

ANEXO N°9

MINUTAS TÉCNICAS

MINUTA TÉCNICA PU201901-MNT-01-B

REF. : Análisis Hidráulico Desembocadura Río Itata, Comunas de Trehuaco y Coelemu, Región del Ñuble.

MAT. : Ubicación Muestras de Sedimentos

FECHA : 09.04.19

La presente Minuta tiene por objeto someter a consideración de la Inspección Fiscal de la Consultoría, para su aprobación, la ubicación de las veinticinco (25) muestras de sedimentos que se deberán realizar en esta primera etapa de la Consultoría.

Las primeras 10 muestras de sedimentos serán superficiales y se realizarán en el eje del río Itata distribuidos de la siguiente manera.



Muestra	Coordenadas	
	Norte (m)	Este (m)
SF-01	5.968.567	703.162
SF-02	5.968.738	701.975
SF-03	5.968.972	700.513
SF-04	5.969.500	699.095
SF-05	5.970.033	697.561
SF-06	5.970.740	696.420
SF-07	5.970.953	693.868
SF-08	5.970.906	691.563
SF-09	5.965.572	707.199
SF-10	5.961.731	706.570

Respecto del sector marino, en cada transecta mostrada en la figura de abajo se tomarán muestras superficiales en 3 puntos definidos como: zona seca, zona intermareal y zona sumergida. Dichos puntos son referenciales y dependerá de las condiciones de marea y oleaje en el momento de los trabajos.



En general, tanto las muestras en el sector del río como las del mar están sujetas a variaciones dependiendo de las condiciones del nivel del mar, de oleaje y magnitud de las corrientes y profundidades del río.

CCM/JGM

MINUTA TÉCNICA PU201901-MNT-02-B

REF.	:	Análisis Hidráulico Desembocadura Río Itata, Comunas de Trehuaco y Coelemu, Región del Ñuble.
MAT.	:	Descripción Alternativas para Etapa 2
FECHA	:	05.07.19
ELABORÓ	:	GRTL/LAMM/JGM/HVB/

1. Generalidades

La presente Minuta tiene por objeto proporcionar a la Inspección Fiscal (IF) la descripción resumida de las alternativas que se desarrollarán en la siguiente etapa del proyecto.

2. Variables a considerar

En lo que sigue se describen, en términos generales, las variables e información relevante que se estima será necesario tener en cuenta para el análisis de las alternativas a desarrollar.

i) Topo-batimetría de la desembocadura

Se cuenta con un levantamiento topo-batimétrico de los últimos 12 Km del río Itata, hasta la desembocadura en el océano Pacífico, con perfiles cada 250 m.

Además se cuenta con un levantamiento LIDAR del sector de la desembocadura, que permite obtener, con mejor detalle, la superficie topobatimétrica de la zona de llegada del río al mar, sector donde se forma la barrera y donde ocurren las inundaciones que se pretende evitar.

Con esta información será factible realizar un modelo hidráulico del sector de la desembocadura, que permita detallar cómo reacciona este sector ante la ocurrencia de una crecida del río y la presencia de una barrera, para orientar el establecimiento del protocolo de apertura de la barrera.

Sin duda que este es un antecedente esencial a considerar, ya que permitirá cuantificar el comportamiento de la desembocadura en distintas situaciones, en cuanto a las condiciones de la poza (nivel de agua existente y altura de la barrera), como al evento de crecida que se espera.

Del mismo modo, permitirá identificar las zonas en que se produce el rebase hacia los sectores de protección y, eventualmente, proponer las obras de protección de ribera que se requieran.

ii) Nivel de marea

El nivel de marea constituye también una variable a considerar, teniendo en cuenta que habrá periodos en que las variaciones de marea serán máximas (en sicigias) o mínimas (en cuadratura). Dependiendo de estos eventos y su eventual simultaneidad con la crecida pronosticada, el riesgo de inundación podría ser mayor o menor respectivamente.

Cabe señalar que el nivel de marea es un fenómeno cíclico, cuyos valores máximos (pleamares) y mínimos (bajamares), están predichos por el SHOA para el año completo, en la Tabla de Mareas de cada año. En consecuencia, constituye una variable conocida, previsible y de fácil obtención.

Podría haber correlación entre el tiempo de conformación de la barrera y el clima mareal imperante, y en el nivel de agua en la poza.

iii) Clima oceánico

La ocurrencia o pronóstico de una marejada, evento que normalmente es advertido por el SHOA, pudiera ser también un detonante de la necesidad de abrir la barrera, o de mantenerla abierta. Lo anterior se refuerza si se considera que un evento de marejada viene generalmente asociado a mal tiempo, con lluvias.

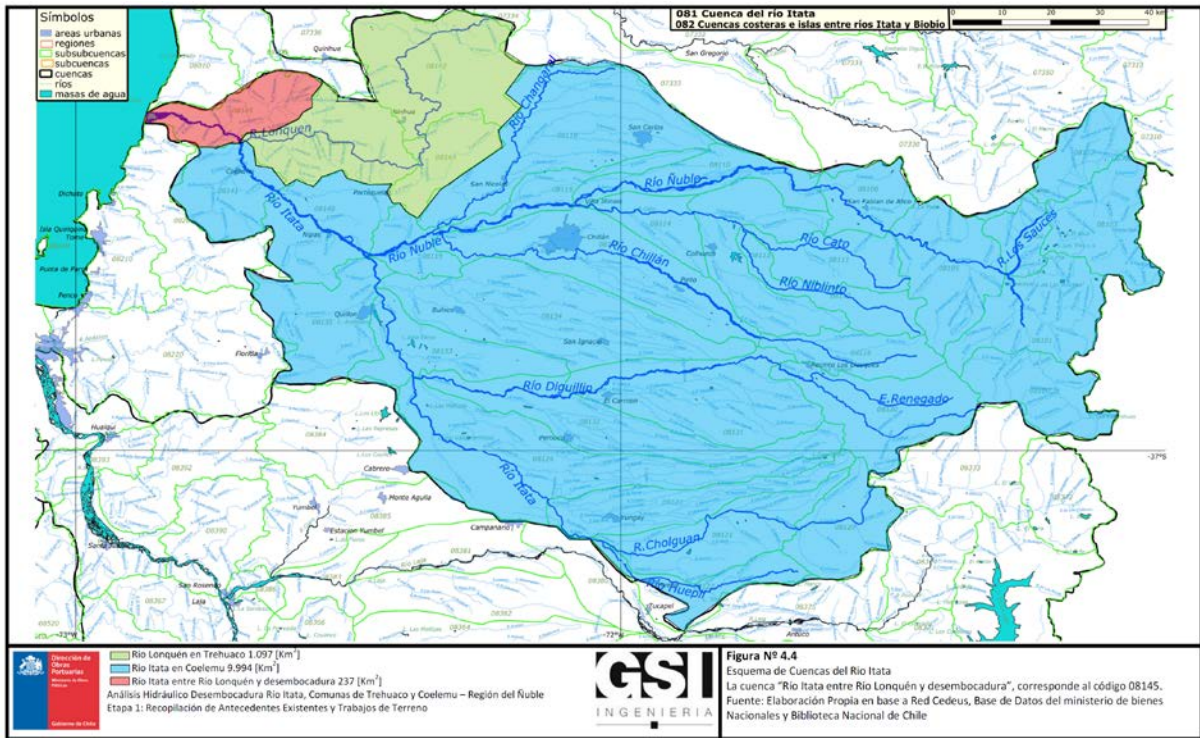
Este evento incide además en la conformación de la barrera, específicamente en el tiempo de formación y en su tamaño.

iv) Pronóstico del tiempo (Precipitación)

El pronóstico de precipitaciones es un dato fácil de obtener, ya sea mediante el informe del tiempo de la TV, o a través de alguna página de internet como Meteochile o Accuweather. Cabe señalar, sin embargo, cuanto menor sea la capacidad de reacción que se disponga para la apertura de la barrera, mayor deberá ser la antelación con la cual se pueda pronosticar el evento de lluvia. En consecuencia, si la capacidad de reacción para abrir la barrera es de no menos de 7 días, por ejemplo, este parámetro podría ser irrelevante.

v) Estadísticas Pluviográficas y Fluviométricas.

Las estadísticas de precipitaciones y de caudales del río no son predictivas. Sin embargo, sería útil correlacionarlas considerando que se ocupará el pronóstico de lluvias para prevenir un fenómeno hidráulico (caudal de crecida). En consecuencia, se hará una correlación entre las estadísticas de lluvia y la escorrentía medida en las estaciones de aforo o fluviométricas del Río Lonquén en Trehuaco y del Río Itata en Coelemu, que en conjunto representan aproximadamente un 98% del área aportante en la desembocadura. Lo anterior se puede apreciar en la siguiente figura.



Mediante la correlación **Precipitación-Escorrentía** se podrá asociar la precipitación pronosticada con el caudal esperado, lo que permitirá afinar el protocolo.

vi) Nivel de agua en la poza-desembocadura.

El nivel de agua en la poza que se forma en la desembocadura es también un parámetro relevante: a mayor nivel de agua en dicha poza, mayor será el riesgo de inundación y viceversa. Además, este es un parámetro de fácil medida, por ejemplo mediante una o más regletas, a ubicar en un sector de fácil acceso, por el lado norte y/o por el lado sur de la desembocadura.

Análogamente a lo señalado en el punto iv), el nivel crítico de agua en la poza, que motive la apertura de la barrera, dependerá de la capacidad de reacción que se disponga para hacer la apertura de la barrera. Se analizará la relación entre el nivel de agua inicial, el caudal afluente esperado y el nivel máximo de aguas en la poza, también esperado. Este nivel máximo alcanzado dependerá la capacidad de amortiguación de la poza.

En consecuencia, se modelará el comportamiento hidráulico del río en desembocadura, para cuantificar este efecto y, en base a los resultados obtenidos, afinar el protocolo a seguir.

vii) Altura de la barrera en desembocadura.

Evidentemente que la altura de la barrera en la desembocadura constituye un factor a tener en cuenta al momento de establecer un protocolo de apertura de la misma. Se relacionará esta variable con las variables señaladas en los puntos precedentes. Eventualmente, podría aparecer un nivel de la barrera que, independientemente de los eventos de precipitación

esperados o del nivel de agua en la poza, constituya un factor de riesgo tal que detone la apertura inmediata de la barrera.

viii) Análisis del comportamiento de la barra con fotografías aéreas

Un antecedente interesante de analizar es el comportamiento de la barrera a través de la revisión de fotografías aéreas. Con ello será posible definir dónde se rompe la barrera con mayor frecuencia, y eventualmente definir dicha zona para la apertura de la barrera, o bien mantenerla como fusible natural.

ix) Estudio Sedimentológico

Considerando que la barrera se forma por acumulación de sedimentos, es necesario caracterizar el fenómeno de transporte de sedimentos, por sus implicancias en el protocolo a seguir o en el diseño de una obra costera.

x) Tamaño de la apertura de la barrera

El tamaño de la apertura a generar es también un factor importante de considerar, pues permite optimizar los recursos (Horas de excavación). Para ello se considera definir, mediante un modelo hidráulico, el tamaño óptimo de apertura de barrera que permita la evacuación del caudal de crecida esperado. Cabe señalar que, las características del flujo a evacuar (en cuanto a su valor máximo así como a su curva de evolución en el tiempo), más el tamaño de la apertura, incidirán en el nivel máximo de agua que se producirá en la poza.

En resumen, conociendo la reacción del río en la desembocadura ante distintos eventos de precipitación, ante distintos niveles de agua en la poza, ante distintos tamaños de la barrera, y para distintos tiempos de reacción disponible, se podrá establecer un protocolo de apertura de la barrera y eventualmente, recomendar la compra o arriendo de una máquina excavadora con dedicación exclusiva para estas faenas en el período crítico (verano-otoño), lo que reduciría el tiempo de reacción y aumentaría la seguridad de los vecinos.

Lo anterior requerirá la instalación de sistemas de medida o control, que pueden variar entre simples regletas de control visual, hasta sistemas más sofisticados con alarmas; y/o de sistemas de aviso vinculados, por ejemplo a las estaciones de aforo del río y/o a estaciones pluviométricas.

3. Alternativas a analizar

Se plantea el desarrollo de tres alternativas, las cuales surgen a partir de los requerimientos de la ciudadanía planteados en la primera actividad de participación ciudadana; a partir de lo solicitado por la DOP en los TDR; y a partir de las reuniones de trabajo entre la DOP y GSI.

Las alternativas a analizar son las siguientes:

- **Alternativa 1 – Protocolo de Apertura de la Barra**
- **Alternativa 2 – Defensa Ribereña lado Norte**
- **Alternativa 3 – Obra Costera**

En lo que sigue se describe, en términos generales, las tareas a desarrollar en cada una de ellas.

3.1. Alternativa 1 – Protocolo de Apertura de la Barra

Se propone como primera alternativa, el desarrollo de un protocolo de apertura de la barra.

De acuerdo con antecedentes preliminares, los eventos de inundación se producen principalmente en época de verano y otoño, debido a la presencia de la barra que se forma en la desembocadura del río.

El protocolo buscará reducir al mínimo posible, con costos razonables, el riesgo de inundación de las zonas a proteger, a saber: el sector Boca de Itata (lado ribera norte) y el sector Vegas de Itata (lado ribera sur).

Para ello se considera desarrollar las siguientes tareas:

- 1) Recopilación de antecedentes, tales como: estadísticas fluviométricas; estadísticas pluviométricas; pronóstico de mareas, clima oceánico, estudios similares en otros ríos de Chile.
- 2) Estudio Hidrológico: Con base en los antecedentes recopilados, se hará un análisis estadístico de las precipitaciones máximas mensuales, y de las crecidas máximas mensuales del río Itata en desembocadura. Con este análisis será posible correlacionar la lluvia pronosticada con el caudal de crecida esperado, y precisar el protocolo en consecuencia.
 - 1) Estudio del clima oceánico: Tiene que ver con los eventos de marea y oleaje, ambos factores incidentes en la conformación de la barrera.
 - 2) Análisis del comportamiento de la barra con fotografías aéreas: permite identificar dónde se rompe la barrera con mayor frecuencia, y eventualmente definir dicha zona para la apertura de la misma, o bien mantenerla como fusible natural.
 - 3) Estudio Sedimentológico: Considerando que la barrera se forma por acumulación de sedimentos, es necesario caracterizar el fenómeno de transporte de sedimentos, por sus implicancias en el protocolo a seguir. Para ello se contempla utilizar el modelo Mike 21.
- 3) Definición de escenarios: Se definirán diferentes escenarios, que conjuguen diferentes variables que inciden en el evento de inundación de las zonas a proteger, tales como: altura de agua en la desembocadura, nivel de marea, clima oceánico, nivel de precipitaciones, altura de la barrera.
- 4) Modelaciones: Para cada escenario se hará una modelación que permita definir el comportamiento del nivel de agua en la desembocadura, variable que tiene directa relación con las eventuales inundaciones que se pretende prevenir, y asociar dicho comportamiento con los eventos climáticos correspondientes. Para ello se contempla utilizar el software HEC-RAS.
- 5) Definición del protocolo: A partir de los análisis efectuados, se elaborará un protocolo de abertura de la barrera en la desembocadura del río, considerando variables como altura de agua en la desembocadura, altura de la barrera, pronóstico de precipitaciones, clima oceánico y pronóstico del tiempo.

3.2. Alternativa 2 – Defensa Ribereña lado Norte

Como una segunda alternativa, los vecinos de Boca de Itata (ribera del lado norte), proponen la construcción de una obra de defensa fluvial que evite la inundación y/o erosión de los predios de esa ribera, que aparentemente están a menor cota que los del lado sur. Como alternativa de materialidad, por ejemplo, está el proteger esta ribera con enrocado, o mediante otro tipo de obra de defensa fluvial adecuada a los niveles de crecida esperados, y en general compatible con el comportamiento hidráulico del río en la desembocadura.

A partir de los análisis hidráulicos efectuados para la alternativa 1, se dispondrá de suficiente información para definir esta obra a nivel de ingeniería conceptual, que permita dimensionarla y costearla.

Cabe señalar que, por su parte, los vecinos de Vegas de Itata (ribera sur de la desembocadura) manifestaron expresamente que no quieren obras en su sector.

Por lo anterior, esta alternativa de proteger la ribera norte con enrocados no soluciona los problemas de inundación de ambos sectores y por ende, se estima que se deberá complementar esta alternativa con un protocolo de apertura de la barra.

Para ello se considera desarrollar las siguientes tareas:

- 1) Recopilación de antecedentes: los mismos antecedentes recopilados para el desarrollo de la alternativa 1.
- 2) Hidrología: Ídem alternativa 1.
- 3) Estudio de clima oceánico: Ídem alternativa 1.
- 4) Análisis del comportamiento de la barra con fotografías aéreas: ídem alternativa 1.
- 5) Estudio Sedimentológico: ídem alternativa 1.
- 6) Definición de escenarios: corresponden los mismos escenarios de la alternativa 1, considerando que la altura de las defensas ribereñas a proyectar responden al mismo fenómeno de crecida del río.
- 7) Modelaciones: Las mismas modelaciones consideradas para la alternativa 1.
- 8) Definición de obras del lado norte: Con base en las modelaciones desarrolladas, será posible establecer los niveles máximos de agua que se alcanzarán en los sectores norte y sur de la desembocadura, y definir las obras de protección requeridas en consecuencia, como por ejemplo enrocados, muros o pretilos de protección.
- 9) Definición de protocolo: Como sólo se proyectarán obras de protección por el lado norte de la desembocadura, igualmente será necesario establecer un protocolo de apertura de la barrera en este caso. Eventualmente, debido a este protocolo, las obras de protección del lado norte podrían disminuirse.

3.3. Alternativa 3 – Obra Costera

En función de lo expresado en los TdR, se analizará también una alternativa de obra costera, consistente en un dique, una rada, o similar, que impida la formación de la barrera, al menos en una sección suficiente para permitir la evacuación de la crecida sin que se produzcan inundaciones.

Es muy probable que, dado los costos asociados a obras de este tipo, esta opción no resulte económicamente viable. Sin embargo, su análisis podrá dar luces de cuál sería la mejor opción, ya sea con una obra de este mismo tipo, o bien confirmar la conveniencia de una alternativa distinta, como las alternativas N°1 y/o N°2.

Para alcanzar el objetivo de esta alternativa, se estima necesaria la ejecución de las siguientes tareas:

- 1) Recopilación de antecedentes (ídem Alternativa 1)
- 2) Hidrología (ídem Alternativa 1)
- 3) Análisis del comportamiento de la barra con fotografías aéreas. Con este antecedente será posible definir dónde se rompe la barrera con mayor frecuencia, y eventualmente proponer allí una obra de protección costera, o bien mantener esa zona como fusible natural.
- 4) Clima oceánico (Mareas y Oleaje) (ídem Alternativa 1)
- 5) Estudio Sedimentológico: Este aspecto es fundamental para el diseño de la obra costera, de modo que sea eficaz y se asegure que no se embanque con el tiempo.
- 6) Definición de escenarios. Aquellos asociados al clima oceánico.
- 7) Modelaciones Numéricas para situación actual y con obra (con modelo Mike 21)
 - a. Análisis del transporte longitudinal y transversal de sedimentos
 - b. Modelaciones Hidrodinámicas (corrientes) situación actual
 - c. Modelaciones Hidrodinámicas (corrientes) con obra
 - d. Modelaciones del Transporte de Sedimentos (2D) situación actual
 - e. Modelaciones del Transporte de Sedimentos (2D) con obra
- 8) Propuestas de solución: las propuestas de solución, en este caso, consistirán en obras costeras como las señaladas precedentemente.

GRTL/LAMM/JGM/HVB