



“ESTUDIO ANÁLISIS Y PROPOSICIÓN DE FIJACIÓN DE DESLINDES RÍOS ACONCAGUA, LIGUA, PETORCA Y PUTAENDO”

REGION DE VALPARAÍSO

**ETAPA 5
INFORME FINAL**

RESUMEN EJECUTIVO

DICIEMBRE 2024



Proyecto GSI HI202101
GSI Ingenieria
Av. Los Castaños N° 199 – Viña del Mar
web: www.gsi.cl





ESTUDIO DE ANÁLISIS Y PROPOSICIÓN DE FIJACIÓN DE DESLINDES RÍOS ACONCAGUA, LA LIGUA, PETORCA Y PUTAENDO, REGIÓN DE VALPARAÍSO

ETAPA 5 INFORME FINAL

RESUMEN EJECUTIVO

Rev. C

OCTUBRE 2024

CONTROL INTERNO

Revisión	Elaboró			Revisó			Aprobó			Observaciones
	Nombre	Fecha	Firma	Nombre	Fecha	Firma	Nombre	Fecha	Firma	
A	JGT/FLP	22.07.24								Revisión Interna
B	JGT	29.07.24		HVB	29.07.24		HVB	29.07.24		Entrega Cliente
C	HVB	02.10.24		GRTL	02.10.24		HVB	02.10.24		Atiende Observaciones
CLIENTE: MOP UNIDAD: DOH							CÓDIGO PROYECTO: HI202201			

**ESTUDIO ANÁLISIS Y PROPOSICIÓN DE FIJACIÓN DE DESLINDES RÍOS
ACONCAGUA, LIGUA, PETORCA Y PUTAENDO”
REGIÓN DE VALPARAÍSO**

ÍNDICE

CONTENIDO	PÁG.
1 INTRODUCCIÓN	1
2 OBJETIVOS	1
3 ETAPAS DESARROLLADAS EN LA CONSULTORÍA	1
4 ÁREAS DE ESTUDIO.....	3
5 ESTUDIOS EN TERRENO.....	5
5.1 Recopilación de Antecedentes	5
5.2 Trabajos de Topografía y Levantamiento Lidar	5
5.3 Trabajos de Catastro.....	12
5.4 Calicatas	14
6 ESTUDIOS BÁSICOS.....	16
6.1 Estudio Geomorfológico.....	16
6.2 Estudio Hidrológico	21
6.2.1 Estudio de precipitaciones	21
6.2.2 Estudio de crecidas	23
6.3 Estudio Hidráulico.....	24
6.3.1 Modelación con HEC-RAS	24
6.3.2 Capacidad Hidráulica	26
6.3.3 Análisis Puntos Críticos.....	26
6.4 Estudio Mecánico Fluvial.....	30
7 ÁNÁLISIS JURÍDICO Y PROPUESTA DE DESLINDES	32
7.1 Análisis jurídico de propiedades ribereñas	32
7.2 Proposición de Deslindes.....	35
8 PROCESO DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA	42

FIGURAS

Figura N° 4.1:	Ubicación específica del área de estudio en ríos Aconcagua, Ligua, Petorca y Putaendo.....	4
Figura N° 5.1:	Ubicación Sector Levantamiento en río Aconcagua	8
Figura N° 5.2:	Ubicación Sector Levantamiento en río La Ligua	9
Figura N° 5.3:	Ubicación Sector Levantamiento en río Petorca.....	10
Figura N° 5.4:	Ubicación Sector Levantamiento en río Putaendo.....	11
Figura N° 6.1:	Corredores geomorfológicos fluviales del río Aconcagua	19
Figura N° 6.2:	Evolución de las unidades geomorfológicas y estructuras fluviales del río Aconcagua, sector A	20
Figura N° 6.3:	Puntos de control estudio hidrológico.....	22
Figura N° 6.4:	Ejemplo definición geométrica de perfiles transversales modelación hidráulica río Aconcagua	24
Figura N° 6.5:	Ejemplo de asignación georeferenciada de superficies rugosas.....	25
Figura N° 7.1:	Ejemplo de lámina proposición de Deslinde. Formato MBN.	36
Figura N° 7.2:	Ejemplo Informe Jurídico propiedad colindante afecta	37
Figura N° 7.3:	Definición de Deslinde río Aconcagua.....	38
Figura N° 7.4:	Definición de Deslinde río La Ligua.....	39
Figura N° 7.5:	Definición de Deslinde río Putaendo	40
Figura N° 7.6:	Definición del Deslinde río Petorca	41

CUADROS

Cuadro N° 4.1:	Coordenadas UTM de inicio y término de cada tramo de cauce estudiados	3
Cuadro N° 5.1:	Resumen Instalaciones Catastradas río Aconcagua	12
Cuadro N° 5.2:	Resumen inicial catastro propiedades.....	13
Cuadro N° 5.3:	Resumen Zonas de Riesgo Ríos Aconcagua, La Ligua, Petorca y Putaendo	13
Cuadro N° 5.4:	Coordenadas de Calicatas.....	14
Cuadro N° 5.5:	Resultados curvas ensayos granulométricos	15
Cuadro N° 6.1:	Resumen de escenas utilizadas para estudio geomorfológico.....	17
Cuadro N° 6.2:	Precipitación de diseño en 24 hr [mm] para T = 10 años.....	23
Cuadro N° 6.3:	Caudales adoptados en período pluvial y deshielo [m³/s].....	23
Cuadro N° 6.4:	Resumen evaluación capacidad hidráulica puentes, pasarelas y defensas fluviales	26
Cuadro N° 6.5:	Puntos Críticos Río Aconcagua	27
Cuadro N° 6.6:	Puntos Críticos Río Petorca.....	28
Cuadro N° 6.7:	Puntos Críticos Río Putaendo.....	28
Cuadro N° 6.8:	Puntos Críticos Río La Ligua	29
Cuadro N° 6.9:	Identificación de tendencias procesos físicos transporte de sedimentos por sectores, considerando diferencia en tasas de arrastre de fondo.	31
Cuadro N° 7.10:	Resumen cantidad de informes situación legal propiedades, de acuerdo al grado de información disponible	34
Cuadro N° 7.11:	Resumen cantidad de láminas e informes para entrega a Seremi MBN	36

1 INTRODUCCIÓN

La Dirección de Obras Hidráulicas (D.O.H) del Ministerio de Obras Públicas encomendó a GSI Ingenieros Consultores Ltda.; mediante adjudicación de licitación pública ID 1504-17-O122, la Consultoría ***“Estudio Análisis y Proposición de Fijación de Deslindes Río Aconcagua, Ligua, Petorca y Putaendo, Región de Valparaíso”***, que abarca tramos parciales de los cauces naturales señalados en las comunas de Putaendo, San Felipe, Hijuelas, La Calera, Nogales, La Cruz, Quillota, Ligua, Cabildo y Petorca.

La realización de la presente Consultoría se enmarca en el procedimiento del D.S.609/1978, del Ex Ministerio de Tierras y Colonización, actual Ministerio de Bienes Nacionales, que fija las “normas para la fijación de deslindes de cauces naturales correspondientes a ríos, esteros y lagos”, como también, las atribuciones de nuestro Servicio definidas en inciso 8º art. 17º del D.F.L.850/97, Ley Orgánica del Ministerio de Obras Públicas, que nos entregan la competencia técnica para informar dichos deslindes en el mismo contexto.

La ejecución de este trabajo permitirá al FISCO la generación del ordenamiento territorial de dichas zonas, en las que se han identificado diversos problemas asociados a la falta de perfeccionamiento legal del deslinde de los BNUP de cauces naturales, en lo que se refiere al uso y dominio de dichos terrenos.

El presente documento corresponde entonces al resumen ejecutivo, donde se presentan los objetivos del mismo, etapas desarrolladas, áreas de estudio analizadas, como también los estudios de terreno y básico, presentando finalmente la propuesta de fijación y el proceso de participación ciudadana llevado a cabo.

2 OBJETIVOS

El objetivo de este Estudio es poner a disposición de la Dirección de Obras Hidráulicas, los antecedentes técnicos y legales necesarios a ser presentados al Ministerio de Bienes Nacionales para solicitar la fijación de los deslindes de algunos tramos específicos de los ríos Aconcagua, Ligua, Petorca y Putaendo, de la Región de Valparaíso, de acuerdo a lo indicado en el Decreto Nº 609/1978 del Ministerio de Bienes Nacionales.

3 ETAPAS DESARROLLADAS EN LA CONSULTORÍA

La consultoría se realizó en cinco etapas secuenciales, las cuales se describen a continuación:

- **Etapas I – Recopilación de Antecedentes:** Se recopilaron los antecedentes existentes necesarios para la preparación de la Consultoría en el área de estudio. Efectuando un análisis y sistematización de toda la información recolectada de manera que prestase la máxima utilidad posible en la preparación del estudio. Se construyó la red del Sistema de Transporte de Coordenadas (STC) para los levantamientos topográficos posteriores. Se realizó reconocimiento de terreno con especialistas para la detección precoz de puntos críticos. Se inició proceso de participación ciudadana, difundiendo a autoridades locales y servicios públicos, además de la coordinación con Seremi de Bienes Nacionales de Valparaíso.

- **Etapla II – Estudios en Terreno:** Se aplicaron las Especificaciones Técnicas Topográficas (ETT) DOH, y las Normas de Mensura de MBN, para realizar levantamiento topográfico de aproximadamente 109 kilómetros de los tramos de cauce analizados, vinculado geodésicamente en coordenadas y cotas a sistema oficial de referencia del Instituto Geográfico Militar (IGM). Se realizó catastro detallado de elementos de interés: obras existentes, propiedades ribereñas, zonas de riesgo, zonas de potencial conflicto por deslindes, además de organizaciones y/o comunidades. Se obtuvo y procesó información granulométrica, para su uso en modelos hidráulicos. Se realizó difusión inicial del estudio a los actores relevantes de la comunidad identificados.
- **Etapla III – Estudios Básicos:** Con la información de las etapas anteriores sistematizada se realizaron los análisis técnicos y legales específicos para fundamentar la propuesta de deslinde. Se realizó estudio geomorfológico, para caracterizar el comportamiento del cauce y sus formas en un período de al menos 50 años. Se efectuó estudio hidrológico, con la finalidad de determinar los caudales de las cuencas aportantes para crecidas de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, y con ellos, realizar estudio hidráulico y mecánico fluvial, para determinar áreas de inundación y zonas de erosión/depositación.
- **Etapla IV – Diagnóstico, Análisis Jurídicos y Proposición de Deslindes:** En base a los antecedentes y a los estudios básicos se realizó un diagnóstico general del cauce, identificando problemas en torno al mismo. Junto con ello se propuso, en base al análisis hidráulico y geomorfológico, la posición geográfica de las líneas que corresponderán al deslinde riberano. Complementariamente se levantó información legal de las propiedades afectas al perfeccionamiento de las escrituras, para que sean informados los propietarios en la etapa siguiente del procedimiento, luego de recibidos los informes técnicos y planos por parte de la Seremi de Bienes Nacionales, para la publicación de los decretos supremos. En esta etapa se realizó difusión de las propuestas por cada uno de los cauces, invitando a la comunidad, actores relevantes y autoridades, informando lo que sigue a posteriori de la Consultoría.
- **Etapla V – Informe Final:** En esta etapa se elaboró el Informe Final de la Consultoría, que corresponde a la compilación y ordenamiento de los resultados parciales de las etapas anteriores, además de los Informes Técnicos de Proposición de Deslindes y Planos, para cada uno de los cauces, que se remitirán al Ministerio de Bienes Nacionales (MBN). Se agrega en esta etapa igualmente el informe final del proceso de participación ciudadana.

4 ÁREAS DE ESTUDIO

El área definitiva de estudio comprende los tramos de los cauces de los ríos Aconcagua, Ligua, Petorca y Putaendo, al interior de la Región de Valparaíso, según el siguiente detalle:

- **Río Aconcagua:** Desde la Puntilla de Torrejón (límite comunal entre Catemu e Hijuelas), hasta el Puente Ferroviario Lo Venecia, tramo que corresponde a las comunas de Hijuelas, La Calera, Nogales, La Cruz y Quillota, en la Provincia de Quillota. Su longitud es de 47,5 [km]. El tramo comprende el territorio tuición de la Junta de Vigilancia de Tercera Sección del Río Aconcagua, reconocido por D.S. MOP N°2501, del 04/12/1957.
- **Río Ligua:** Desde el límite comunal entre La Ligua y Cabildo (sector El Ingenio) hasta el Puente Illalolén, tramo completamente contenido en la comuna de La Ligua. Su longitud es de 12 [Km].
- **Río Petorca:** Desde su nacimiento, situado en la confluencia de los ríos Pedernal y Sobrante, hasta el Badén de Artificio, tramo que corresponde a las comunas de Petorca y Cabildo. Su longitud es de 37,5 [km].
- **Río Putaendo:** En la periferia de la ciudad de Putaendo, iniciando 1,9 [Km] aguas arriba del Puente Putaendo, comuna homónima, hasta el Puente 21 de Mayo, en los últimos 2 [km] el cauce es compartido entre las comunas de Putaendo y San Felipe. Su longitud es de 12 [Km].

Las coordenadas UTM (WGS-84), Huso 19 S con los puntos de inicio y término de cada tramo de río que forman parte del estudio, se presentan en el siguiente cuadro.

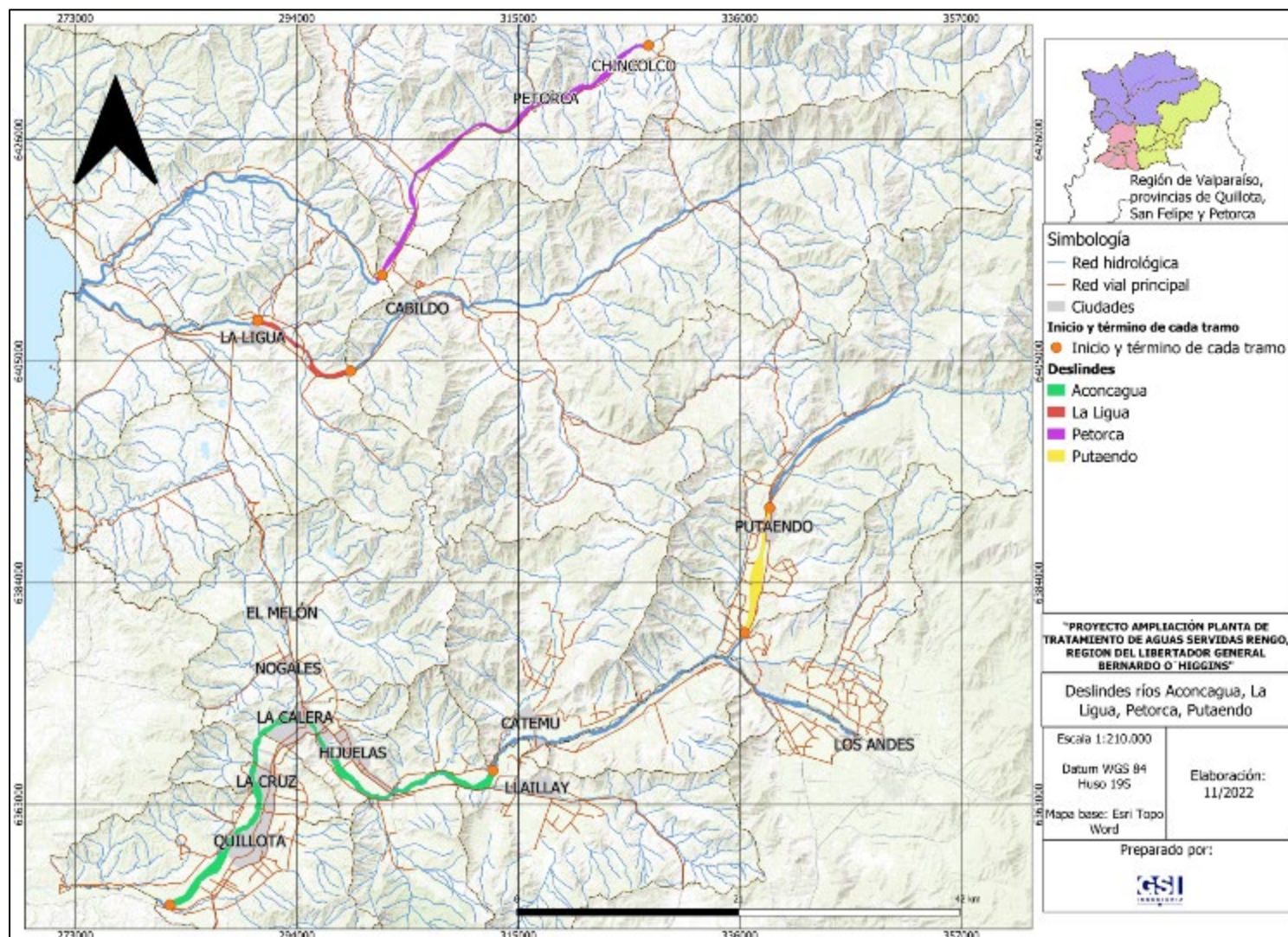
Cuadro N° 4.1: Coordenadas UTM de inicio y término de cada tramo de cauce estudiados

CAUCE	EXTREMO	NORTE (m)	ESTE (m)
Río Aconcagua en Puntilla de Torrejón	Inicio	6.366.221	312.597
Río Aconcagua en Puente FFCC Lo Venecia	Término	6.353.497	281.972
Río Ligua en Limite Comunal La Ligua - Cabildo	Inicio	6.404.079	299.123
Río Ligua en Puente Illalolén	Término	6.408.858	290.302
Río Petorca en Nacimiento	Inicio	6.434.921	327.346
Río Petorca en Badén Artificio	Término	6.413.155	302.104
Río Putaendo 1,9 [km] Aguas Arriba Puente Putaendo	Inicio	6.391.130	338.828
Río Putaendo en Puente 21 de Mayo	Término	6.379.287	336.469

Fuente: Elaboración propia a partir de los TDR.

En la siguiente figura se muestra cada tramo en estudio.

Figura N° 4.1: Ubicación específica del área de estudio en ríos Aconcagua, Ligua, Petorca y Putaendo



Fuente: Elaboración propia.

5 ESTUDIOS EN TERRENO

Las tareas específicas que se realizaron en la presente consultoría son las siguientes:

- Levantamiento topográfico del cauce y riberas, presentado planta, perfil longitudinal y perfiles transversales, vinculado a la Red Geodésica del Instituto Geográfico Militar (IGM).
- Catastro detallado de toda la infraestructura pública y privada, sea ésta regularizada o no, dentro de los cauces en estudio.

Adicionalmente, se consideraron otras actividades complementarias, las que se detallan brevemente a continuación.

5.1 Recopilación de Antecedentes

En la Etapa 1 del estudio se llevó a cabo la recopilación de diversos antecedentes relevantes, los cuales resultaron fundamentales para el desarrollo de las etapas subsecuentes. El objetivo principal fue sistematizar y organizar toda la información relacionada con el tema en estudio.

La información recopilada fue obtenida de los diversos Servicios Públicos relacionados con el tema, tales como:

- Ministerio de Obras Públicas a Nivel Central y Regional (Oficina de Prevención y Emergencias de la Subsecretaría)
- Dirección de Obras Hidráulicas
- Dirección General de Aguas
- Dirección de Vialidad
- Instituto Geográfico Militar
- Municipalidades de Hijuelas, La Calera, Nogales, La Cruz, Quillota, La Ligua, Petorca, Cabildo, Putaendo y San Felipe.

5.2 Trabajos de Topografía y Levantamiento Lidar

Durante la ejecución del estudio se llevaron a cabo diversas actividades de levantamiento y vinculación geodésica, destacando la instalación de un total de 170 puntos de referencia (PRs) en los sectores de interés. Estos PRs se realizaron conforme a las especificaciones de la ETT-DOH (2021), los cuales fueron aprobados por la Inspección Fiscal en conjunto con la Unidad de Geomensura de la DOH.

A continuación, se presenta la distribución de los PRs por sector:

- **Río Petorca (RPT-XX):** 71 PRs.
- **Río La Ligua (RL-XX):** 18 PRs.
- **Río Putaendo (RP-XXX):** 22 PRs.
- **Río Aconcagua (RA-XX):** 59 PRs.

Estos vértices se ubicaron estratégicamente en zonas libres de obstrucciones, garantizando la calidad de las mediciones y su permanencia a largo plazo.

Además, se estableció una poligonal de vinculación planimétrica a partir de la estación CORS CATAPILCO (CTPC) de la Red CSN, cumpliendo con las tolerancias especificadas en el ETT-DOH para la red GPS. La medición se realizó con equipos geodésicos de doble frecuencia y doble constelación (GPS + Glonass), manteniendo un intervalo de grabación de 1 segundo y una máscara de elevación de 10°.

En la etapa de medición de la Red Geodésica se utilizaron métodos de triangulación para todos los sectores del proyecto, logrando resultados dentro de las tolerancias establecidas, de 25 PPM para trabajos de poligonal corriente. Posteriormente, se midieron las poligonales topográficas, partiendo de los vértices de la poligonal principal, conforme a los requisitos del estudio.

Finalmente, se determinó el origen altimétrico específico para cada río estudiado, con los cuales se realizaron nivelaciones cerradas en los circuitos abarcados por la red de PRs del estudio, los cuales se detallan a continuación:

El origen altimétrico del estudio corresponde al:

- Río Aconcagua **PN 1 E 47** perteneciente al Instituto Geográfico Militar.
- Río Petorca Traslado **PN E 25** perteneciente al Instituto Geográfico Militar.
- Río Putaendo corresponde al **SF 30** correspondiente a placa del estudio Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de la Ciudad de San Felipe año 2021.
- Río La Ligua **PN 7 E 11** perteneciente al Instituto Geográfico Militar

La tolerancia de la nivelación está dada por:

$$e = \pm 0.010 * K^{1/2} \quad \text{donde:}$$

e: Error de cierre de nivelación

K: Distancia total del recorrido expresada en kilómetros

Luego, se llevó a cabo un levantamiento Lidar del área de estudio, cuyo resultado obtenido fue una nube de puntos coordinados, con elevación y modelo de terreno digital, además de ortofotos georreferenciadas, y una cartografía base dispuesta en una serie de planos. Lo anterior fue desarrollado en el marco de la Etapa 2, y para cada río en estudio.

Para apoyar estos levantamientos se desarrollaron una serie de trabajos topográficos en la Etapa 1, y que corresponden a la elaboración y medición de la red geodésica de apoyo al levantamiento LIDAR. En tal etapa se confeccionó la red geodésica, revisando los monolitos de referencia existentes, utilizando las monumentaciones que se pudieran rescatar y construyendo todos aquellos necesarios para cubrir el área de estudio en los ríos Aconcagua, Ligua, Petorca y Putaendo, conforme con la propuesta metodológica aprobada.

En concordancia con lo requerido, se utilizó como sistema de referencia planimétrica de todos los trabajos el Datum Geodésico SIRGAS (WGS84), enlazando a la Red Geodésica del Instituto Geográfico Militar, en tanto que en altimetría, como se señalaba previamente se usaron las líneas de nivelación del I.G.M.

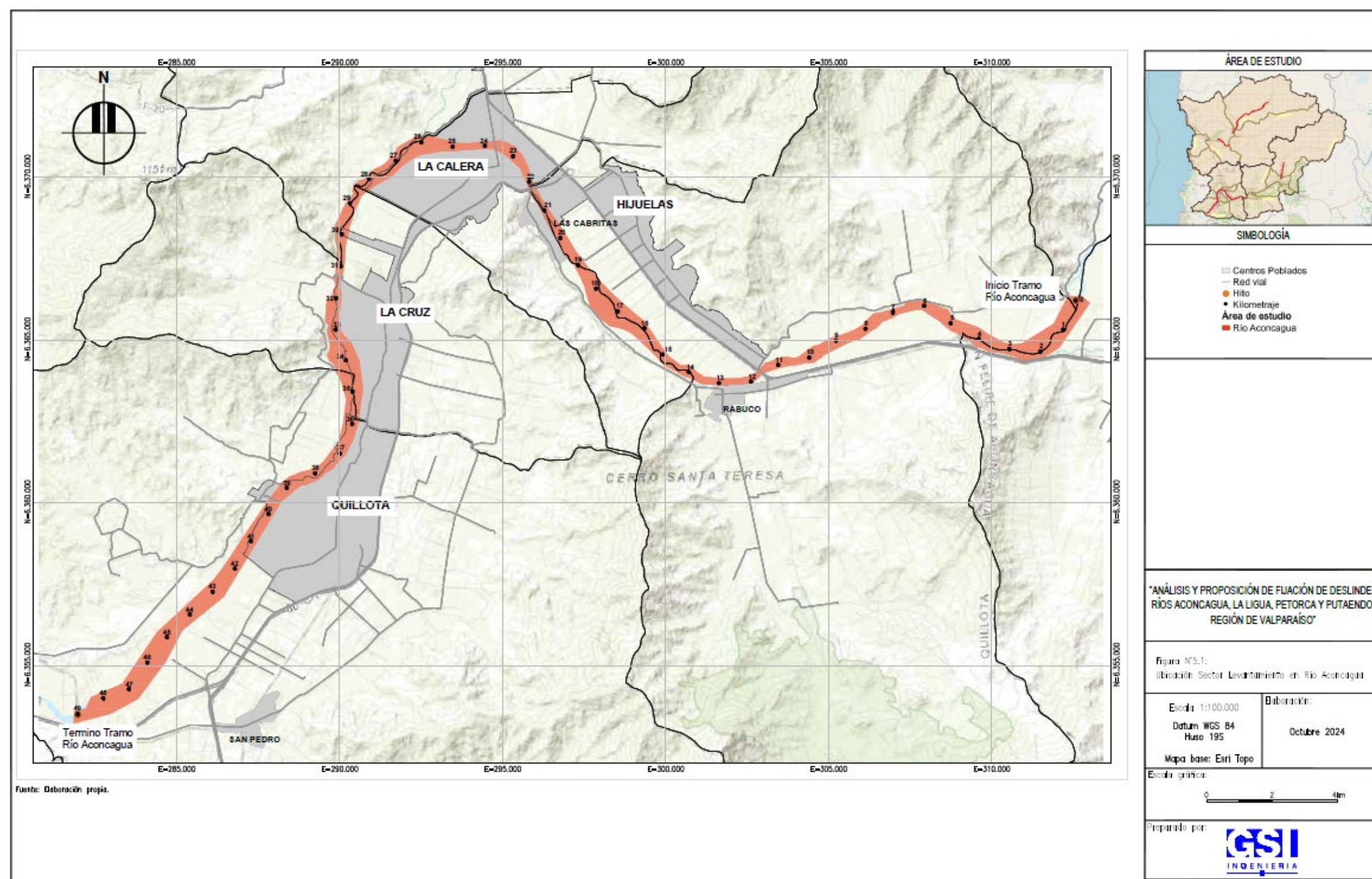
Se consideró inicialmente el polígono indicado en la licitación, con una superficie equivalente a 4.464 ha aproximadas, para la cual se consultó una cantidad de 4 puntos por m², lo cual fue complementado en las etapas posteriores una vez se obtuvieron los resultados de las modelaciones hidráulicas, presentando las plantas actualizadas en base a dicha consideración.

Para realizar la cartografía escala 1:1.000, se realizaron los vuelos LIDAR los días 15 y 20 de diciembre de 2022, considerando la topografía y vegetación del lugar, condiciones climáticas del día del vuelo y cumplir con el criterio de densidad de puntos por m². El levantamiento Láser fue efectuado con el sistema LIDAR ALTM 3100, que incluye una cámara métrica Trimble TAC Metric y Sistema Inercial de Navegación (INS).

Los antecedentes para la realización del levantamiento fueron los siguientes:

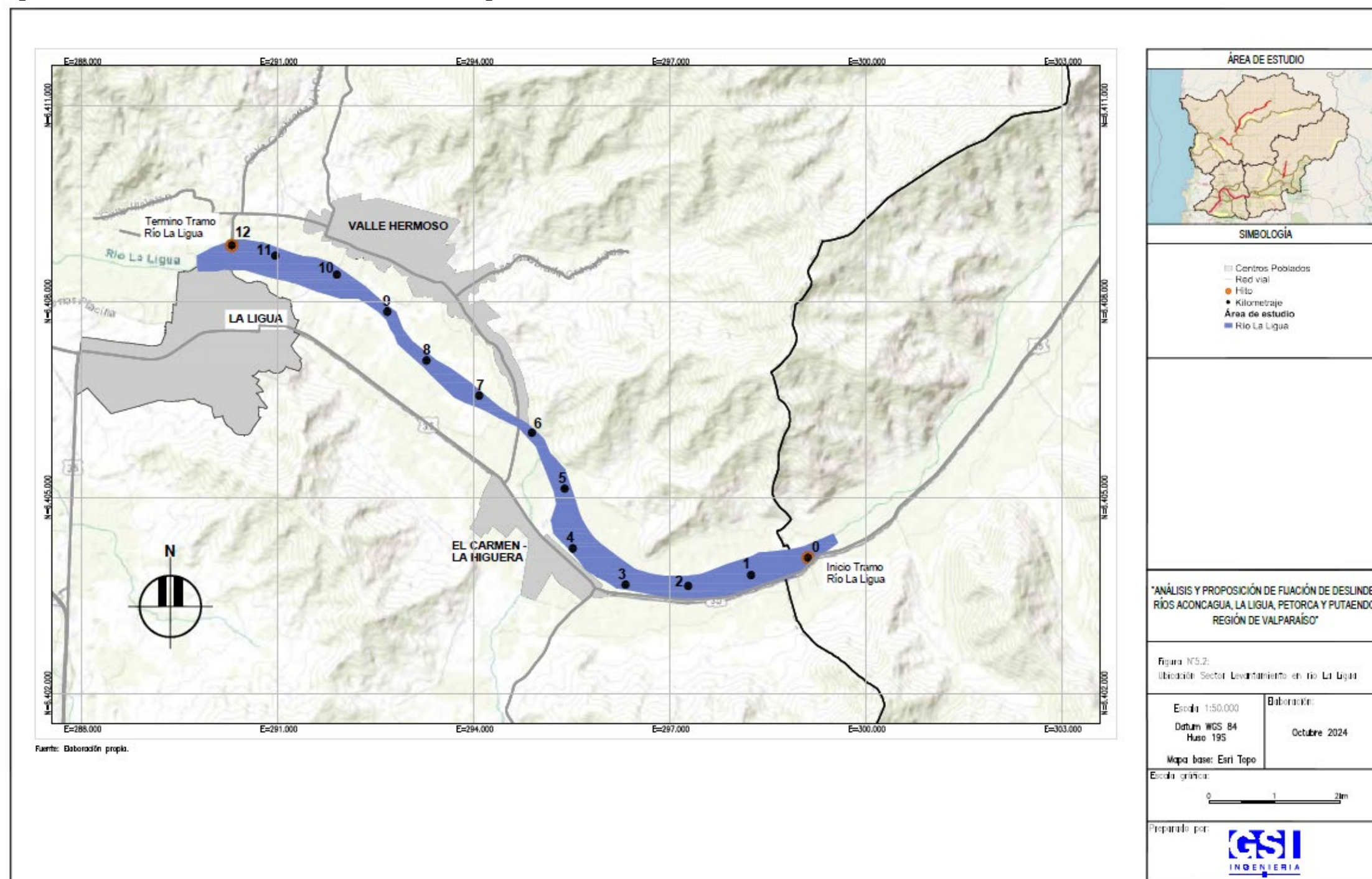
- Escala de Proyecto: 1/1.000
- Tipo de Vegetación: Media
- Recubrimiento y cobertura, para evitar zonas sin imagen ni puntos de la zona de estudio.
- Densidad de Puntos por m² igual a 4.
- Tamaño de píxel capturado (10 cm GSD)
- Precisión para dar cumplimiento al estándar de ± 1 m para la escala 1:1.000. Definida por las tolerancias establecidas en punto 12.2 Tolerancia; indicadas en la ETT-DOH_2021.

Figura N° 5.1: Ubicación Sector Levantamiento en río Aconcagua



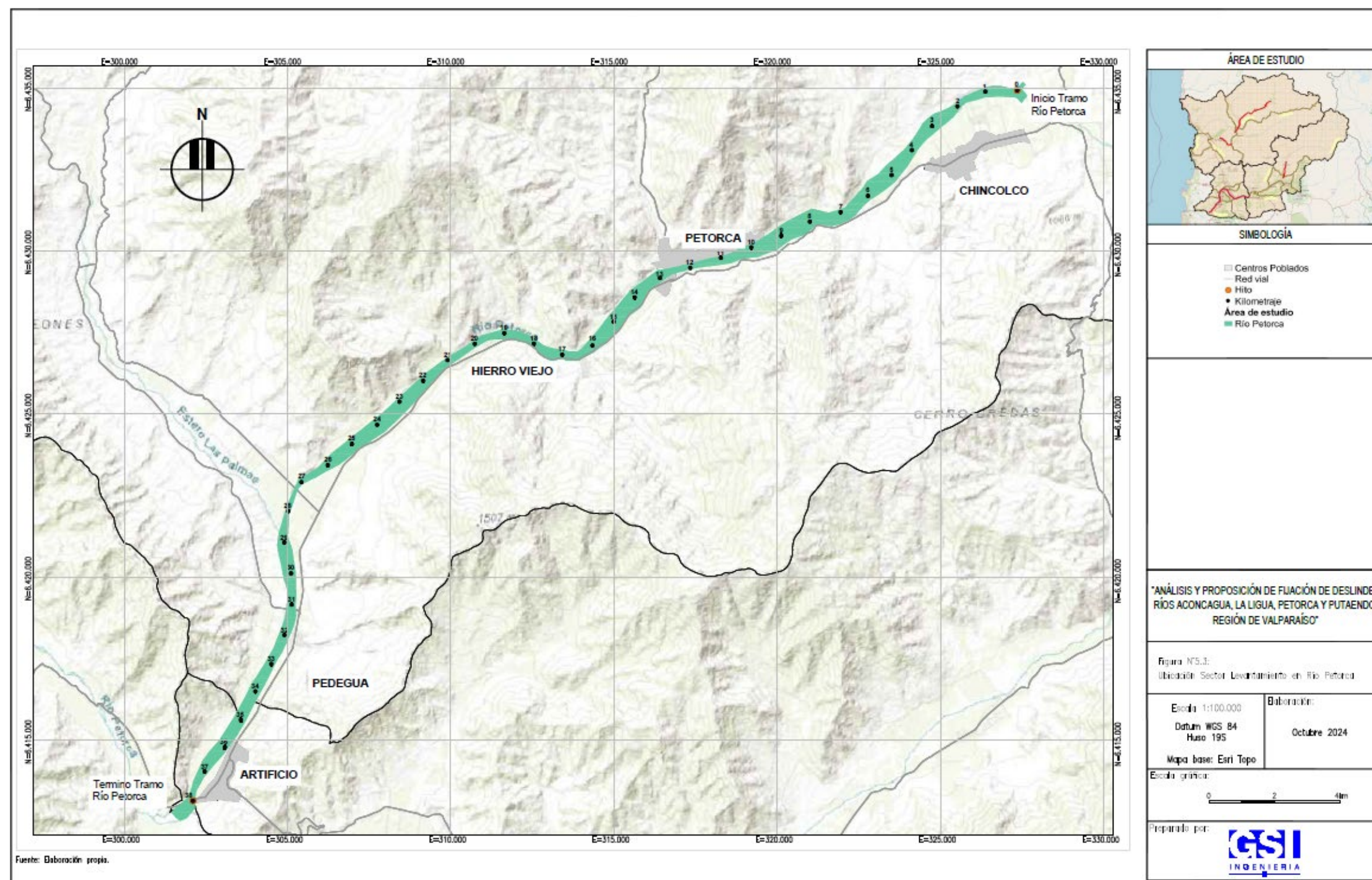
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5.2: Ubicación Sector Levantamiento en río La Ligua



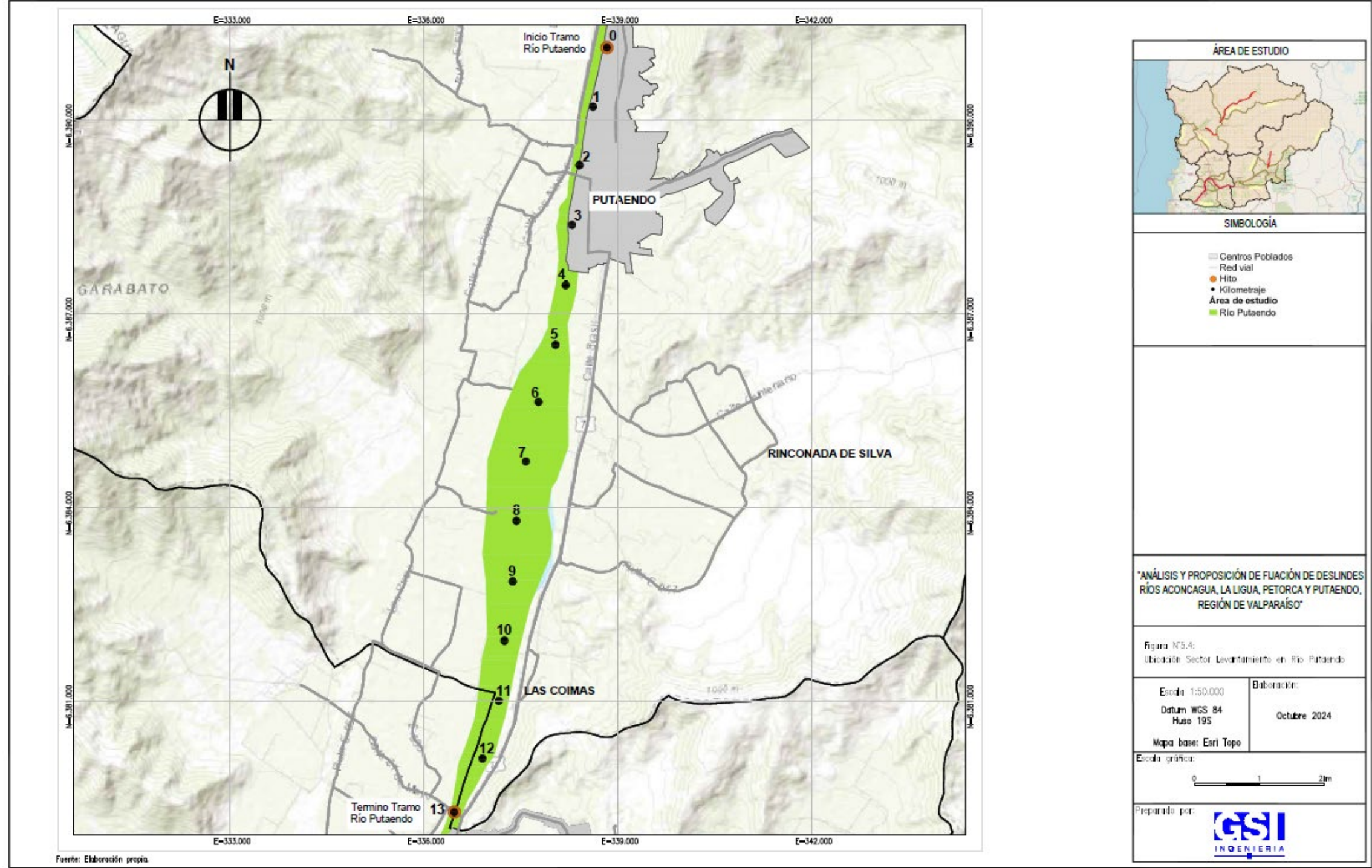
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5.3: Ubicación Sector Levantamiento en río Petorca



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5.4: Ubicación Sector Levantamiento en río Putaendo



Fuente: Elaboración propia.

5.3 Trabajos de Catastro

En los trabajos de catastro se consideró en levantamiento de información de: obras existentes, propiedades ribereñas, organizaciones y/o comunidades, zonas de riesgos y eventuales sectores de conflictos por deslindes.

En lo que corresponde al catastro de las obras existentes en el lecho de los ríos, se recorrieron mediante caminata todos los sectores, recopilando información de las obras encontradas mediante GPS Navegador o RTK, lo que fue apoyado mediante el uso de dron. El trabajo señalado generó una recopilación de todas las obras civiles que se encuentran en los ríos, sistematizando mediante la aplicación de una ficha que identifica para ellas el tipo de obra, la ubicación coordinada, descripción general de materialidad, dimensiones principales, fotografías y croquis general de la obra catastrada. Adicionalmente, con esta base de información, se elaboraron archivos vectoriales para su consulta en Sistema de Información Geográfica (SIG).

En el cuadro siguiente se presenta un resumen de las cantidades de instalaciones catastradas en la zona de estudio, de acuerdo a propuesta de clasificación realizada por el Consultor.

Cuadro N° 5.1: Resumen Instalaciones Catastradas río Aconcagua

ÍTEM	TIPO DE OBRA	Río Aconcagua	Río Ligua	Río Petorca	Río Putaendo
1	Pozos y cámaras	162	33	63	7
2	Bocatomas y captación de agua	30	2	1	3
3	Obras de protección fluvial	43	10	33	9
4	Espigones de defensa fluvial	7	0	0	0
5	Descarga de aguas	35	2	1	2
6	Extracción de áridos	22	15	11	5
7	Postes de tendidos eléctricos y comunicación	36	44	69	35
8	Tuberías de colectores, aducción e impulsión	14	3	6	2
9	Pretil	3	1	0	6
10	Atraviesos	0	2	1	3
11	Encauzamiento del río	8	1	1	2
12	Pasarelas peatonales	1	1	5	2
13	Puentes vehiculares y ferrocarriles	10	3	3	5
14	Piscinas, Estanques y Tranques	9	1	4	0
	TOTAL	390	118	198	81

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al catastro de propiedades situadas en ambas márgenes de los ríos se consultó inicialmente la Cartografía Digital del SII publicada en su página web (<https://www4.sii.cl/mapasui/internet/>), determinando con ello el universo inicial de propiedades que pudieran estar involucradas con la fijación de los deslindes.

Esto fue complementado luego con datos obtenidos de los planos del Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), institución que apoya al Ministerio de Agricultura y mantiene registros detallados sobre la propiedad rurales en estas áreas, con información cartográfica en escala 1:10.000 actualizada al año 2022, en formato SIG, para los deslindes aparentes, roles de propiedad e información de ortoimagen (en base a levantamiento Satelital SPOT 6/7, del año 2014).

Complementariamente, se acudió a cada una de las oficinas territoriales del S.I.I., en las comunas involucradas, como también en las oficinas regionales de dicha entidad, para contrastar toda la información disponible. De esa manera, para cada río, se construyó iterativamente un listado de las propiedades aledañas, que incluyó identificación del propietario aparente y el número de Rol del S.I.I., lo que sirvió para consultar a su vez la base de datos de “bienes raíces” de dicha entidad, rescatando registros de inscripciones, tipo, año y conservador donde se realizó el trámite, además del destino para efectos de tributación.

Cuadro N° 5.2: Resumen inicial catastro propiedades

Cauce	N° Propiedades identificadas
Río Aconcagua	379
Río Ligua	112
Río Petorca	443
Río Putaendo	183

En lo que respecta al catastro de zonas de riesgo, se identificaron las mismas en base a la recopilación de antecedentes de la Etapa 1, principalmente de notas de prensa, como también del recorrido de terreno, lo que se complementó con la entrevista a los actores claves. En el cuadro siguiente puede apreciarse la cantidad total de zonas identificadas en base lo requerido en las bases, con el detalle del riesgo asociado.

Cuadro N° 5.3: Resumen Zonas de Riesgo Ríos Aconcagua, La Ligua, Petorca y Putaendo

RÍO	N° DE ZONAS IDENTIFICADAS	RIESGO DETECTADO
Aconcagua	9 comuna de Hijuelas 9 comuna de Calera 2 comuna de Nogales 4 comuna de La Cruz 5 comuna de Quillota	Remoción, Inundación, Integridad física
La Ligua	4 comuna de La Ligua	Inundación
Petorca	26 comuna de Petorca	Inundación
Putaendo	22 comuna de Putaendo	Inundación, integridad física.

Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, en lo correspondiente al catastro de organizaciones y/o comunidades, el encargado de PAC del estudio revisó junto a las DIDECO de las municipalidades un listado de representantes, información que se encuentra anexa en el informe final de dicha especialidad. En este levantamiento se identificaron al menos 92 organizaciones en el sector de estudio, siendo los ríos Aconcagua y Petorca los que agrupan la mayor parte de ellas, con 50 y 28 respectivamente.

5.4 Calicatas

En cumplimiento con el punto 4.2.6 de los Términos de Referencia, se presentan los resultados de las macrogranulometrías realizadas en puntos representativos del lecho de los ríos Aconcagua, La Ligua, Petorca y Putaendo. Se llevaron a cabo un total de 8 calicatas, cada una con una profundidad mínima de 1,5 metros, ubicadas preferentemente en embancamientos del tercio central de los cauces, en proximidad a zonas hidráulicamente activas.

En cada calicata se realizó:

- Análisis macrogranulométrico integral.
- Identificación cualitativamente la composición del suelo y grado de compactación del lecho determinando el sello del mismo.

El siguiente cuadro muestra la ubicación coordinada aproximada de las calicatas.

Cuadro N° 5.4 Coordenadas de Calicatas

Cauce	N° Calicata		Este (m)	Norte (m)
Río Aconcagua	C1	Acueducto de Las Vegas	311.790	6.364.950
	C2	Puente 19 de Junio (La Calera)	294.659	6.370.994
	C3	Puente Boco	288.055	6.360.100
Río La Ligua	C4	Confluencia con Estero La Patagua	295.086	6.405.642
Río Petorca	C5	Badén Artificio	302.008	6.413.119
	C6	Hierro Viejo	310.363	6.426.900
	C7	Nacimiento Río Petorca	327.289	6.434.847
Río Putaendo	C8	Puente Río Putaendo	338.409	6.389.269

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente página pueden revisarse los valores obtenidos para las distribuciones granulométricas. Como es posible apreciar en base al diámetro característico, D_{50} , en cada una de las calicatas desarrolladas el material correspondería a gravas gruesas en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos del UCSC ($D > 19,1$ mm), con un alto grado de uniformidad.

Cuadro N° 5.5 Resultados curvas ensayos granulométricos

DIÁMETROS CARACTERÍSTICOS [MM]								
	Río Aconcagua			Río La Ligua	Río Petorca			Río Putaendo
Diámetro por el que pasa un porcentaje de la muestra	C1 Las Vegas	C2 Pte.19 Junio	C3 Pte. Boco	C4 Confl.	C5 Badén Artificio	C6 Hierro Viejo	C7 Inicio	C8 Puente
D₁₀	1,7	14,1	7,9	20,0	11,9	10,0	23,21	10,00
D₁₆	5,7	27,5	17,8	33,1	22,9	29,2	47,29	30,2
D₃₀	21,3	56,1	41,3	65,6	52,9	81,2	85,54	70,9
D₅₀	44,2	88,9	82,1	104,4	95,3	127,5	128,53	106,4
D₆₀	58,9	101,5	93,7	129,2	112,6	177,8	161,36	145,4
D₈₄	144,6	143,6	129,3	206,9	187,6	344,6	334,7	324,0
D₈₅	150,0	145,7	131,0	210,9	193,7	356,8	347,13	336,7
D₉₀	189,2	168,8	140,2	231,8	227,2	424,3	416,60	408,2
D₉₅	238,7	205,4	150,0	257,7	263,4	504,5	499,96	494,9

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y DE CURVATURA								
C_u	35,1	7,2	11,8	6,5	9,5	17,8	6,9	14,5
C_c	4,6	2,2	2,3	1,7	2,1	3,7	1,9	3,5

Nota: $C_u = D_{60}/D_{10}$ y $C_c = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$

6 ESTUDIOS BÁSICOS

Las tareas específicas que se realizaron asociadas a los estudios básicos, son las siguientes:

- Análisis geomorfológico e histórico, que permitió contextualizar de manera cualitativa el comportamiento pasado y actual de los cauces.
- Estudio de eje hidráulico para crecidas máximas de períodos de retorno de: 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años.

Desde el punto de vista geomorfológico, se hizo un análisis histórico, en base a la información de imágenes satelitales disponibles, caracterizando de manera cualitativa, por medio de la creación de cartas geomorfológicas para 3 escenas, lo que permitió obtener una propuesta del corredor geomorfológico fluvial. Adicionalmente, se pudo determinar el grado de estabilidad en la dinámica fluvial, por el reconocimiento de las modificaciones temporales de las unidades estructurales y geomorfológicas.

Desde el punto de vista hidrológico, en tanto, se definieron los caudales máximos esperables, a los que se verá sometido el cauce para diversos periodos de retorno.

El estudio hidráulico por su parte, permitió determinar los niveles y extensión de inundación, además de características del escurrimiento para estos caudales, definiendo los márgenes esperados y cómo estos interfieren con las riberas actuales, con la infraestructura fluvial y con los límites prediales, aspecto que también se consideró al momento de definir los deslindes.

Finalmente, el estudio mecánico fluvial permitió determinar la capacidad de la corriente para modificar el lecho y los márgenes del cauce, así como la erosión, el transporte y la sedimentación de los materiales. Estos aspectos también se consideraron al momento de definir los deslindes, o las características de eventuales obras fluviales.

6.1 Estudio Geomorfológico

Se realizó una caracterización geomorfológica fluvial en secciones de los ríos Petorca, La Ligua, Putaendo y Aconcagua, que permitió contextualizar el comportamiento geomorfológico pasado y actual de los ríos entre los años 1968, 1978-79 y 2000-2022.

Lo señalado se dio de esa manera debido a la poca disponibilidad de información en las distintas fuentes existentes, ya que inicialmente solo se habían tomado en cuenta organismos nacionales de vuelos aerofotogramétricos, como por ejemplo del SAF o IGM. Pero a sugerencia del consultor se amplió a otras fuentes liberadas recientemente y que tienen una calidad suficiente (resolución espacial) para desarrollar los análisis, entre las que se cuentan las publicadas por el Servicio Geológico de Estados Unidos, a través de la página web del Centro de Observación y Ciencias de los Recursos Terrestres (EROS Center, <https://earthexplorer.usgs.gov/>).

Cabe indicar que las cartas geomorfológicas fluviales constituyen una plataforma para interpretar y cuantificar las relaciones entre distintos procesos y su control como también para evaluar los cambios de los ríos, su potencial ajuste y también la evolución de sus trayectorias.

En términos metodológicos se utilizó un análisis jerárquico de identificación de *unidades geomorfológicas* (UG) y *elementos estructurales* de origen antrópico (EE).

Para efectos de este estudio se adaptó la metodología Wheaton *et al.* (2015), la cual provee leyendas asociadas a cada forma, representa las unidades geomorfológicas como polígonos, elementos estructurales y objetos discretos que ocupan pequeñas extensiones, márgenes y líneas.

La identificación de las UG y EE fue realizada a una escala 1: 2.500, utilizando para ellos fotografías e imágenes satelitales derivadas los programas de fotografías áreas satelitales CORONA. ARGON y LANYARD y Keyhole (KH) del gobierno de los Estados Unidos, del Servicio Aerofotogramétrico de la Fuerza Aérea de Chile (SAF) y también imágenes satelitales de los sensores Worldview 2-3 y GeoEye -1, accesibles a través de la plataforma ESRI IMAGERY. Cabe indicar que las escenas del gobierno de Estados Unidos fueron obtenidas como parte de programas de inteligencia militar con cobertura nivel mundial, entre los años 1960 y 1984, en sus distintas etapas.

El siguiente cuadro muestra un resumen con la fecha y fuente de las fotografías aéreas utilizadas para el presente estudio.

Cuadro N° 6.1 Resumen de escenas utilizadas para estudio geomorfológico

Río	Año	Fuente	Fecha	Caudal máximo mensual [m3/s] en estación base (Periodo de retorno asociado)
Aconcagua	1968	Fotografía Aérea Desclasificada	11.noviembre.1968	12,44 (1 año)
	1978	Vuelo SAF	09.septiembre.1978	9,96 (1 año)
	2022	Satélite WorldView-2	08.febrero.2022	18,97 (1 año)
La Ligua	1968	Fotografía Aérea Desclasificada	03.febrero.1968	
	1978	Vuelo SAF	09.septiembre.1978	
	2021	Satélite WorldView-2	17.julio.2021	
Petorca	1968	Fotografía Aérea Desclasificada	03.febrero.1968	-
	1979	Programa de fotografías Keyhole (KH)	10.abril.1979	0,91 [m3/s] (< 1 año)
	2020	Satélite WorldView-3	03.agosto.2020	0,215 [m3/s] (< 1 año)
Putendo	1968	Fotografía Aérea Desclasificada	11.nov.1968	5,46 [m3/s] (1,2 año)
	1979	Programa de fotografías Keyhole (KH)	10.abril.1979	5,51 [m3/s] (1,2 año)
	2021	GeoEye-1	22.septiembre.2021	1,46 [m3/s] (1 año)

Fuente: Elaboración propia.

En las cuatro secciones de ríos analizadas las unidades geomorfológicas con mayor representación son las terrazas, llanuras aluviales, barras, cauces y lechos. En general, las secciones fluviales analizadas presentan características de *ríos anastomosados*, es decir, múltiples canales separados por barras y con presencia de llanuras aluviales, con presencia importante en la última década de elementos estructurales asociados a obras

de encauzamiento y defensas fluviales. Además, de una disminución de las superficies vegetacionales al interior de los ríos en estudio.

Los análisis comparativos indicaron cambios importantes en las condiciones geomorfológicas de las secciones de los ríos debido a los procesos de deposición y erosión que se dan en él. En particular el año 1968 se caracterizó por ausencia de agua en el lecho, a diferencia del año 1978-79 donde se observó una mayor presencia de agua que se tradujo en un mayor dinamismo de estructuras geomorfológicas. A partir de 2020, las secciones fluviales en estudio se caracterizaron por presentar ausencia de agua en su lecho como también una mayor intervención debido a elementos estructurales sobre las unidades geomorfológicas naturales, de los cuales se destacan: plantaciones agrícolas, obras de encauzamiento, defensas fluviales, puentes y extracción de áridos, localizados en distintos tramos de las secciones fluviales en estudio.

Los deslindes geomorfológicos máximos fluviales fueron determinados a partir de la fusión de las unidades geomorfológicas y antrópicas identificadas para cada año analizado en el estudio de las geomorfológicas fluviales, exceptuándose de estos límites las unidades geomorfológicas asociadas a terrazas, abanicos aluviales y paleo canales, las cuales no presentan cambios significativos en el tiempo.

Los escenarios futuros de los ríos en estudio están condicionados por forzantes naturales asociadas a factores geológicos-geomorfológicos, que condicionan la posición del cauce, meteorológicos las fluctuaciones en las precipitaciones y las temperaturas proyectadas que indican aumento en las temperaturas estivales, así como también disminución en las precipitaciones.

Por otra parte, forzantes antrópicas, asociada a crecimiento en agricultura, obras fluviales, aumento de la demanda de agua y explotación de aguas subterráneas se traducen en cambios que condicionan la evolución geomorfológica de las secciones fluviales en estudio.

Finalmente, es importante indicar que los deslindes o límites geomorfológicos máximos fluviales obtenidos en estudio son una representación de la condición fluvial de los últimos 53 años y en relación con fechas particulares, condicionadas por la disponibilidad técnica.

Solo a modo ilustrativo se presentan a continuación dos figuras, que representan los deslindes geomorfológicos y la evolución de las unidades geomorfológicas y estructuras fluviales del río Aconcagua, usadas como parte del análisis geomorfológico del estudio.

Figura N° 6.1: Corredores geomorfológicos fluviales del río Aconcagua

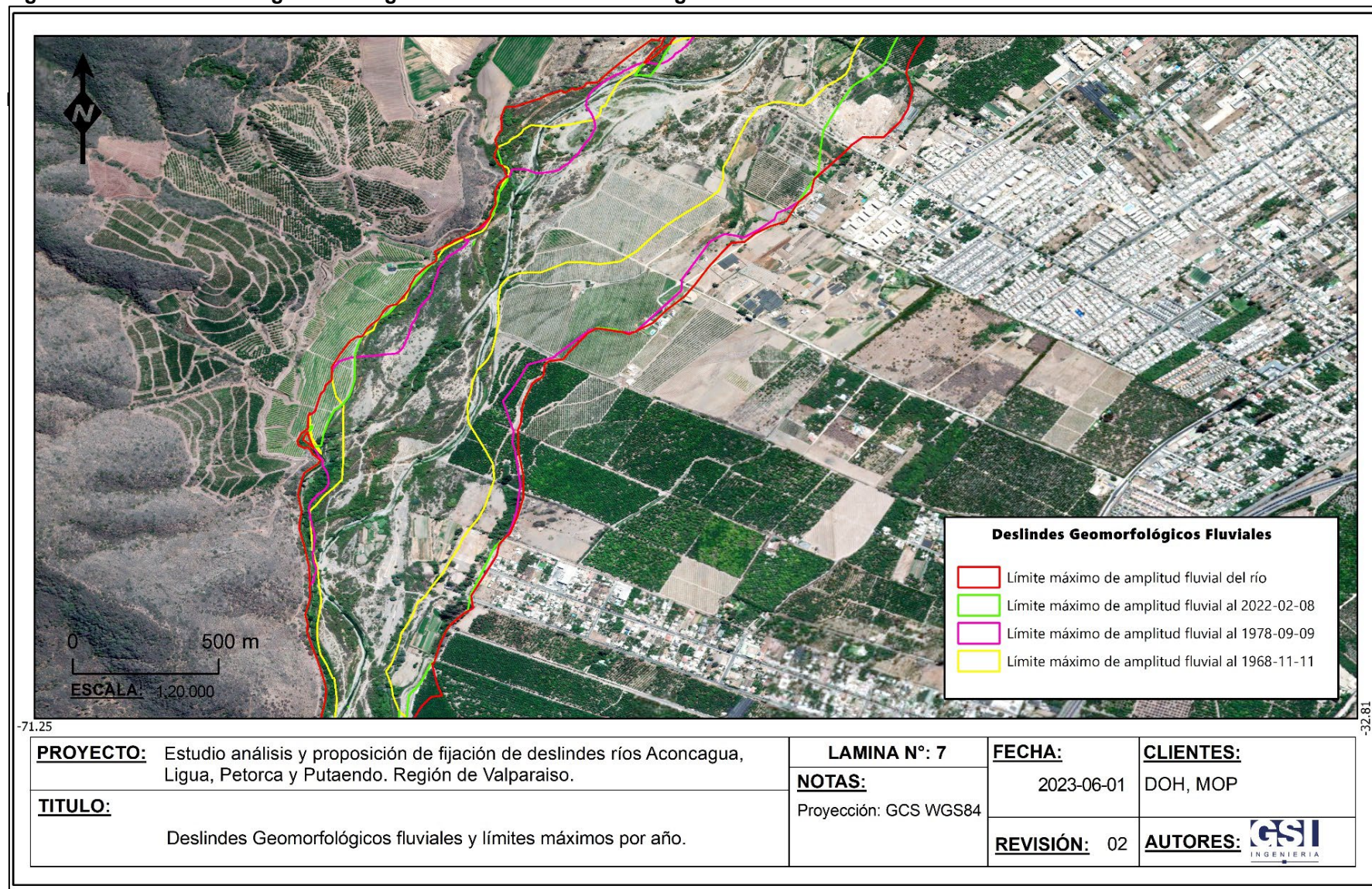
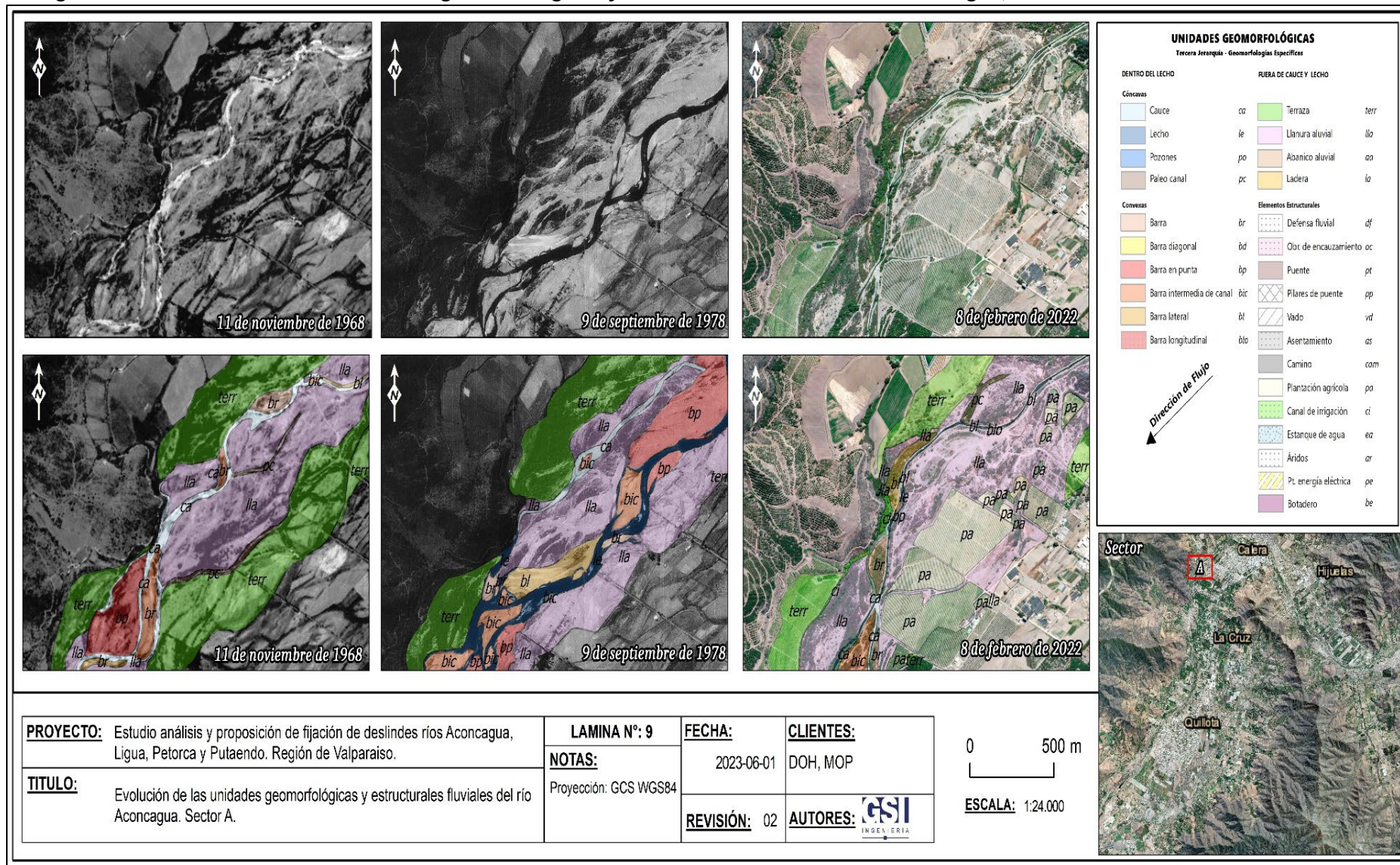


Figura N° 6.2: Evolución de las unidades geomorfológicas y estructuras fluviales del río Aconcagua, sector A



6.2 Estudio Hidrológico

En el estudio hidrológico de cada uno de los 4 cauces, se determinaron los caudales máximos instantáneos asociados a los períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, para cada uno de los puntos de control definidos en la licitación por parte de la inspección fiscal. Considerando para ello su estimación en régimen natural, tanto en período pluvial, como de deshielo, descartando posibles obras de regulación que pudieran haberse construido en ellas.

Para la obtención de los resultados solicitados, se realizaron las siguientes acciones:

- a) Definición y delimitación geográfica de cada cuenca hidrográfica, como sus propiedades geomorfológicas.
- b) Identificación y análisis crítico de información estaciones pluviométricas y fluviométricas utilizadas, considerando su representatividad en la cuenca, además de la obtención y relleno de sus series estadísticas.
- c) Desarrollo de los análisis de frecuencia a las series estadísticas, aplicando al menos 3 métodos de ajuste de función de distribución de frecuencia, mostrando los resultados de los respectivos test de bondad de ajuste.
- d) Determinación de los caudales de diseño por métodos directos e indirectos, dependiendo de la disponibilidad y completitud de las series fluviométricas.

En la figura N° 6.3 se puede observar la ubicación de los puntos de control y los cauces en comento.

6.2.1 Estudio de precipitaciones

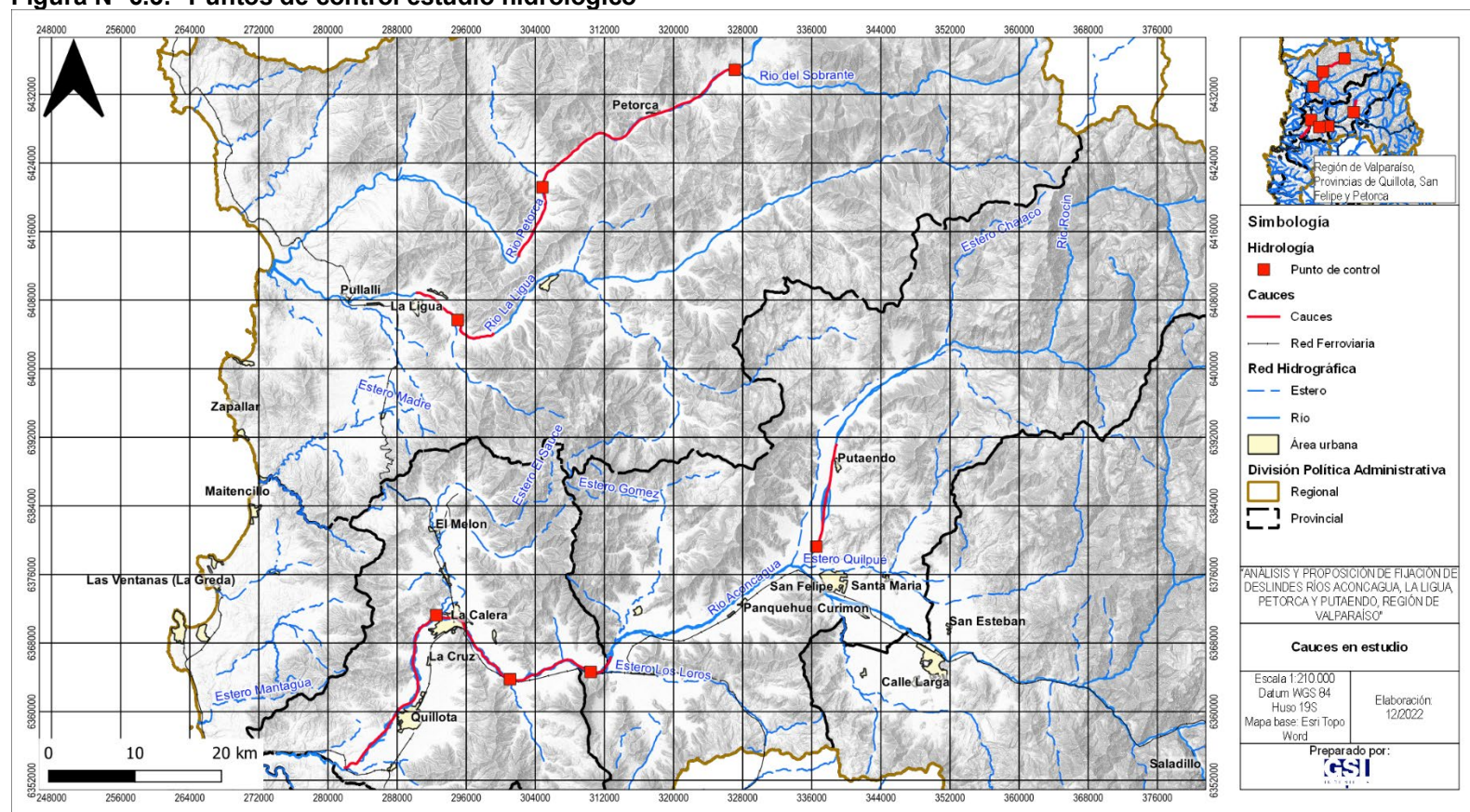
Para contar con las series de precipitaciones máximas anuales completas en el período de interés (1980 a 2020), se procedió a rellenar y/o extender aquellas estaciones con datos faltantes.

Para aquellas estaciones en que se presentaron estadísticas incompletas, se realizó un proceso de correlación con las estaciones vecinas y con estadística disponible, seleccionándose como estación base aquella con el mejor coeficiente de determinación. Como criterio de aceptación, se consideró preferentemente un coeficiente de correlación $R^2 > 0.80$; aceptándose en algunos casos, según se estime, $R^2 > 0.70$.

Para cada una de las series de precipitaciones máximas anuales en 1 día se efectuaron análisis de frecuencia, realizándose los test de bondad de ajuste de Chi-cuadrado (X^2) y Kolmogorov- Smirnov, además de un análisis gráfico, testeando las distribuciones Normal, de valores extremos tipo I (Gumbel), Pearson III, Log-Normal y Log-Pearson III.

Con la información de las diversas estaciones se generan curvas de isoyetas abarcando las cuencas de interés. A modo de resumen comparativo se presenta en el cuadro N°6.2 la precipitación media en las cuencas de los distintos puntos de control, para el periodo de retorno de 10 años y 24 horas de duración. Además de lo anterior, se realizaron estimaciones de las líneas de nieve, para la determinación de las cuencas aportantes.

Figura N° 6.3: Puntos de control estudio hidrológico



Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 6.2: Precipitación de diseño en 24 hr [mm] para T = 10 años

Punto de control	P24 [mm]
Río La Ligua bajo Estero La Patagua	90,5
Río Petorca Nacimiento	81,7
Río Petorca bajo Estero Las Palmas	80,5
Río Aconcagua bajo Estero Rabuco	89,4
Río Aconcagua bajo Estero El Litre	91,9
Río Putaendo en puente 21 de Mayo	88,1
Río Aconcagua Estación Fluviométrica Romeral	87,3

Fuente: Elaboración propia

6.2.2 Estudio de crecidas

Para realizar el análisis de crecidas se debió tener presente que el área de estudio cuenta con cuencas con control fluviométrico y otras sin él. En el caso de contar con esta información, se prefirió su uso mediante la aplicación del método directo de generación de caudales o por medio de la aplicación de transposición por rendimientos, tomando como base fórmula de Verni-King; en caso contrario, se recurrió a los métodos indirectos de generación por relaciones precipitación escurrentía.

Los métodos indirectos utilizados corresponden a los métodos publicados en el “*Manual de cálculo de crecidas y caudales mínimos en cuencas sin información fluviométrica*” publicado por la DGA en el año 1995, correspondientes a los métodos: DGA-AC, Verni y King Modificado e Hidrograma Unitario Sintético, usando el tipo Linsley. En el caso del río Petorca se consideró la aplicación del método propuesto por Seguel-Stowhas (1985) en el Congreso VII SOCHID, que considera su estimación a través de una línea de nieve variable, a diferencia de los otros métodos.

Los valores de caudales máximos adoptados, por cada punto de control, se presentan a continuación. En el caso de los ríos Ligua y Petorca solo se usan métodos indirectos, debido a la falta de series de estadística fluviométrica, no distinguiendo valores por período como si se hace en los otros dos cauces considerados en el estudio.

Cuadro N° 6.3 Caudales adoptados en período pluvial y deshielo [m³/s]

Período de retorno [años]	Río Aconcagua						Río Putaendo		Río Ligua	Río Petorca	
	Romeral		Rabuco		El Litre		Puente 21 de Mayo		Conf. Estero La Patagua	Conf. Pedernal y Sobrante	Conf. Estero Las Palmas
	Pluvial	Deshielo	Pluvial	Deshielo	Pluvial	Deshielo	Pluvial	Deshielo	-	-	-
2	120	105	130	110	150	120	60	40	140	77	217
5	330	205	360	215	410	240	135	85	410	150	419
10	565	285	610	305	700	335	195	130	650	219	630
25	1000	410	1080	435	1245	485	285	200	1030	341	988
50	1450	520	1570	550	1800	610	355	265	1350	460	1333
100	2020	635	2190	675	2520	750	430	345	1700	605	1740

Fuente: Elaboración propia.

6.3 Estudio Hidráulico

A continuación, se presenta un resumen de los principales aspectos abordados durante el desarrollo del estudio hidráulico.

6.3.1 Modelación con HEC-RAS

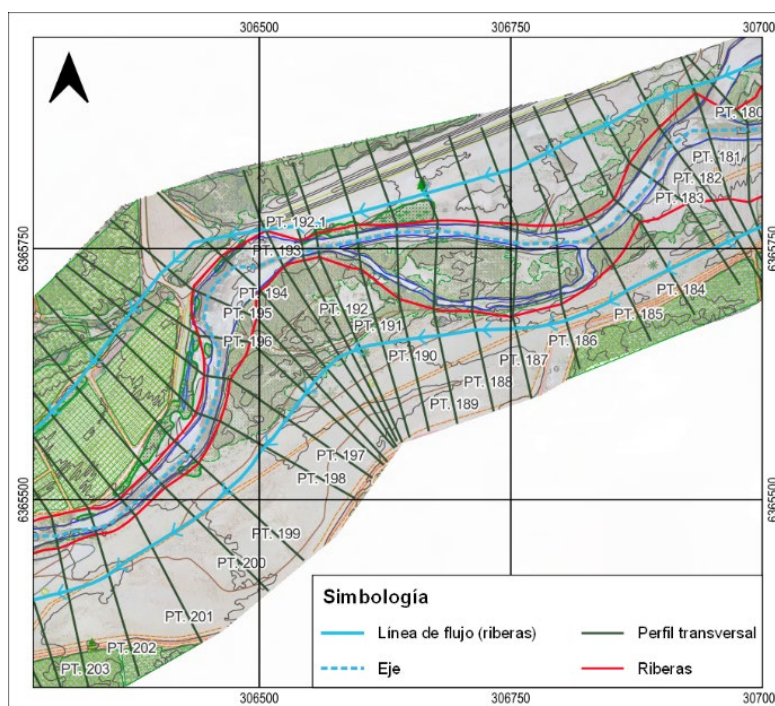
Se realizó una simulación computacional de los ríos en estudio con el modelo numérico unidimensional en el *software* HEC-RAS en su versión 5.0.7, desarrollado por el *United States Army Corps of Engineers* (USACE).

Para este tipo de modelación, HEC-RAS utiliza como base de cálculo el método estándar por pasos, el cual iguala la energía entre dos secciones consecutivas. Para el cálculo del eje hidráulico, el método consulta a partir de una sección de condiciones hidráulicas conocidas (altura de agua, radio hidráulico, pérdida de carga, etc.) y posteriormente, mediante un proceso iterativo, calcula el eje hidráulico hacia aguas arriba, determinando la altura de agua que satisfaga la ecuación de energía, con un mínimo de error aceptable.

Los principales datos que se ingresan al modelo de inundación son topografía de los cauces, geometría de los puentes existentes, coeficientes de rugosidad de Manning, caudales de modelación y finalmente, las condiciones de borde

Para la geometría se utilizaron los modelos digitales de terreno de levantamiento Lidar desarrollado en las etapas anteriores del estudio, usando la herramienta GIS Tools del programa, denominada *RAS Mapper*, para definir los perfiles transversales. Ya que se definió por parte de la inspección fiscal la modelación hidráulica unidimensional (1-D), por lo extenso de los tramos analizados.

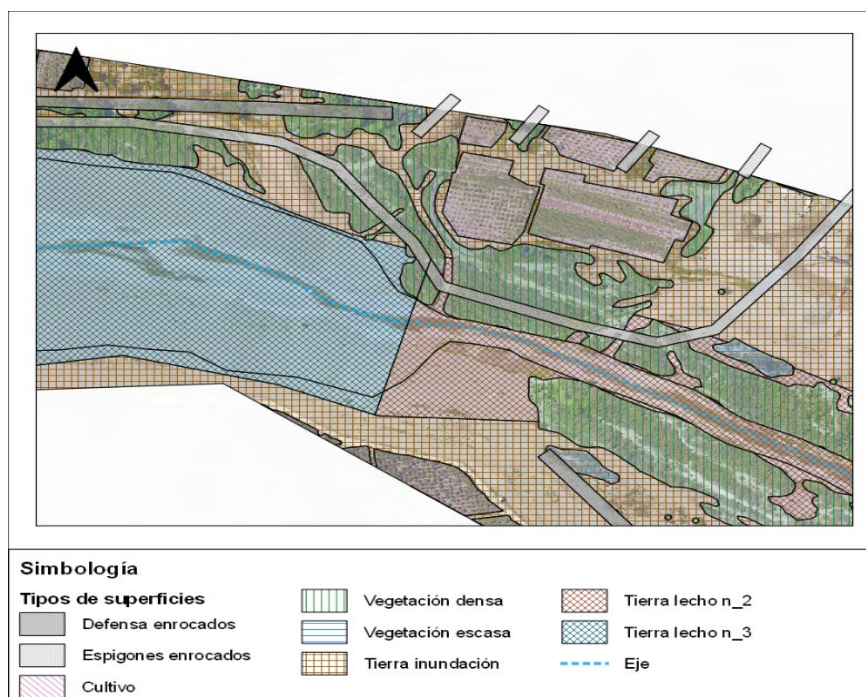
Figura N° 6.4: Ejemplo definición geométrica de perfiles transversales modelación hidráulica río Aconcagua



En el caso de la geometría de los puentes se utilizaron las fichas de catastro de obras levantada en la etapa 2.

El coeficiente de rugosidad de Manning de los cauces y riberas a modelar se determinó usando lo señalados en el libro “Hidráulica de canales abiertos” del autor Ven Te Chow. Para la zona de escurrimiento del lecho se estimó la rugosidad corregida en base a la fórmula de Cowan, usando los resultados obtenidos de las calicatas en el análisis granulométrico para estimar la rugosidad base considerando la relación de Strickler, en tanto que para las llanuras se usaron valores propuestos en la bibliografía. El software internamente calcula una rugosidad equivalente o compuesta en el perfil, mediante una ponderación de los coeficientes de transporte “K” en las llanuras.

Figura N° 6.5: Ejemplo de asignación georeferenciada de superficies rugosas



Los caudales de modelación corresponden a los caudales máximos instantáneos (en régimen permanente) para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años obtenidos del presente estudio hidrológico.

Se abordaron las condiciones de borde como altura normal en los extremos de los cauces en función de las pendientes del cauce de los últimos tramos del mismo.

Los resultados se detallan en los anexos del informe en extenso de cada cauce, en planos donde se presentan los bordes de inundación en planta, además de la proyección esquemática en los perfiles transversales presentados para todos los periodos de retorno considerados.

Sin perjuicio de eso, en el capítulo de análisis de puntos críticos que se presenta en este resumen ejecutivo, se identifican los sectores que pueden considerarse de interés en lo que respecta a potenciales inundaciones de predios colindantes o poblaciones riberanas.

6.3.2 Capacidad Hidráulica

Se realizó una evaluación de la capacidad de hidráulica de las obras civiles existentes en el río, para chequear si en las condiciones actuales se cumplen los criterios de diseño para este tipo de obras indicados en el Manual de Carreteras. La verificación se efectuó para los puentes, pasarelas y defensas fluviales identificadas en el catastro de cada río en la zona de estudio, realizada durante la Etapa 2.

Para el caso de los puentes, el Manual de Carreteras especifica la revancha que debe quedar entre el nivel de agua en el río con $Tr = 100$ y $Tr = 150$ años y la cota inferior de las vigas de los puentes. Para efectos de esta evaluación, la cota del pelo de agua para $Tr=150$ años se ha estimado a partir de los niveles obtenidos con $Tr=50$ y 100 años, ya que el proyecto no contempla evaluar el nivel de agua para dicho período.

Para el caso de las defensas fluviales, se verificó la distancia entre el nivel del agua y la cota superior de la defensa medida a partir del levantamiento topográfico con vuelo Lidar, presentado en la Etapa 1 del proyecto.

Estos análisis sirven para identificar lugares donde el agua eventualmente podría generar problemas futuros en el entorno debido al obstáculo que representan, y eventualmente, podría servir para proyectar mejoras o conservación a la infraestructura existente.

De acuerdo a los resultados obtenidos existen obras donde no se están cumpliendo los criterios de diseño de Manual de Carreteras, con las condiciones de caudal y topografía actual del cauce. Lo anterior no implica que la obra no sea funcional, sino que su margen de seguridad para el evento de diseño no está dentro de los requisitos exigidos para las mismas, lo que es aceptado bajo ciertas circunstancias. Gran parte de ellas permiten el paso de las crecidas extraordinarias sin ocupar completamente el gálibo, en el caso de puentes y pasarelas, mientras que en las defensas fluviales no hay sobrepaso.

El mejor desempeño de las obras se presenta en el caso de los ríos Petorca y Putaendo, en tanto que para los ríos Aconcagua y La Ligua se presentan deficiencias notorias, principalmente en el criterio de revanchas de las obras de defensa fluvial.

Cuadro N° 6.4 Resumen evaluación capacidad hidráulica puentes, pasarelas y defensas fluviales

Cauce	N° Puentes	No Cumple Revancha	N° Pasarelas	No Cumple Revancha	N° Defensas Fluviales	No Cumple Revancha
Río Aconcagua	10	5	1	1	43	29
Río Petorca	3	-	5	2	33	14
Río La Ligua	3	3	1	-	10	9
Río Putaendo	3	5	1	1	9	3

Fuente: Elaboración propia

6.3.3 Análisis Puntos Críticos

Se realizó un análisis cuyo objetivo es identificar los puntos críticos del cauce que involucren riesgos de inundación y erosión, a partir del cual y considerando los cálculos pertinentes se deberá evaluar la necesidad de realizar obras.

El resultado de dicho análisis, en términos generales se resume como se indica en los cuadros siguientes.

Río Aconcagua

Se detectaron 44 puntos críticos en una longitud aproximada de 49 Km, según se detalla en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 6.5 Puntos Críticos Río Aconcagua

PUNTO CRÍTICO	Tipo	Margen	Ubicación	Período de Retorno	Velocidad para TR 100 años	Comentario	Tipo de defensa requerida
			[Km]	[años]	[m/s]		
2.6	Inundación	Centro	2.6	2	3 a 5	Lagunas en zona central del cauce.	N/F
3.0	Inundación	Derecho	3	5	3	Sector lagunas, se produce estrechamiento del cauce.	N/F
3.8	Inundación	Izquierdo	3.8	5	4 a 5	Inunda predio particular	
5.7	Inundación	Derecho	5.7	2	3 a 4	Zona de extracción de áridos	Enrocado
5.7	Inundación	Izquierdo	5.7	10	3 a 4	Sobrepaso de defensa para TR=10 años	Peraltar defensa
6.3	Inundación	Derecho	6.3	10	4 a 5	Sobrepaso de defensa para TR=10 años	Peraltar defensa
7.5	Inundación	Izquierdo	7.5	5	2 a 3	Inunda predio particular	Gaviones c/Shotcrete
8.0	Inundación	Derecho	8.0	2	3 a 5	Invade predio agrícola	Enrocado
8.7	Inundación	Izquierdo	8.7	2	> 5	Limita con predio agrícola, protegido con camino de tierra y enrocado. Punto con erosión puntual.	Muro de H.A.
9.3	Inundación	Izquierdo	9.3	5	3 a 4	Inunda predio particular	Enrocado
9.75	Inundación	Derecho	9.75	2	2 a 3	Limita con predio agrícola. Existe canal de riego.	Gaviones c/Shotcrete
9.9	Inundación	Izquierdo	9.9	2	2 a 3	Inunda predio particular	Gaviones c/Shotcrete
10.4	Inundación	Derecho	10.4	2	2 a 3	Inunda predio particular	Gaviones c/Shotcrete
10.5	Inundación	Izquierdo	10.5	5	2 a 3	Tramo entre defensas fluviales de enrocado, sin enrocado. Se requiere dar continuidad al enrocado.	Enrocado
11.1	Inundación	Izquierdo	11.1	2	2 a 5	Cuenta con defensa fluvial de enrocado para conducir el flujo hacia abajo el puente. Sobrepaso de defensa para TR=25 años.	Peraltar defensa
11.2	Inundación	Derecho	11.2	5	2 a 3	Inunda predio particular	Gaviones c/Shotcrete
11.6	Erosión	Izquierdo	11.6	2	>5	Caída aguas abajo del puente por el lado izquierdo. Probable socavación local inmediatamente aguas abajo del puente.	Enrocado de protección
11.7	Inundación	Derecho	11.7	5	4 a 5	Limita con predio agrícola	Enrocado
12.6	**Inundación/erosión	Derecho	12.6	2	4 a 5	Limita con predio agrícola	Enrocado
13.0	Inundación	Izquierdo	13.0	2	4 a 5	Inunda predio particular	Enrocado
14.0	*Inundación/erosión	Derecho	14.0	2	4 a 5	Limita con predio agrícola	Enrocado
14.7	Inundación	Izquierdo	14.7	5	2 a 3	Inunda predio particular	Gaviones c/Shotcrete
15.3	Inundación	Izquierdo	15.3	5	2 a 3	Inunda predio particular	Gaviones c/Shotcrete
16.3	*Inundación/erosión	Derecho	16.3	2	2 a 3	Limita e invade predio agrícola particular	Gaviones c/Shotcrete
17.4	*Inundación/erosión	Derecho	17.4	2	0 a 2	Limita con predio agrícola	Gaviones
19.9	Inundación	Derecho	19.9	10	2 a 3	Inunda predio particular	Gaviones c/Shotcrete
24.6	Inundación	Derecho	24.6	5	4 a 5	Inunda predio particular	Enrocado
24.9	Inundación	Izquierdo	24.9	2	3 a 5	Defensa de enrocado existente	N/A
26.1	Inundación	Derecho	26.1	2	0 a 2	Inunda predio particular	Pretil
26.6	Inundación	Derecho	26.6	2	2 a 3	Inunda predio particular	Gaviones c/Shotcrete
27.0	Inundación	Derecho	27.0	2	5	Predio incursión en el cauce	Enrocado
27.2	Inundación	Izquierdo	27.2	5	2 a 3	Inunda predio particular	Gaviones c/Shotcrete
28.4	Inundación	Derecho	28.4	2	0 a 2	Limita con predio agrícola	Gaviones
30.1	Inundación	Derecho	30.1	2	0 a 2	Limita con el cerro	Gaviones
35.7	Inundación	Izquierdo	35.7	2	3 a 4	Límite de predio	Enrocado
35.9	Inundación	Izquierdo	35.9	2	>5	Límite de predio	Enrocado
38.1	Inundación	Izquierdo	38.1	2	2 a 3	Defensa de enrocado existente	N/A
39.5	*Inundación/erosión	Derecho	39.5	2	3 a 4	Inunda predio	Enrocado
43.6	*Inundación/erosión	Derecho	43.6	2	>5	Límite de predio	Enrocado
42.4	Inundación	Derecho	42.4	10	2 a 3	Inunda predio	Gaviones c/Shotcrete
44.9	Inundación	Izquierdo	44.9	2	4 a 5	Límite de predio	Enrocado
48.1	Inundación	Derecho	48.1	2	2 a 3	Límite de predio	Gaviones c/Shotcrete
48.5	Inundación	Izquierdo	48.5	5	2 a 3	Inunda predio	Gaviones c/Shotcrete
49.0	Erosión	Derecho	49.0	2	4 a 5	Puente, estribo norte	Enrocado

Fuente: Elaboración propia

Río Petorca

Se detectaron 23 puntos críticos en una longitud aproximada de 38 Km, según se detalla en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 6.6 Puntos Críticos Río Petorca

PUNTO CRÍTICO	Tipo	Margen	Ubicación	Período de Retorno	Velocidad para TR 100 años	Comentario	Tipo de defensa requerida
			[Km]	[años]	[m/s]		
0.8	Inundación	Derecho	0.8	5	>5	Afecta predio particular	Enrocado
1.1	Inundación	Derecho	1.1	2	>5	Borde predio particular	Enrocado
1.3	Inundación	Izquierdo	1.3	5	2 a 4	Afecta predio particular	Enrocado
6.4	Inundación	Izquierdo	6.4	5	0 a 2	Afecta predio particular	Gaviones
7.3	Inundación	Izquierdo	7.3	2	3 a 4	Afecta predio particular	Enrocado
9.8	Inundación	Derecho	9.8	10	3 a 4	Afecta predio particular	Enrocado
10.4	Inundación	Izquierdo	10.4	2	0 a 2	Afecta predio particular	Gaviones
10.9	Inundación	Izquierdo	10.9	5	3 a 4	Afecta predio particular	Enrocado
14.0	Inundación	Izquierdo	14.0	25	0 a 2	Sobrepaso de defensa fluvial para TR=25 años	Peraltar defensa
14.4	Inundación	Izquierdo	14.4	2	0 a 2	Afecta predio particular	Pretil
14.6	Inundación	Izquierdo	14.6	2	0 a 2	Afecta predio particular	Pretil
15.1	Inundación	Izquierdo	15.1	2	0 a 2	Afecta predio particular	Pretil
15.4	Interferencia	Derecho	15.4	10	2 a 3	Interfiere con la caja del río. Sobrepaso de defensa fluvial para TR=10 años	Retirar tramo que interfiere. Peraltar el resto de la defensa.
16.0	Inundación	Derecho	16.0	2	3 a 4	Afecta predio particular	Enrocado
16.7	Inundación	Izquierdo	16.7	2	2 a 3	Afecta predio particular	Gaviones c/Shotcrete
16.9	Inundación	Izquierdo	16.9	5	2 a 3	Afecta predio particular	Gaviones c/Shotcrete
17.2	Inundación	Derecho	17.2	5	3 a 4	Afecta predio particular	Enrocado
17.5	Inundación	Izquierdo	17.5	2	2 a 3	Afecta predio particular	Gaviones c/Shotcrete
22.0	Inundación	Derecho	22.0	2	3 a 4	Afecta predio particular	Enrocado
30.8	Inundación	Derecho	30.8	2	3 a 4	Afecta predio particular	Enrocado
31.0	Inundación	Derecho	31.0	5	2 a 3	Afecta predio particular	Gaviones c/Shotcrete
37.9	Inundación	Izquierdo	37.9	25	2 a 3	Sobrepaso de defensa fluvial para TR=25 años	Peraltar defensa
38.3	Erosión	Derecho	38.3	2	3 a 4	Erosión camino	Mejorar defensa margen derecho

Fuente: Elaboración propia.

Río Putaendo

Se detectaron 3 puntos críticos en una longitud aproximada de 13 Km, según se detalla en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 6.7 Puntos Críticos Río Putaendo

PUNTO CRÍTICO	Tipo	Margen	Ubicación	Período de Retorno	Velocidad para TR 100 años	Comentario	Tipo de defensa requerida
			[Km]	[años]	[m/s]		
2.2	Erosión	Centro	2.2	2	>5	Afecta cepa puente	Enrocado
5.4	Erosión	Derecho	5.4	2	>5	Erosiona límite de predio	Enrocado
6.1	Erosión	Derecho	6.1	2	>5	Erosiona límite de predio	Enrocado

Fuente: Elaboración propia.

Río La Ligua

Se detectaron 19 puntos críticos en una longitud aproximada de 12 Km, según se detalla en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 6.8 Puntos Críticos Río La Ligua

PUNTO CRÍTICO	Tipo	Margen	Ubicación	Período de Retorno	Velocidad para TR 100 años	Comentario	Tipo de defensa requerida
			[Km]	[años]	[m/s]		
0.7	Inundación	Izquierdo	0.7	5	3 a 4	Inunda Predio particular	Enrocado
1.5	Inundación	Izquierdo	1.5	2	2 a 3	Inunda Predio particular	Gaviones c/Shotcrete
2.0	Inundación	Izquierdo	2.0	10	2 a 3	Inunda Predio particular	Gaviones c/Shotcrete
2.6	Inundación	Derecho	2.6	5	3 a 4	Inunda Predio particular	Enrocado
4.2	Inundación	Derecho	4.2	5	3 a 4	Inunda Predio particular	Enrocado
5.2	Inundación	Izquierdo	5.2	5	2 a 3	Sobrepaso de defensa para TR=5 años.	Peraltar defensa
5.4	Inundación	Derecho	5.4	5	2 a 3	Inunda Predio particular	Gaviones c/Shotcrete
5.6	Inundación	Derecho	5.6	5	3 a 4	Inunda Predio particular	Enrocado
6.25	Erosión	Izquierdo	6.25	2	>5	Inicio Pasarela	Enrocado
6.5	Erosión	Izquierdo	6.5	2	>5	Límite predio particular	Enrocado
6.6	Inundación	Izquierdo	6.6	5	3 a 4	Inunda Predio particular	Enrocado
10.2	Inundación	Izquierdo	10.2	10	2 a 3	Inunda Predio particular	Gaviones c/Shotcrete
10.9	Inundación	Derecho	10.9	10	0 a 2	Inunda Predio particular	Gaviones
10.9	Inundación	Izquierdo	10.9	25	2 a 3	Sobrepaso de defensa para TR=25 años.	Peraltar defensa
11.5	Inundación	Izquierdo	11.5	10	0 a 2	Inunda Predio particular	Gaviones
11.6	Inundación	Izquierdo	11.6	25	0 a 2	Sobrepaso de defensa para TR=25 años.	Peraltar defensa
11.9	Inundación	Izquierdo	11.9	5	2 a 3	Inunda Predio particular	Gaviones c/Shotcrete
12.0	Inundación	Izquierdo	12.0	5	2 a 3	Inunda Predio particular	Gaviones c/Shotcrete
12.1	Inundación	Izquierdo	12.1	5	2 a 3	Inunda Predio particular	Gaviones c/Shotcrete

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Estudio Mecánico Fluvial

Con el fin de especificar sectores con tendencia a embancar y a erosionar el lecho se estudiaron los gastos sólidos que acarrea el río determinando el arrastre de sólidos en suspensión y de fondo para las crecidas de los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años.

Con la identificación de estos sectores se realizó un análisis de equilibrio sedimentológico para las crecidas de interés.

Finalmente se estimaron las profundidades de socavación general para estas mismas crecidas.

La determinación del arrastre de fondo se analizó para la totalidad de los perfiles transversales del estudio hidráulico para los distintos caudales de estudio. Se consideró las metodologías de Meyer-Peter y Müller, Shoklitsh y Ayala y Peric para la cuantificación.

Para la estimación del gasto sólido promedio en suspensión en aquellos puntos de control se distinguieron 2 casos. Donde existe estadística disponible se obtuvo una expresión del tipo potencial $Q_s = aQ_l^b$ para, a partir de caudales líquidos, Q_l , del hidrograma de crecida, obtener caudales sólidos, Q_s , movilizados. Donde no hay estadística se estimó a través de métodos indirectos, por medio de las curvas tipo Fleming donde las modificaciones pertinentes desarrolladas en la publicación *“Estimación de curvas de caudal sólido en suspensión en cuencas chilenas y comparación con expresiones empíricas de Fleming y Manual de Presas Pequeñas”*, Jiménez, Kamann y Stowhas, XXIII Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica (2017) que realizó un análisis comparativo entre estimaciones de la curva de descarga de caudal sólido en suspensión en 45 estaciones sedimento-fluviométricas a lo largo del país.

Finalmente, la metodología de análisis de socavaciones consistió, básicamente, en determinar la altura probable que experimentará el cauce natural al existir un descenso local producto del desequilibrio de la tasa de arrastre de sedimentos. Esto puede deberse a la presencia de un obstáculo (cajón de hormigón) en el lecho, o por la geometría local del cauce y es desarrollada por la acción concentrada de la corriente en un cierto periodo de tiempo, hasta que alcance un punto de equilibrio entre el volumen socavado y el volumen sedimentado en el entorno del obstáculo. Esto se estudió con las formulaciones de Neill y Lischvan-Levediev.

Tomando en cuenta el trabajo anterior, principalmente el de arrastre de fondo se desarrolló un análisis sedimentológico con el propósito de determinar la tendencia a la degradación o depósito de sedimentos a lo largo de los ríos. El equilibrio sedimentológico se analizó mediante la diferencia de las tasas de arrastre entre tramos consecutivos. Si la tasa del sector actual es mayor que la del anterior significa que en el sector actual se experimentó un aumento neto en el arrastre de fondo, lo que reflejaría una tendencia hacia la erosión.

A continuación, se presenta el resumen de los resultados para cada uno de los ríos estudiados.

Cuadro N° 6.9 Identificación de tendencias procesos físicos transporte de sedimentos por sectores, considerando diferencia en tasas de arrastre de fondo.

Río	Kilometraje [inicio – fin]	
	Erosión - Degradación	Sedimentación - Agradación
Aconcagua	0 – 8,5	8,5 – 19
	19 – 26	26 – 31,5
	31,5 – 34,5	34,5 – 36,5
	36,5 – 47	47 – 50,5
	50,5 – 51,65	
La Ligua	0 - 2	2 – 3
	3 – 4	4 – 6
	6 – 8	8 – 10
	10 -11	11- 12,5
Petorca	8 - 12	0 – 8
	16 – 17	12 – 16
	28 - 36	17 – 28
		36 -41
Putendo	0 – 4	4 – 6
	6 - 7	7 -10
	10 - 13,5	

Fuente: Elaboración propia.

7 ANÁLISIS JURÍDICO Y PROPUESTA DE DESLINDES

Las tareas específicas que se realizaron en la presente consultoría, asociadas a los análisis jurídicos y propuesta de deslindes, son las siguientes:

- Informes de la situación legal, de todas las propiedades ribereñas identificadas en los catastros de etapas previas.
- Proposición de los deslindes de los cauces, como líneas dibujadas sobre los planos, con vértices georreferenciados y tabulados, más todos sus antecedentes técnicos de respaldo.
- Informes Técnicos de Proposición de Deslindes, para cada cauce por separado, con planos adecuados al formato necesario para ser presentados al Ministerio de Bienes Nacionales, en conformidad a lo indicando en el procedimiento de fijación de deslindes.

7.1 Análisis jurídico de propiedades ribereñas

El Análisis Jurídico de las Propiedades Ribereñas, incluyó los trabajos relacionados con el catastro de las urbanizaciones, poblaciones, sectores agrícolas, parcelas y casas ubicadas en las zonas ribereñas del área de estudio, y el informe sobre la situación legal de los terrenos o propiedades existentes que están emplazadas en la ribera norte y ribera sur de cada río.

Se señaló en cada caso información sobre la propiedad inscrita a nivel de Conservador de Bienes Raíces (CBR) de cada jurisdicción, de la que emana el “propietario aparente” o propietario inscrito y datos referidos a los planos que puedan existir respecto de la misma propiedad inscrita, y respecto del rol de avalúos SII con los datos del rol de avalúo de cada propiedad ribereña, del “propietario SII” o “propietario presunto” en los casos en que solo se disponga de este dato y se desconozca el propietario aparente o inscrito a nivel de CBR, para efectos de este análisis. Además del destino de la propiedad y ubicación o domicilio registrado. Se adicionó, conforme a los TdR, un apartado que informa sobre la longitud del deslinde que tenga cada propiedad con el río respectivo.

En cada informe se ordenaron las propiedades por numeración correlativa desde el 1 en adelante, y se expresaron o individualizaron primero aquellas que están emplazadas o corresponden al margen izquierdo del río (que en general coincide con el norte), y luego las existentes en el margen derecho (que en general corresponden a la ribera sur).

En cada informe según se ha expresado se numeraron los lotes del 1 en adelante, y respecto de cada propiedad de la que han aparecido datos de inscripción conservatoria además de los datos propios del SII, se informó en cada caso la descripción de la propiedad raíz, propietario aparente – poseedor inscrito y dueño de cada inmueble según el Registro de Propiedad del Conservador de Bienes Raíces respectivo- y datos del título vigente inscrito, constando a mayor abundamiento también aquella que da cuenta el SII, dado que se expresa el propietario SII – que no siempre coincide con el aparente-, o “propietario presunto” cuando se desconozca el propietario aparente y solo se cuente con el dato del certificado de avalúo SSS, además del rol de avalúo que ampara cada propiedad. En caso de existir planos de loteo sobre las propiedades informadas, el informe también da cuenta de ello.

Se debe hacer mención expresa al hecho que, tanto a nivel de Registro de Propiedad a cargo de cada uno de los Conservadores de Bienes Raíces consultados (CBR de Petorca, La Ligua, Putaendo, San Felipe, Llay Llay, La Calera y de Quillota) como en lo relativo al Catastro de Roles que lleva el Servicio de Impuestos Internos (SII), durante el desarrollo del estudio se estuvieron realizando cambios constantes, pues cada vez que existe una transferencia o transmisión de derechos sobre las propiedades ribereñas (*por compraventa, cesión, loteo o por causa de muerte*), se producen modificaciones en los respectivos registros y catastros, lo que implica que el cada Informe dará cuenta de la situación legal de los terrenos precisamente al tiempo de elaboración de cada documento, esto es, de la situación legal existente al tiempo de recabar la información.

Adicionalmente, es importante destacar que no todos los lotes cuentan con un plano inscrito en el CBR, que dé cuenta de la superficie y/o ubicación del mismo. Lo antes indicado sucede por cuanto no es un requisito de las inscripciones la existencia de un plano por cada una de ellas. En efecto, conforme lo dispone el artículo 78° del Reglamento del Conservador de Bienes Raíces (última versión de fecha 12 de septiembre de 1952), la inscripción de títulos de propiedad y de derechos reales, contendrá:

- 1°. La fecha de la inscripción;
- 2°. La naturaleza, fecha del título y la oficina en que se guarda el original;
- 3°. Los nombres, apellidos y domicilios de las partes;
- 4°. El nombre y linderos del fundo;
- 5°. La firma del Conservador.

Como se puede apreciar, en caso alguno se exige la existencia de un plano asociado a la inscripción, razón por la cual en muchas de las inscripciones derechamente no existen.

Obviamente, en los casos que el título inscrito de cuenta de que existe un plano agregado al Registro de Documentos y que se refiera al emplazamiento físico y cabida del mismo Lote, el informe de situación da cuenta de tal hecho y se ha solicitado “copia” del mismo plano que es incorporado al informe.

Cabe destacar que no toda referencia a la existencia de un plano que se encuentre al interior de la inscripción permite concluir que ese plano corresponde a la propiedad en cuestión, porque muchas veces los títulos hacen mención de un plano colindante, o a un plano que alguna vez existió, que no necesariamente corresponde a la propiedad informada, de modo que aunque conste la palabra “plano” en esa inscripción, lo cierto es que no se acompañó plano a su respecto.

Luego, tal situación descrita – que no toda propiedad o lote cuente con plano agregado- tampoco es posible que sea “certificada” por el Conservador, toda vez que éste solo da certificados “tipo”, consistentes en certificar el dominio vigente de la inscripción o los gravámenes que afectan a la misma, mas no así “certificar que la inscripción no tiene plano”. Por lo demás, aquella situación es fácilmente comprobable por cualquier persona, pues de tener un plano asociado el inmueble, el mismo debiera estar señalado en la inscripción de dominio, de suerte que de no señalarlo significa que el inmueble no tiene plano asociado, como ocurre en un gran número de los Lotes afectos al presente informe.

Por último aquí, destacamos el hecho que existe en los trazados en estudio de los distintos ríos, una cantidad de propiedades o lotes de los que solo se cuenta con la información del catastro de roles del SII y de los certificados de avalúo de los mismos, razón por la que a su respecto sólo se informará el propietario SII o “propietario presunto” para efectos de este análisis jurídico, debiendo considerarse que no obstante la falta de información sobre propiedad inscrita a nivel de CBR, estos informes si permitirán cumplir el objeto del estudio, pues a su respecto podrá determinarse la cabida de cada lote, dibujarlo en su emplazamiento físico y determinar si se afecta o no por la fijación de deslindes de que se trata, pudiendo notificarse después a cada uno de los “propietarios presuntos” dado que así lo permite la normativa aplicable y se ha acordado de tal manera con la contraparte técnica, en reuniones de coordinación mantenidas con los profesionales de la Seremi de Bienes Nacionales de Valparaíso.

A continuación, se presenta un resumen con los tipos de lotes según el grado de completitud de la información legal recopilada en cada río, en cuanto al grado de información que se entrega, de acuerdo al nivel de respuesta de los CBR respectivos.

Cuadro N° 7.10 Resumen cantidad de informes situación legal propiedades, de acuerdo al grado de información disponible

Clasificación	Río Aconcagua	Río Putaendo	Río Ligua	Río Petorca	Subtotal
I	17	18	16	60	111
II	134	37	14	119	304
III	23	3	13	72	111
IV	1	2	0	36	39
V	160	79	34	86	359
VI	156	48	29	87	320
Subtotal	491	187	106	460	1244

Las clasificaciones corresponden al siguiente detalle:

- I : Informe propiedad sin rol. No inscrita. Sin datos SII y CBR.
- II : Informe propiedad con antecedentes del SII. Falta información CBR.
- III : Informe propiedad con antecedentes del SII e inscripción CBR.
Falta plano indicado en escritura.
- IV : Informe con antecedentes del SII – Se indica inscripción, pero no se incluye escritura y planos CBR
- V : Informe contiene información de SII y CBR completa
- VI : Informe contiene información de SII e Inscripción CBR. No incluye plano por el tipo de inscripción.

En la última categoría se encuentran las propiedades que registran nuevas inscripciones de dominio, las cuales por la normativa vigente del Conservador de Bienes Raíces (DS24/1857, actualizado 1952, artículo 78°), no requieren adjuntar y presentar un plano. Entre estas inscripciones se encuentran las de tipo: especial de herencia, permuta, compraventa (sin subdivisión predial), dominio de inmueble, cesión de derechos, reinscripción, dominio de derechos, liquidación de herencias, adjudicación, entre otras.

7.2 Proposición de Deslindes

Para cada río, se generó un informe técnico que resume las actividades y resultados obtenidos durante la consultoría. Este se acompañó del legajo de láminas (planos) que individualizan la línea georeferenciada de cada deslinde que se propone, para ambos márgenes del cauce. La línea de deslinde propuesta incluye los puntos o vértices (cada uno con sus respectivas coordenadas y cota) necesarios para su adecuada geometrización. Ambos documentos dan cumplimiento a lo requerido en el procedimiento del D.S.609/1978, en los requisitos de información que debe hacerse cargo la Dirección de Obras Hidráulicas,

La propuesta de deslindes prioriza en todos los casos el criterio geomorfológico por el tipo de cauce detectado en las caracterizaciones previas (anastomosado), puesto que en la gran mayoría de los sectores existe una amplia intervención antrópica, que deriva en que la modelación hidráulica no sea completamente representativa del comportamiento en régimen natural, inalterado del cauce.

Lo anterior es importante por el concepto de aluvión existente en la normativa, ya que las intervenciones antrópicas detectadas han cambiado el comportamiento hidráulico y mecánico fluvial, desconectando áreas donde históricamente existían escurrimientos en brazos secundarios para caudales ordinarios. Situación que en muchos casos es irreparable en el corto plazo de manera natural, generando una inestabilidad en los procesos de transporte de sedimentos para ajustar los grados de libertad existentes (ancho, alto y pendiente longitudinal).

Al usar el respaldo de la envolvente geomorfológica se asegura que dichos terrenos, que formaron, y forman actualmente la zona de escurrimiento, son y seguirán siendo parte del cauce. Cabe señalar que los resultados de las modelaciones hidráulicas se usaron para determinar el riesgo de inundación de las propiedades y zonas habitacionales, complementando en casos en que existan dudas en la definición de dicho límite.

Los planos de deslindes elaborados durante la etapa 4, con formatos especificados en las EETT-DOH, se adecuaron en el informe final, de manera tal que cumplan con lo requerido por el *"Manual de Normas de Mensura"* de Bienes Nacionales.

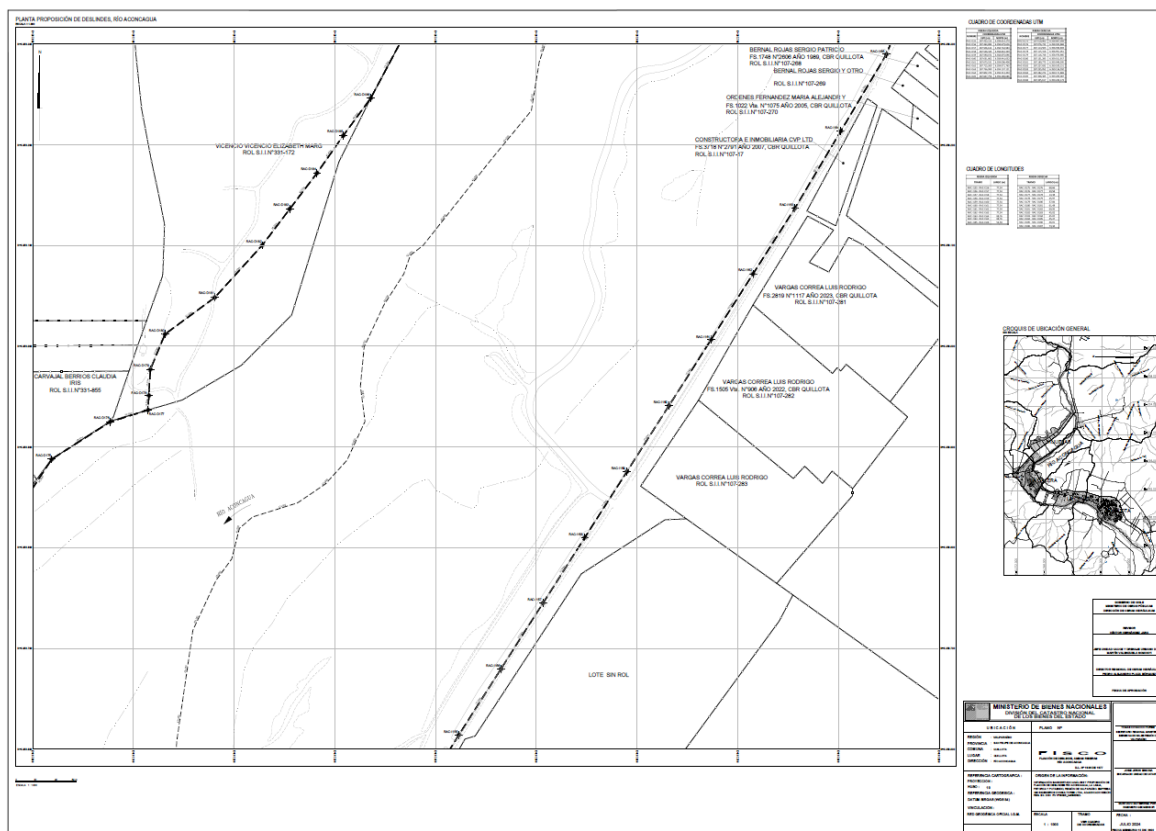
Estos se presentan en planos de planta, a escala 1:1000, incluyendo lo siguiente:

- ✓ Nombre del propietario colindante, aparente o real identificado.
- ✓ Información de propiedades ribereñas, como el número de rol SII, Inscripciones CBR y planos, en caso de existir.
- ✓ Líneas de cercos existentes al año 2022, levantadas topográficamente y deslindes con cabidas aparentes reconocidos por sistema catastral del S.I.I – CIREN.
- ✓ Identificación del curso natural, sector, comuna, provincia y límites administrativos.
- ✓ Topografía del sector, representada por curvas de nivel mayores. Al igual que obras de defensa, puentes y pasarelas.
- ✓ Línea propuesta de deslinde cauce natural.
- ✓ Cuadro con las coordenadas de los vértices que fijan los deslindes del cauce.
- ✓ Cuadro de distancia entre vértices.
- ✓ Croquis de Ubicación.

Los planos se presentan en coordenadas proyectadas UTM, con datum SIRGAS, vinculados a la red geodésica del Instituto Geográfico Militar.

En la figura siguiente se muestra un ejemplo de las láminas de deslindes elaboradas.

Figura N° 7.1: Ejemplo de lámina proposición de Deslinde. Formato MBN.



Adicionalmente, en el informe en extenso se entregan como anexos los archivos vectoriales y raster de las líneas de proposición de deslindes y otras de interés, para su manipulación en Sistemas de Información Geográfico (SIG), los que incluyeron sus respectivos metadatos para su interpretación y comprensión.

En lo que corresponde a los informes técnicos solo se incluyen las líneas de deslindes en formato vectorial (Kml), para su consulta preliminar en software Google Earth, que es de común uso y bajos requerimientos computacionales. Las mismas se agregan en anexos del presente informe igualmente.

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de la cantidad de láminas e informes que serán entregados para la aplicación del procedimiento.

Cuadro N° 7.11 Resumen cantidad de láminas e informes para entrega a Seremi MBN

Cauce	N° láminas	N° Informes Jurídicos Lotes a perfeccionar
Río Aconcagua	98	199
Río La Ligua	21	72
Río Petorca	70	280
Río Putaendo	24	76
Subtotal	213	627

En cuanto a los informes, a continuación, se presente un ejemplo para un lote determinado.

Figura N° 7.2: Ejemplo Informe Jurídico propiedad colindante afecta

PROYECTO: RIO PUTAENDO INFORME DE TITULOS	
<u>RIBERA DERECHA DEL RIO</u>	
19.- LOTE 19.	
INDIVIDUALIZACION DE LA PROPIEDAD:	
Corresponde a un inmueble ubicado en el lugar calle El Gancho número dos, Granallas, comuna de Putaendo, que tiene una superficie aproximada de dos coma noventa y cuatro hectáreas, cuyos deslindes son: AL NORESTE: camino vecinal, que lo separa de Sucesión de Juan Domingo Estay; AL SURESTE: Río Putaendo, en línea irregular separado por cerco; y AL NOROESTE: Sucesión Salinas, en línea irregular y Sucesión de Ventura López, ambos separados por cerco.	
PROPIETARIO APARENTE:	La propietaria y poseedora inscrita es CARMEN FABIOLA ESTAY OLIVARES, cédula de identidad N° 11.944.080-7.
TITULO INSCRITO: Corresponde al de fojas 133 número 134 del Registro de Propiedad del Conservador de Bienes Raíces de Putaendo del año 2010.	
PROPIETARIO SII:	ESTAY OLIVARES CARMEN FABIOLA
CERTIFICADO DE AVALUO FISCAL	240-49 PUTAENDO.
ES AFECTADO POR DESLINDE:	SI
LONGITUD DE DESLINDE CON EL RIO:	233,1 M
SUPERFICIE AFECTACIÓN DESLINDE:	7.093 m2 / 23,7 % RESPECTO DE LA
SUPERFICIE TOTAL. = 29.931 m2	
AFECTACIÓN SÓLO TERRENO:	SI
AFECTACIÓN CONSTRUCCIÓN PRODUCTIVA:	NO
AFECTACIÓN CONSTRUCCIÓN HABITACIONAL:	NO
MARIO NAVIA S. ABOGADO	
FECHA: 27.noviembre.2023	

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se presentan figuras esquemáticas del deslinde propuesto, para cada cauce en comento.

Figura N° 7.3: Definición de Deslinde río Aconcagua

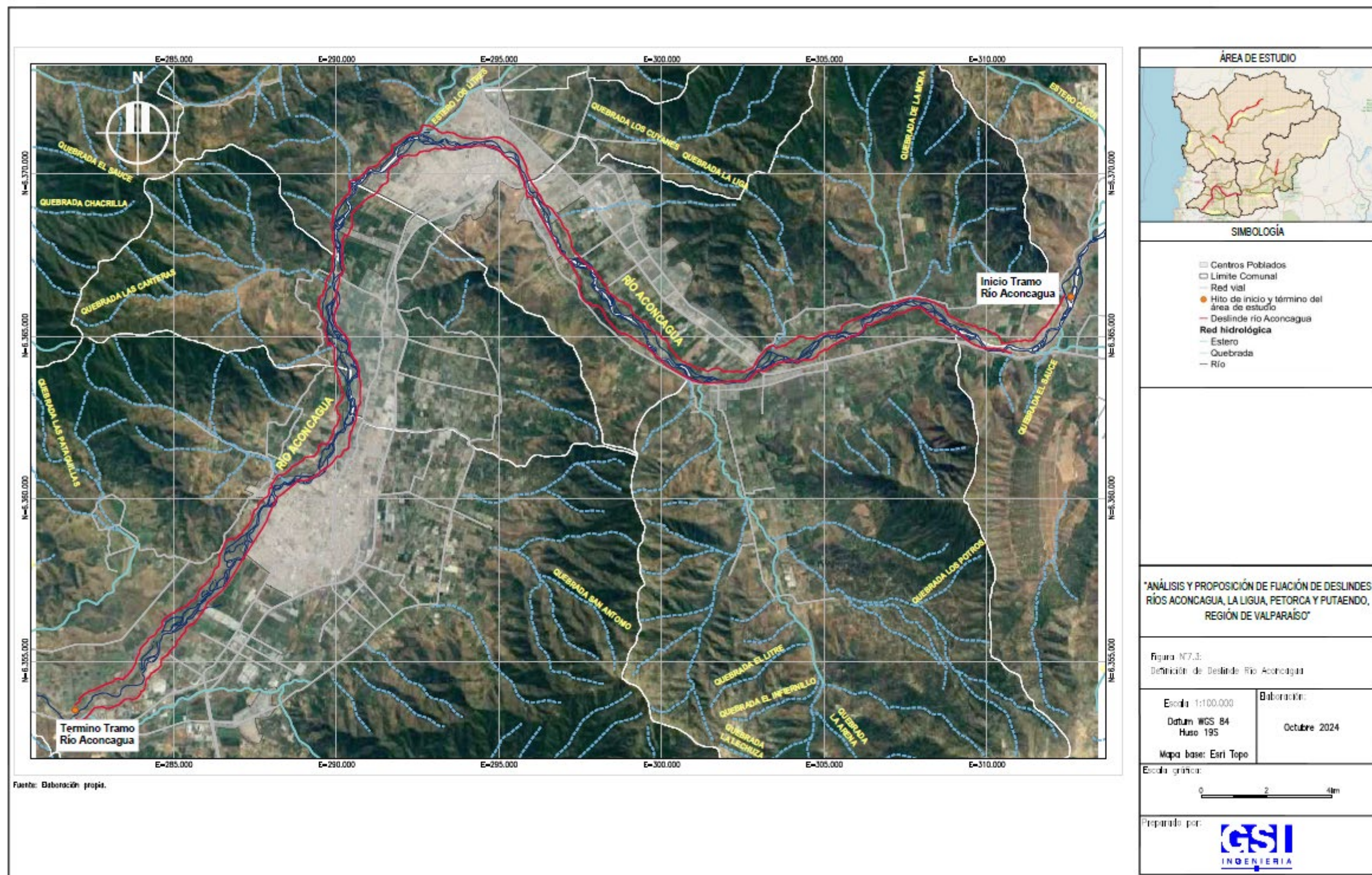


Figura N° 7.4: Definición de Deslinde río La Ligua

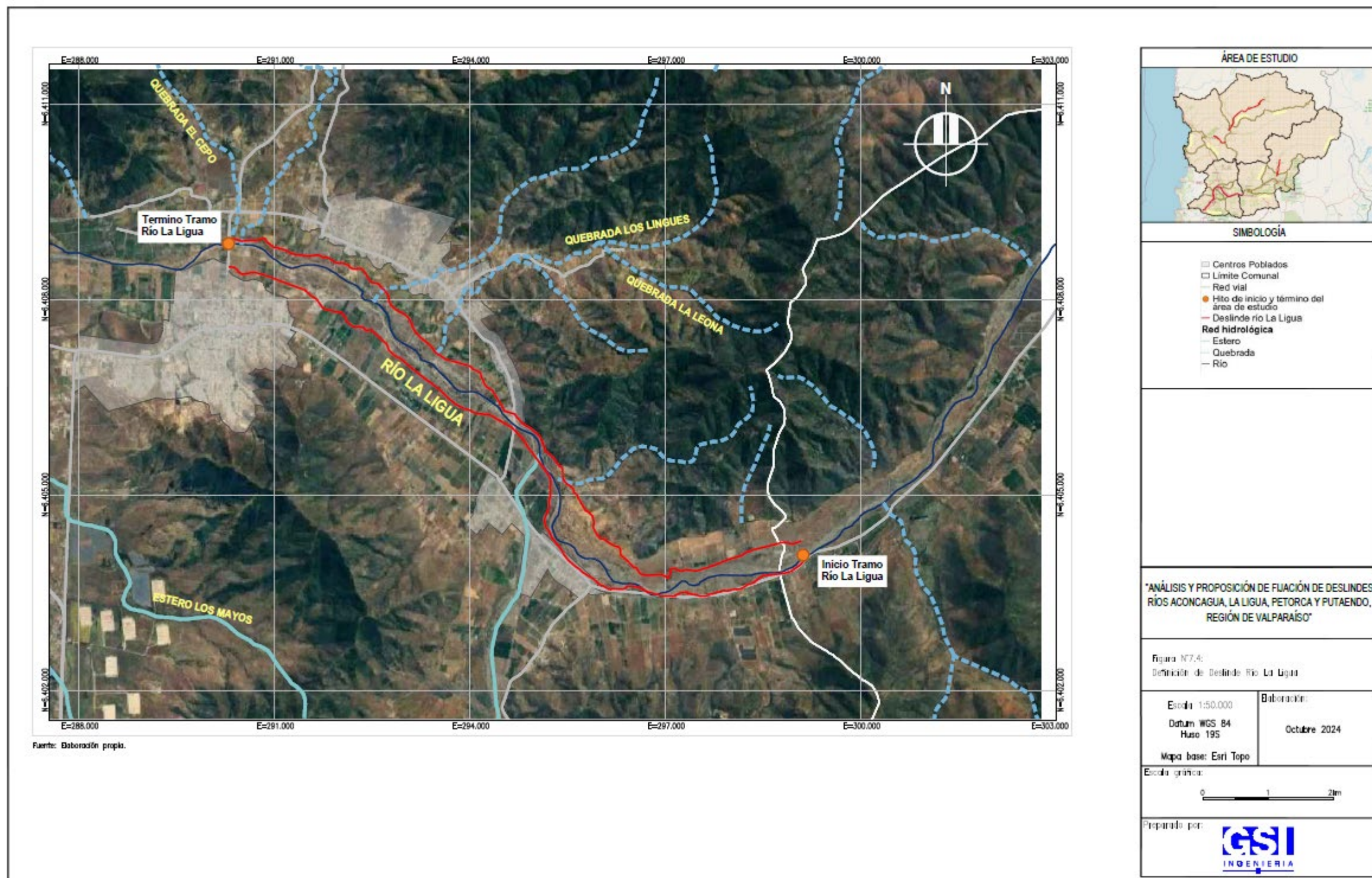


Figura N° 7.5: Definición de Deslinde río Putaendo

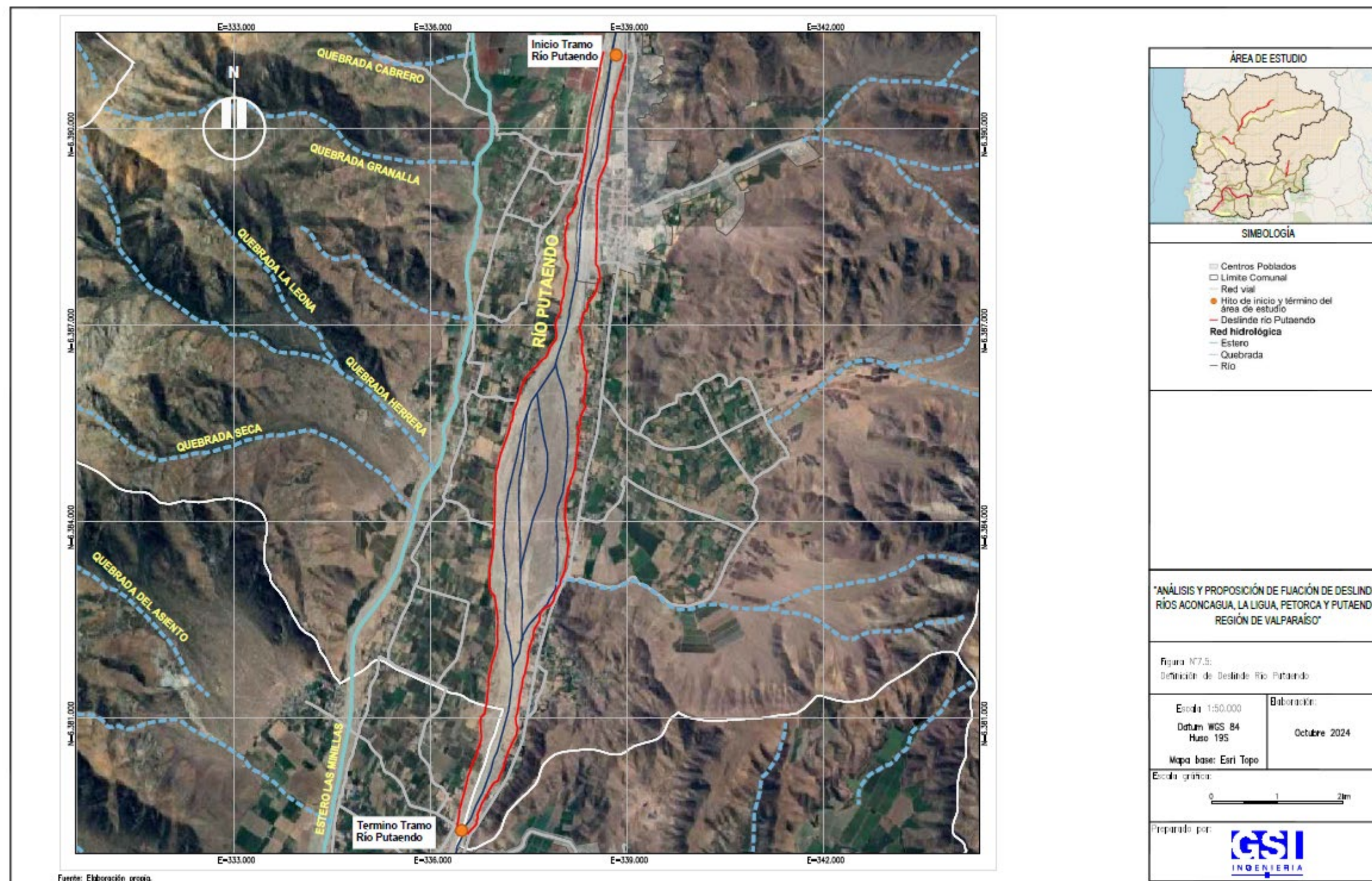
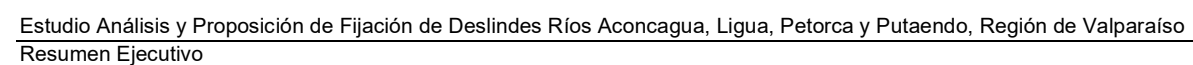


Figura N° 7.6: Definición del Deslinde río Petorca



8 PROCESO DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA

En el estudio se consideró un proceso de participación ciudadana temprana, enfocando la metodología y las herramientas para que el mismo fuera de tipo “informativo”, de manera que tanto los actores relevantes, autoridades y comunidad en general estuvieran al tanto del desarrollo de las etapas y actividades intermedias, como también sus resultados finales. Igualmente se difundió lo que vendrá en las etapas futuras, cuando la Dirección de Obras Hidráulicas remita los antecedentes indicados en la normativa al Ministerio de Bienes Nacionales, y sea dicha repartición la que aplique el procedimiento y genere los actos administrativos tendientes a la fijación del deslinde de los cauces naturales involucrados.

Proceso Participativo – Etapa 1

El proceso de participación ciudadana comenzó el 13 de septiembre de 2022, con una reunión que convocó a autoridades del Ministerio de Obras Públicas, el equipo consultor y actores clave del proyecto.

Del 17 al 23 de octubre de 2022, se realizó un reconocimiento de los cauces de los ríos. Durante esta actividad, se identificaron ocupaciones irregulares e infraestructuras no registradas dentro de las áreas de estudio, además de problemas ambientales como la acumulación de residuos en sectores del río Aconcagua.

El 27 de octubre de 2022 se celebró una reunión con autoridades provinciales y comunales de la región, que incluyó a representantes de instituciones clave y autoridades locales. Se presentaron los avances del estudio y se discutieron los plazos previstos y se comprometió a las autoridades a participar activamente en el proceso de fijación de deslindes.

Proceso Participativo – Etapa 2

La Etapa 2 del proceso participativo del estudio tuvo como objetivo principal el levantamiento de información clave a través de un catastro de organizaciones sociales y la difusión del estudio en las comunidades cercanas a los cauces de los ríos.

Se identificaron un total de 92 organizaciones, incluidas juntas de vecinos, comités de adelanto y juntas de vigilancia, lo que permitió tener una visión clara de los actores locales relevantes. Este catastro fue esencial para asegurar que las comunidades estuvieran debidamente representadas en las actividades de participación ciudadana, permitiendo que sus inquietudes y aportes fueran considerados en el desarrollo del estudio.

En cuanto a las actividades de difusión, se implementaron estrategias tanto telemáticas como presenciales. Se realizaron visitas a las propiedades ribereñas de los cuatro ríos, donde se entregó información sobre los objetivos y avances del estudio.

Proceso Participativo – Etapa 5

La etapa final del proceso participativo consistió en reuniones de cierre, donde se presentaron y discutieron los deslindes propuestos para los ríos Aconcagua, Ligua, Petorca y Putaendo. Las reuniones se realizaron en las comunas de La Calera, La Ligua, Petorca y Putaendo, y contaron con la asistencia de autoridades municipales, dirigentes de organizaciones sociales y propietarios de terrenos colindantes a los cauces. La difusión de las actividades se realizó mediante tarjetones de invitación a las autoridades,

en tanto que se informó a la comunidad mediante aviso radial y publicación en diarios locales. La presentación de la información se realizó por parte de la inspección fiscal, usando medios audiovisuales (presentaciones PowerPoint y trípticos) apoyado por equipo de la Unidad de gestión Territorial (UGAT) de la Seremi MOP y la asistencia del equipo consultor.

Las principales acciones de esta etapa incluyeron:

- **Actualización de la base de datos de actores relevantes**, permitiendo coordinar con las comunidades involucradas.
- **Selección de infraestructuras adecuadas** para las reuniones, asegurando que los lugares fueran accesibles y adecuados para los asistentes.
- **Elaboración de una minuta metodológica**, que estructuró las reuniones en tiempos definidos para exposiciones, preguntas y un taller participativo donde se abordaron las principales inquietudes de la comunidad.
- **Grabación de las actividades**, con autorización de los participantes, para asegurar un registro detallado de las intervenciones y preguntas.
- **Sistematización de indicadores**, según las guías ministeriales asociadas a la temática.

En las reuniones, se presentaron los avances del estudio, detallando los aspectos técnicos y legales de la fijación de deslindes y explicando los métodos empleados, como el uso de tecnología LIDAR, levantamientos topográficos y estudios jurídicos de propiedades. Además de explicar el procedimiento de fijación de deslindes y sus etapas respectivas.

Conclusiones

Las reuniones de Participación Ciudadana permitieron cumplir con los objetivos indicados en los términos de referencia, informando en todas las etapas a la comunidad y autoridades el desarrollo de los trabajos, cerrando con la actividad final donde se presentaron los resultados obtenidos.

Se destaca que la coordinación interinstitucional y la transparencia en la comunicación jugaron roles clave para alcanzar un proceso validado y aceptado por la comunidad, donde se realizaron cuatro actividades sin presentar oposiciones importantes, incluso en sectores que en el *“catastro de zonas de conflicto”* constaba la existencia de situaciones de posesión irregular de terrenos por tomas, como por ejemplo, el caso del río Putaendo.

Como resumen, entre los temas tratados por la comunidad en las reuniones se encuentran:

- Normativas y responsabilidades
- Impacto y afectación futura. Efecto de las nuevas delimitaciones.
- Acceso a la información y planos
- Legalidad y procedimientos
- Riesgo de inundación y uso de suelos
- Planificación urbana e infraestructura.
- Derechos de propiedad particular. Uso de la tierra y acceso al río.
- Gestión del agua y propiedad.