioquímica de Oxígeno. • Macroinvertebrados bentónicos.		• Presencia de formaciones vegetales frágiles o escasas. • Índice de Braun-Blanquet.	

Categoría	Viverización de flora nativa	17
Sub-Categoría	Viverización de flora nativa	17.1

Tipologías de medidas	Mitigación	Reparación	Compensación	Objeto(s) de Protección
				• Flora y vegetación

Aspectos Ambientales a los que podría aplicar	Impactos Ambientales a los que podría aplicar
• Extracción de la vegetación aledaña al humedal. • Extracción de vegetación en el humedal.	• Pérdida de cobertura vegetal e individuos de flora hidrófila. • Deterioro de hábitat acuático y terrestre. • Cambio en la estructura de las formaciones de vegetación. • Fragmentación de ecosistema acuático y terrestre.

Descripción General

La viverización consiste en recolectar, propagar y cultivar especies nativas adaptadas a los ecosistemas de humedales y riberas, garantizando su disponibilidad para proyectos de restauración. La producción de plantas en viveros permite estandarizar el cuidado, optimizar crecimiento y aumentar probabilidad de supervivencia luego del trasplante en su lugar definitivo. Considerar la diversidad del pool genético es clave para fortalecer la resiliencia y funcionalidad del humedal en el largo plazo, especialmente para especies protegidas o endémicas y de poblaciones con distribución restringida. Esto implica un esfuerzo más selectivo para obtener material genético de lugares o temporadas específicas.

Escala Espacial	Escala Temporal
Aplicable a áreas de restauración de humedales y zonas ribereñas, tanto a nivel de pequeños parches como en grandes extensiones dentro de la cuenca afectada. La recolección de material para propagación (semillas y plántulas) debe considerar como prioridad aquellos sitios y especies con distribución restringida o problemas de conservación.	Implementación anual continua, adaptada a los ciclos de crecimiento de las especies nativas, épocas de fructificación y recolección. Conservación a largo plazo y actualización de bancos de semillas.

Ejemplos de Medidas

Conservación de muestras que representen el pool genético de especies protegidas o de especies de interés del humedal (M 17.1.1)



Semillas de canelo, presente en humedales palustres y ribereños. Fuente: CONAF, 2014. Manual de Protocolos de Producción de Especies Utilizadas Por El Programa de Arborización.



Colecta de semillas, construcción y mantención de viveros, producción de plantas. Fuente: https://laserenaonline.cl/2022/11/21/potenciaran-viveros-para-producir-plantas-nativas/



Hábitat local para recolección de material genético en la precordillera altiplano, Socoroma, Región de Arica. Fuente: https://mapcarta.com/es/W625765551



Propagación vegetativa o micro propagación, vivero de CONAF en Putre, Región de Arica. Fuente: https://g5noticias.cl/2023/03/06/conaf-abre-entrega-de-arboles-para-la-comunidad-en-las-provincias-de-arica-y-parinacota/

El material genético de especies importantes se recolecta directamente de su entorno natural. Este proceso garantiza la conservación de la diversidad genética, necesaria para la adaptación y recuperación de las especies en proyectos de conservación o restauración de hábitats críticos.

Se emplean técnicas de clonación o micropropagación para reproducir plantas de manera controlada. Este método garantiza la producción de individuos genéticamente idénticos, útiles para la restauración de poblaciones de especies en peligro de extinción o en declive. No obstante, siempre será mejor conseguir material que asegure variabilidad genérica, es decir, semillas.

Para más información:

- Vander et al. 2010. “A Question of Origin: Where and How to Collect Seed for Ecological Restoration.” Basic and Applied Ecology.

Viverización de flora nativa (M 17.1.2)



Vivero en biorregión desértica con material recolectado de cerros y vegas locales: Putre, Región de Arica. Fuente: https://www.arica365.cl/blog/2022/09/08/conaf-abrio-proceso-de-postulacion-para-trabajar-en-vivero-putre



Especies que se desarrollan sobre cojines de plantas en humedales altoandinos. Fuente: Meneses, et al. 2015. "Bofedales Altoandinos." In Historia Natural de Un Valle En Los Andes"





Cámara de germinación (container adaptado) con ventilación, temperatura y ciclos de luz controlada. Fuente: https://nuovocultivo.cl/camara-germinacion/

Se recolectan semillas y material para reproducción vegetativa (i.e. esquejes o tubérculos) de acuerdo a los ciclos reproductivos de la especie. Las semillas se germinan en viveros bajo condiciones controladas de luz, temperatura y humedad. En el caso de esquejes, éstos se establecen en sustrato y condiciones ambientales controladas. Esto permite optimizar el crecimiento de plántulas, garantizando su robustez antes de ser reintroducidas en el medio natural para asegurar un mayor éxito en proyectos de restauración ambiental.

Esta medida se beneficia de la colaboración con instituciones científicas y bancos de semillas, para garantizar el acceso a los mejores métodos de conservación y propagación.

Para más información:

- CONAF, 2014. Manual de Protocolos de Producción de Especies Utilizadas Por El Programa de Arborización.
- Vidal & Rojas. Propagación de Flora Nativa. Experiencias y Relatos Desde El Sur de Chile. Corporación Instituto de Ecología y Biodiversidad.

Lineamientos para el seguimiento de la medida y formulación de indicadores de cumplimiento	
El seguimiento de la viverización de flora silvestre debe centrarse en el monitoreo de las distintas fases del proceso, desde la recolección de semillas hasta la reintroducción de plántulas en el terreno. Es necesario establecer un sistema de control que permita evaluar la eficiencia de cada etapa, registrando la cantidad de semillas recolectadas, el porcentaje de germinación en vivero y la supervivencia de las plántulas en el ecosistema restaurado. Los indicadores deben reflejar tanto el éxito en la propagación de las especies como el progreso en la restauración de la biodiversidad en las áreas de intervención, asegurando un enfoque adaptativo que ajuste las técnicas empleadas según los resultados obtenidos. Con respecto al seguimiento de la conservación del pool genético, éste debe enfocarse en garantizar la adecuada recolección, almacenamiento y viabilidad del material genético de las especies objetivo. La efectividad de estas medidas depende de que las colecciones genéticas se mantengan actualizadas, mediante nuevas recolecciones que reflejen la diversidad genética del ecosistema. Los indicadores deben permitir medir la efectividad del almacenamiento a largo plazo y la adecuación de las técnicas de conservación utilizadas, promoviendo una gestión sostenible del material genético.	
Indicadores recomendados para el monitoreo de la efectividad de la medida	
Para **flora hidrófila** se recomienda: • Riqueza específica: número de especies conservadas en bancos de semillas o viveros especializados. • Abundancia total y específica de la especie de interés en la zona de restauración de interés. • Viabilidad genética: evaluación de la tasa de germinación y salud genética del material almacenado. Evaluación de la tasa de germinación y supervivencia de plántulas (% de semillas germinadas y % de plántulas sobrevivientes a los 6 y 12 meses. • Frecuencia de actualización de las colecciones genéticas (número de veces que se actualiza el pool genético en función de nuevas recolecciones o estudios).	Para **estructura de la vegetación**: • Vegetación funcional en la franja ribereña. • Extensión lineal de la vegetación. • Superficie restaurada con especies nativas (hectáreas restauradas con especies nativas viverizadas). • Considerar la presencia de especies de formaciones vegetacionales escasas. • Considerar la diversidad de formas de vida: arbórea, arbustiva y herbácea. La composición debe representar el ecosistema que se busca restaurar.

Categoría	Iluminación amigable	18
Sub-Categoría	Iluminación amigable	18.1

Tipologías de medidas	Mitigación	Reparación	Compensación	Objeto(s) de Protección
	●	○	○	• Fauna

Aspectos Ambientales a los que podría aplicar	Impactos Ambientales a los que podría aplicar
• Instalación de luminarias cercanas al humedal.	• Perturbación de patrones de comportamiento de fauna • Pérdida de individuos de fauna nativa por atropellos y heridas.

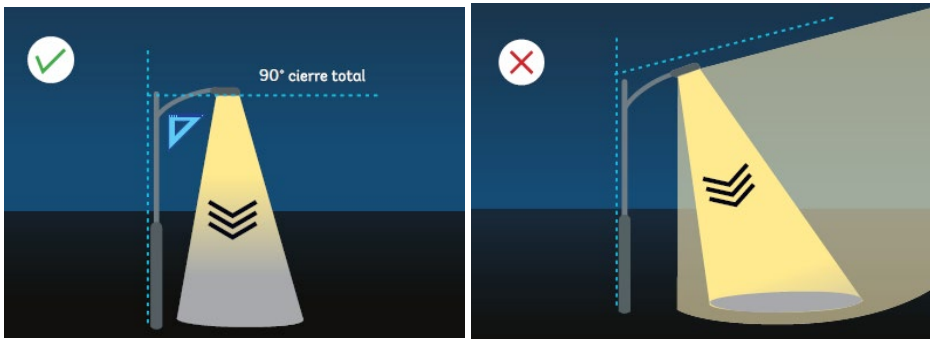
Descripción General

Un correcto diseño de iluminación responsable debe considerar al menos cinco principios: esta debe ser útil, dirigida, de bajo nivel, controlada y con colores cálidos.

Escala Espacial	Escala Temporal
Medidas aplicables en todo el proyecto de iluminación.	Medidas aplicables en toda la vida útil del proyecto de iluminación.

Ejemplos de Medidas

Dirigir emisiones de luz hacia ángulos bajos (M 18.1.1)



Fuente: Guía para una iluminación amigable con aves marinas en Chile (Oikonos-ROC-OPCC, 2022)

Evitar la emisión de luz hacia el cielo nocturno y en ángulos cercanos al horizonte. Se recomienda el uso de luminarias con deflectores y cierres transparentes, así como también el uso de proyectores emplazados en 90°. Más información en: Guía para una iluminación amigable con aves marinas en Chile (Oikonos-ROC-OPCC, 2022)

Diseñar las instalaciones con el máximo factor de utilancia (18.1.2)



Fuente: Guía para una iluminación amigable con aves marinas en Chile (Oikonos-ROC-OPCC, 2022)

La uttilancia indica cuánta luz es proyectada dónde es útil. El resto de la luz no útil es innecesaria e incide en incrementar la contaminación lumínica. Se recomienda diseñar las instalaciones de tal forma que la luz se concentre únicamente en los espacios que se busca iluminar, para esto se recomiendan valores de utilancia mayores a 75%.

Se entiende por utilancia la relación entre el flujo luminoso recibido por una superficie de referencia y la suma de los flujos de salida del total de luminarias de una instalación. Más información en: Guía para una iluminación amigable con aves marinas en Chile (Oikonos-ROC-OPCC, 2022)

Otras medidas (Revisar Anexo Digital 6 - Matriz de Medidas)

- 18.1.3 Evitar excesos en los niveles de iluminación.
- 18.1.4 Usar iluminación adaptativa.
- 18.1.5 Minimizar el uso de luces frías.

Lineamientos para el seguimiento de la medida y formulación de indicadores de cumplimiento
El seguimiento debe estar enfocado en el análisis de las interacciones entre fauna y las luminarias, especialmente en aves. Se recomienda al menos cuantificar las aves caídas definiendo una periodicidad, áreas y horarios. Previamente se deben definir umbrales aceptables.