

MAT.: Presenta Programa de Cumplimiento Refundido
ANT.: RES. EX. N° 2 / ROL D-287-2024, de 24 de abril de
2025, de la Superintendencia del Medio Ambiente
(SMA).

REF.: Expediente Sancionatorio ROL D-287-2024

ADJ.: Programa de Cumplimiento Refundido y anexos

Concepción, 16 de Junio de 2025.

Daniel Garcés Paredes
Jefatura de la División de Sanción y Cumplimiento
Superintendencia del Medio Ambiente

Presente

Raúl Bahamondes Soto, en representación de DITONER y CIA Ltda., ambos domiciliados para estos efectos en camino a Patagual Km 7,8, sector El Maitén, comuna de Coronel, región del Biobío, en procedimiento sancionatorio ROL D-287-2024 del proyecto denominado “Extracción y Procesamiento de áridos Patagual”, al fiscal instructor de la Superintendencia del Medio Ambiente (“SMA”) respetuosamente digo:

Que, por este acto, y de conformidad a lo señalado en la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente (“LOSMA”), vengo, dentro de plazo, a presentar un Programa de Cumplimiento Refundido en respuesta a observaciones realizadas en RES. EX. N° 2 / ROL D-287-2024, de 24 de abril de 2025.

El titular considera una inversión total de aproximadamente \$170.000.000 en un periodo máximo de 3 años.

En mérito de lo anterior y de los antecedentes que se acompañan, solicito a usted tener por presentado dentro de plazo el programa de cumplimiento refundido, aprobarlo, y, en consecuencia, suspender el procedimiento sancionatorio en curso seguido contra la empresa DITONER y CIA Ltda.

Saluda atentamente a usted,



Raúl Bahamondes Soto
Representante legal

RESUMEN DE OBRAS MANEJO DE AGUAS LLUVIAS CANTERA DITONER					
ITEM	PARTIDA	UNIDAD	CANT	P. U.	
A MOVIMIENTO DE TIERRAS					
I EXCAVACIONES					
1.1 Excavación en roca		m ³	142	\$ 45,066	
1.2 Retiro y transporte de excedentes.		m ³	142	\$ 10,350	
B CONFECCIÓN CANALES CORONAMIENTO					
I RECUBRIMIENTO CANALES					
1.3 Hormigón G-20		m ³	44	\$ 85,577	
1.4 Armadura malla acma C-139		m ²	349	\$ 2,053	
C SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE BAJADAS MEDIA CAÑA D=500mm					
I BAJADAS MEDIA CAÑA					
1.6 Bajadas media caña D=500mm		m	167	\$ 34,472	
D OBRAS CANAL DE CONDUCCIÓN BASE					
I EXCAVACIONES					
1.7 Excavación en roca		m ³	30	\$ 45,066	
1.8 Retiro y transporte de excedentes.		m ³	30	\$ 10,350	
II RECUBRIMIENTO CANAL					
1.9 Hormigón G-20		m ³	6	\$ 85,577	
2.0 Armadura malla acma C-139		m ²	45	\$ 2,053	
E OBRAS SEDIMENTADOR					
I EXCAVACIONES					
2.1 Excavaciones en roca		m ³	597	\$ 45,066	
2.2 Retiro y transporte de excedentes.		m ³	597	\$ 10,350	
II HORMIGÓN					
2.3 Hormigón G-10		m ³	25	\$ 79,900	
2.4 Hormigón G-30		m ³	131	\$ 108,000	
2.5 Impermeabilización Sikaflex Sikalastic 1-K		saco	150	\$ 60,000	
2.6 Refuerzo Sikaflex Sikalastic 50 Fleece		saco	4	\$ 650,000	
III ARMADURA DE ACERO					
2.7 Acero A36-42H ø8-10-12		kg	11500	\$ 2,000	
IV MANO DE OBRA		gl	1	\$ 5,000,000	
SUBTOTAL OBRAS					
G.G					20%
U.U					15%
IVA					19%
TOTAL					

TOTAL	
\$ 6,397,511	
\$ 1,469,273	
\$ 3,737,969	
\$ 717,394	
\$ 5,754,756	
\$ 1,366,203	
\$ 313,766	
\$ 494,156	
\$ 91,875	
\$ 26,904,402	
\$ 6,178,950	
\$ 1,997,500	
\$ 14,148,000	
\$ 9,000,000	
\$ 2,600,000	
\$ 23,000,000	
\$ 5,000,000	
\$109,171,754	
\$ 21,834,351	
\$ 16,375,763	
\$ 20,742,633	
\$168,124,501	

PERFILES TRANSVERSALES

ESC: H: 1/1000
V: 1/1000

Punto de Ref.: DITONER-01-25-C-DW-0003 REVISIÓN: B

A

B

C

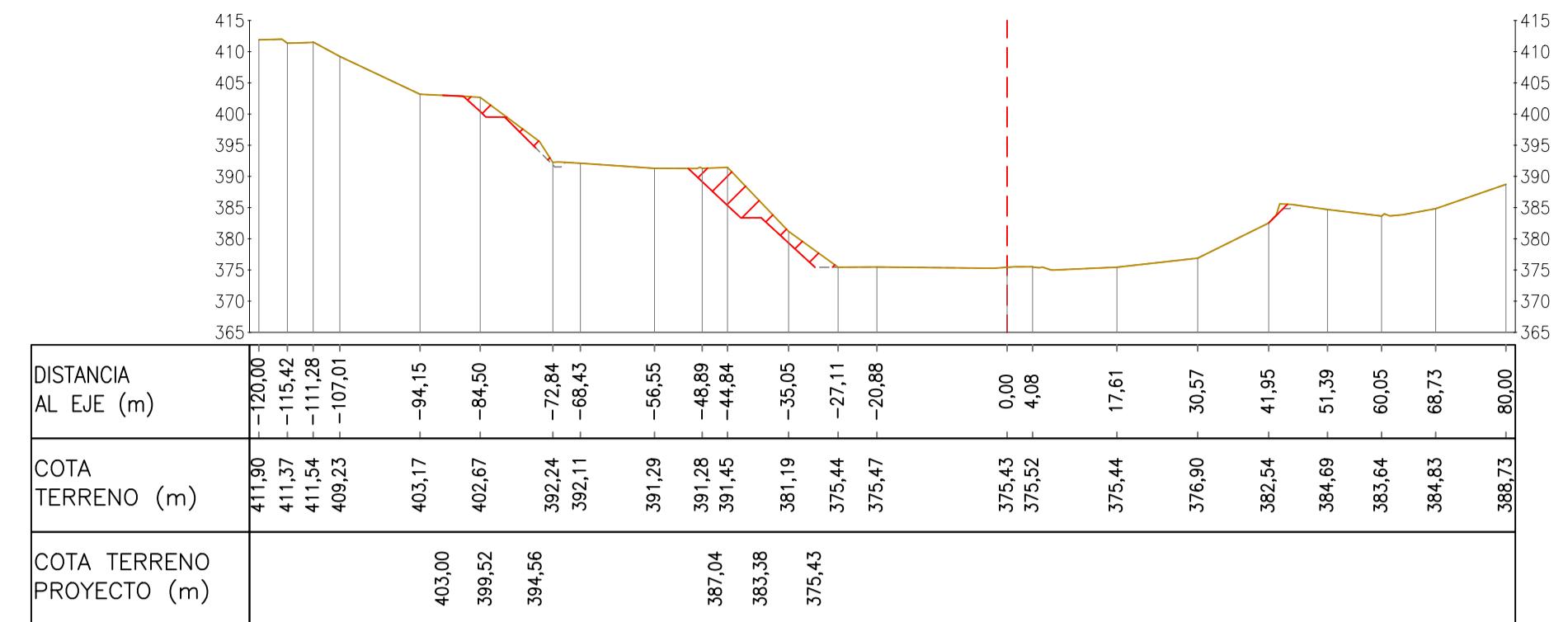
D

E

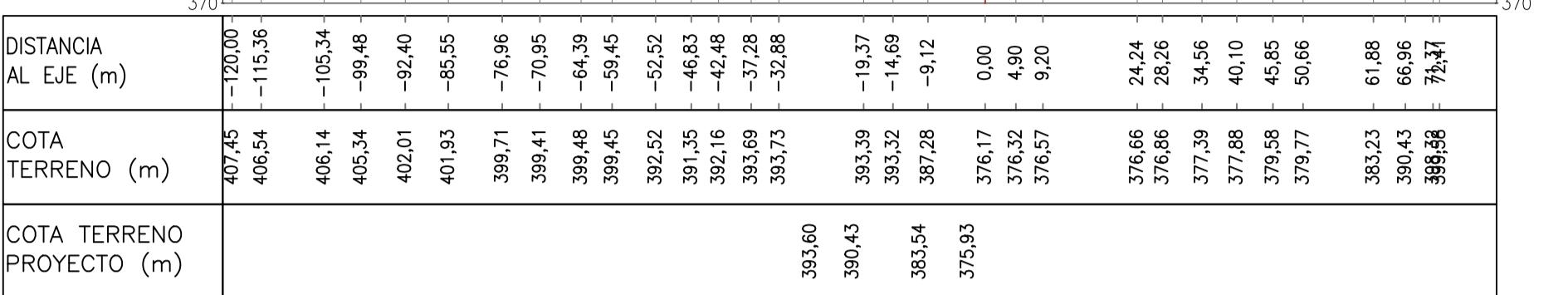
F

G

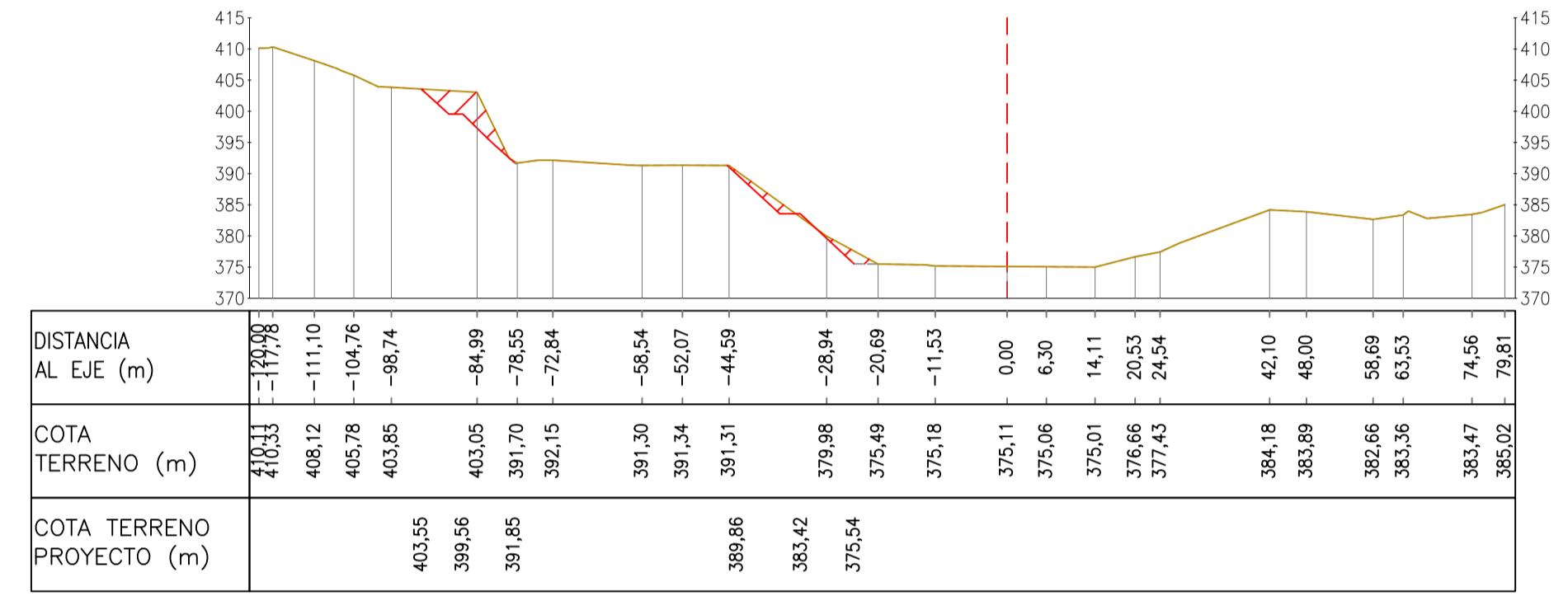
P.K. 0+195



P.K. 0+255



P.K. 0+210



**INFORME TÉCNICO
ESTABILIDAD DE TALUDES CANTERA PATAGUAL
COMUNA DE CORONEL**

**MEMORIA DE VERIFICACIÓN DE CÁLCULO PARA LA
ESTABILIDAD DE TALUDES**

Para



MAYO 2025



CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	4
2	OBJETIVOS	6
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	6
2.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	6
3	ANTECEDENTES DEL SUELO Y GEOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO	7
3.1	GEOLOGÍA	8
4	CRITERIOS DE DISEÑO.....	8
4.1	MARCO TEÓRICO.....	8
4.2	FACTOR DE SEGURIDAD	9
4.3	TIPOS DE ROTURA	9
4.3.1	Rotura Planar.....	9
4.3.2	Rotura en Cuña.....	12
4.3.3	Rotura por vuelco	14
5	MÉTODO DE FELLENIUS (DOVELAS)	15
5.1	PROCEDIMIENTO.....	16
5.2	Análisis Estático de Estabilidad de Taludes	16
6	CONDICIONES GENERALES	17
6.1	DESCRIPCIÓN DE LA PROPIEDADES MECÁNICAS	17
6.2	DESCRIPCIÓN DE LA PROPIEDADES MECÁNICAS	18
6.3	MODELO ESTABILIDAD EN SLIDE	19
6.4	TIPO DE ANÁLISIS	21
6.4.1	Análisis en Condición Estática	21
6.4.2	Análisis en Condición Sísmica.....	21
7	RESULTADO DE ESTABILIDAD DE TALUDES.....	22
7.1	ANALYSIS 1 – CONDICIÓN ESTÁTICA.....	22
7.2	ANALYSIS 2 – CONDICIÓN SÍSMICA	24
8	CONCLUSIONES	26



INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa ubicación del proyecto.....	4
Figura 2: Esquemas considerados para el uso de los ábacos Hoek y Bray (1977)	10
Figura 3: Ilustración de una rotura por cuña	12
Figura 4: Ilustración de una rotura por cuña	13
Figura 5: Identificación de bloques con riesgo de deslizamiento y vuelco: (a) Geometría del bloque sobre un plano inclinado; (b) Condiciones para el deslizamiento y el vuelco del bloque sobre un plano inclinado.....	14
Figura 6: Fuerzas que actúan sobre una dovela en el método de dovelas de Fellenius. Fuente: Fellenius W., 1936.....	15
Figura 7: Taludes de diseño para la cantera Patagual. Fuente: Declaración de Impacto Ambiental	18
Figura 8: Talud en terreno. Fuente: Elaboración propia.....	19
Figura 9: Talud de diseño. Fuente: Elaboración propia	20
Figura 10: Talud de terreno condición estática. Fuente: Elaboración propia.....	22
Figura 11: Talud de diseño condición estática. Fuente: Elaboración propia	23
Figura 12: Talud de terreno condición sísmica. Fuente: Elaboración propia	24
Figura 13: Talud de diseño condición sísmica. Fuente: Elaboración propia	25

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación y propiedades geotécnicas	17
Tabla 2: Promedio de propiedades geotécnicas	18
Tabla 3: Propiedades geotécnicas horizonte 1	20

1 INTRODUCCIÓN

El presente informe entrega los antecedentes técnicos que requiere la empresa Ditoner y Cía Ltda. (en adelante “el titular”) para responder a compromisos establecidos en Programa De Cumplimiento (en adelante “PDC”) presentado el 14 de enero del 2025, el titular desea responder a los cargos formulados por la Superintendencia del Medio Ambiente (en adelante “SMA”) en la Resolución Exenta N° 1 / ROL D287-2024.

El proyecto asociado al PDC corresponde al “Aumento de Extracción de Áridos, Cantera Patagual”, el cual contempla realizar un incremento de áridos extraídos y procesados en la comuna de Coronel de la Región del Biobío. El proyecto se encuentra en el sector del Patagual de la comuna de Coronel en la provincia de Concepción como se puede observar en la figura 1 presentado en la Declaración de Impacto Ambiental (DIA).

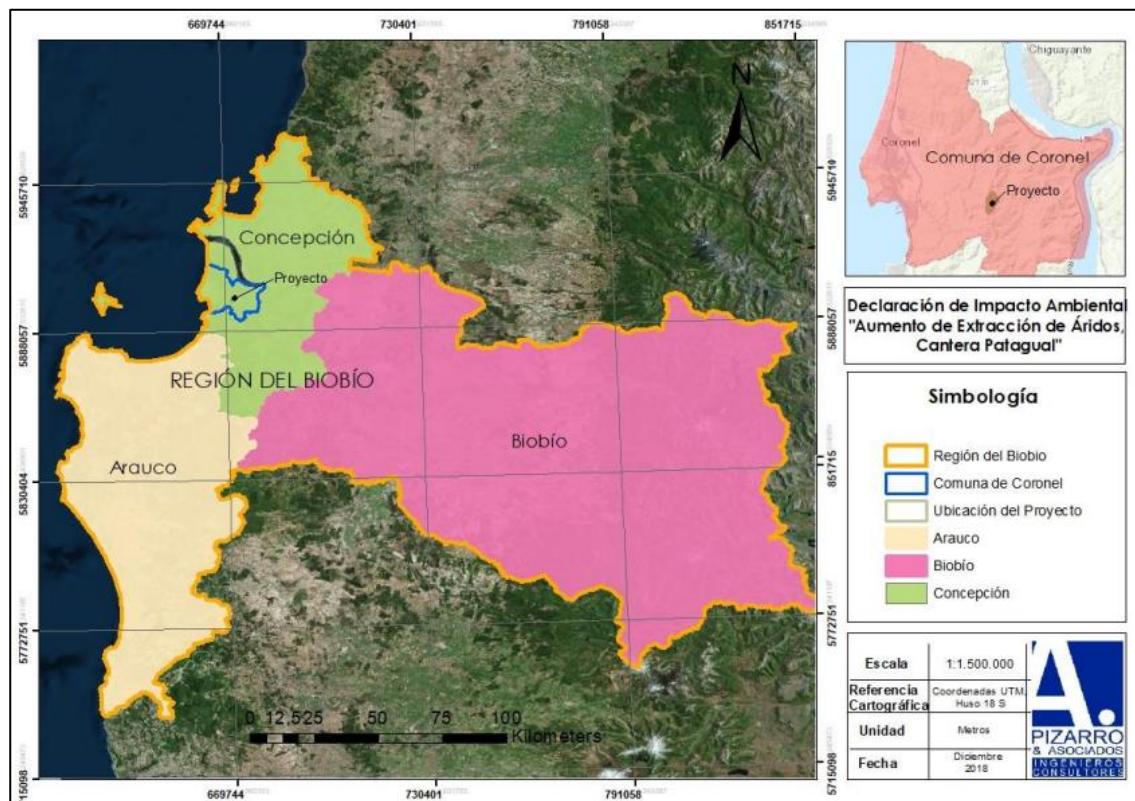


Figura 1: Mapa ubicación del proyecto

Fuente: Declaración de Impacto Ambiental



En el marco del proceso sancionatorio que se lleva a cabo por la Superintendencia del Medio Ambiente (en adelante “SMA”), el contenido del documento corresponde a la información necesaria para responder al hecho constitutivo de infracción N°1 señalado en Resolución Exenta N° 1 / ROL D-287-2024 (en adelante “RES. EX. N° 1 / ROL D-287-2024”), del 9 de diciembre del 2024. La infracción se define de la siguiente forma:

“No respetar el diseño técnico de la cuña de extracción a través de avances escalonados de los taludes, lo que se constata en:

- 1- No mantiene relación H:V=1:1 (45°);**
- 2- Se construyeron con una profundidad de excavación de más de 8 metros.”**

Debido a lo anterior se realizó un análisis de estabilidad de taludes para determinar el estado actual de las zonas explotadas y las medidas necesarias para cumplir con los diseños aprobados por la Resolución de Calificación Ambiental N°181 calificado favorablemente el 6 de septiembre del 2019 (en adelante “RCA N°181/2019”).



2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Se buscar dar respuesta a lo estipulado en RES. EX. N° 1 / ROL D-287-2024 del proyecto calificado favorablemente a través de RCA N°181/2019 respecto a la estabilidad de los taludes proyectados en el macizo rocoso correspondiente a la zona de extracción de áridos de la Cantera Patagual.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Los objetivos específicos a continuación se han realizado para lograr completar el objetivo general:

- Caracterizar el macizo rocoso con sus propiedades mecánicas apoyado por estudios y ensayos realizados sobre el material obtenido de la obra.
- Realizar un análisis de las propiedades geotécnicas del material en la zona y también caracterizar la cantera con la información geológica correspondiente al suelo de la cantera.
- Con la información recopilada se puede realizar una verificación a los taludes existentes para una condición estática y dinámica, luego se verificará la estabilidad de los taludes proyectados.



3 ANTECEDENTES DEL SUELO Y GEOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO

El área del proyecto se emplaza dentro de la denominada Zona Mediterránea Árida, una franja geográfica que se extiende entre las regiones de Valparaíso y Biobío, según lo señalado por Luzio (2010) en su obra Suelos de Chile. Esta zona se caracteriza por condiciones climáticas particulares y una configuración geológica definida por la presencia prominente de la Cordillera de la Costa.

Este sistema montañoso presenta un ancho variable entre 40 y 60 km, alcanzando cotas máximas de hasta 2.000 metros sobre el nivel del mar. La cordillera está formada, en parte, por el Basamento Cristalino del Precámbrico, cuya presencia aflora en algunos sectores del relieve. A lo largo de su extensión, es atravesada por grandes ríos provenientes de la Cordillera de los Andes que fluyen hacia el océano Pacífico, aunque sin generar sistemas deltaicos en sus desembocaduras.

Los suelos se ubican en lomajes y terrazas de probable origen marino o aluvial, con pendientes predominantemente planas entre 0% y 3%, aunque algunas fases pueden alcanzar entre 5% y 8%, aunque en zonas de cerros estas pueden superar el 30%, incluso alcanzando gradientes mayores al 50%. Estos suelos se originan a partir de material parental de naturaleza metamórfica, con distintos niveles de alteración, pero donde aún es posible reconocer su estructura esquistosa en los horizontes más profundos del perfil.

En lo específico, los suelos presentes en el área del proyecto corresponden principalmente a la asociación Constitución, clasificados dentro de la familia fina, mixta e isomésica de los Typic Rhodoxeralfs (Alfisoles). Se trata de suelos profundos, formados a partir de pizarras (filitas), que evidencian un buen grado de evolución. Presentan textura franco arcillo arenosa en la superficie y arcillo limosa en profundidad, con una coloración que varía desde el pardo rojizo oscuro en las capas superiores hasta tonalidades más rojas hacia el subsuelo.

Estos suelos se distribuyen preferentemente en las zonas más elevadas y en las laderas occidentales de la Cordillera de la Costa. Gracias a su favorable estructura, textura y adecuada porosidad y permeabilidad, no presentan signos visibles de erosión hídrica, lo que los convierte en terrenos altamente aptos para el establecimiento de plantaciones forestales.



3.1 GEOLOGÍA

El proyecto se inserta en una zona bajo el código “Pz4b”, denominación realizada por Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). Caracterizado por contener suelos de la era Paleozoico donde predominan principalmente

Las rocas metamórficas que se distribuyen en la región más occidental del área, como una franja prácticamente continua de dirección general NNE-SSW, corresponden según Aguirre et al. (1972) a la serie oriental, compuesta principalmente por esquistos filitas, gneises y metareniscas, cuyo grado de metamorfismo varía entre las facies esquistos verdes y granulita (alto gradiente presión/temperatura), y se caracterizan por la aparición sucesiva, de poniente a oriente, de bítitas, andalucitas y sillimanitas según el grado creciente de metamorfismo.

4 CRITERIOS DE DISEÑO

4.1 MARCO TEÓRICO

Se considera que un talud es un macizo de roca o suelo que posee una pendiente o un deferencial de altura en una determinada longitud. Se realiza una verificación de su estabilidad con el fin de evaluar la seguridad de masas de suelo o roca que conforman pendientes naturales o excavadas. Su análisis permite predecir el riesgo de deslizamientos y adoptar medidas de diseño o mitigación que garanticen la integridad de las obras y la seguridad de las personas.

Algunas definiciones relevantes que sustentan este análisis son:

- Talud: Superficie inclinada del terreno, natural o artificial, que puede ser estable o inestable según las condiciones mecánicas del suelo y la pendiente.
- Factor de Seguridad (FS): Relación entre las fuerzas resistentes y las fuerzas desestabilizadoras. Un FS mayor que 1 indica estabilidad, mientras que un valor menor a 1 sugiere falla potencial.
- Falla por deslizamiento: Movimiento de masas de suelo o roca a lo largo de una superficie de ruptura, influenciado por la pendiente, el tipo de material, la presencia de agua y las cargas aplicadas.
- Equilibrio límite: Método que evalúa la estabilidad del talud considerando el equilibrio de fuerzas o momentos, sin necesidad de conocer deformaciones.
- Permeabilidad y presión de poros: Propiedades del suelo que afectan la presencia de agua y su efecto desestabilizador sobre el talud.



4.2 FACTOR DE SEGURIDAD

El Factor de Seguridad en suelo, representa la relación entre las fuerzas que tienden a mantener el talud estable (fuerzas resistentes) y aquellas que favorecen su deslizamiento o falla (fuerzas desestabilizadoras).

Factores que influyen en el FS:

- Ángulo de inclinación del talud
- Tipo de suelo o roca
- Cohesión y fricción interna del material
- Presencia de agua (presión de poros)
- Carga sobre el talud (peso propio o estructuras cercanas)

Se expresa mediante la siguiente fórmula general:

$$FS = \frac{\text{Fuerzas Resistentes}}{\text{Fuerzas Desestabilizadoras}}$$

Un valor de $FS > 1$ indica que el talud es estable, ya que las fuerzas resistentes superan a las desestabilizadoras. Por el contrario, si $FS \leq 1$, existe un riesgo de falla o deslizamiento, ya que el sistema no tiene capacidad suficiente para resistir las solicitudes.

4.3 TIPOS DE ROTURA

Los sismos pueden inducir deslizamientos en taludes de suelo o roca al superar la resistencia de corte de superficies de debilidad. Estas roturas ocurren cuando masas de suelo o roca se desplazan respecto al sustrato, ya sea en forma translacional, sobre planos definidos, o en forma rotacional, en materiales más blandos o alterados (Sepúlveda Barraza, 2011).

4.3.1 Rotura Planar

La rotura planar ocurre cuando el deslizamiento se produce a lo largo de una única superficie plana, comúnmente una fractura preexistente en la roca. Es la forma más simple de rotura, aunque poco frecuente, ya que requiere condiciones geométricas específicas. El plano de falla debe ser casi paralelo al talud, con un ángulo menor a 20° . Además, los bordes laterales de la masa deslizante no deben ofrecer resistencia significativa. Bajo estas condiciones, el análisis se realiza como un problema bidimensional simplificado.

El análisis de la rotura planar considera que el cálculo del Factor de Seguridad se realiza directamente como el cociente entre las fuerzas que favorecen el deslizamiento y aquellas que lo resisten, proyectadas todas en la dirección del plano de falla. Este enfoque asume, de manera implícita, que dichas condiciones se mantienen constantes a lo largo de toda la superficie de rotura, aunque en la práctica esta suposición no siempre es completamente válida.

Hoek y Bray (1977) elaboraron ábacos que facilitan el cálculo del factor de seguridad y se presentan a continuación 2 esquemas para los casos que determinaron.

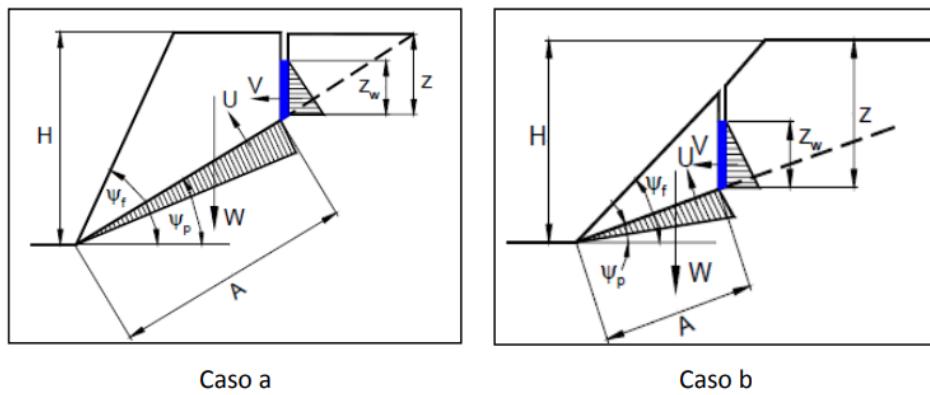


Figura 2: Esquemas considerados para el uso de los ábacos Hoek y Bray (1977)

Fuente: Sepúlveda Barraza, 2011

Para aplicar los ábacos de Hoek y Bray (1977) en el análisis de rotura planar, se consideran las siguientes simplificaciones:

- La superficie sobre el talud es horizontal.
- Existe una grieta vertical de tracción en la parte superior del talud, total o parcialmente llena de agua.
- Las presiones intersticiales tienen distribución triangular, alcanzando su valor máximo en la intersección entre la base del talud y la grieta de tracción.

Asumiendo lo anterior el factor de seguridad se calcula de la siguiente forma:

$$FS = \frac{c'A + [W \cdot \cos\psi_p - U - V \cdot \sin(\psi_p + \delta)] \cdot \tan\phi'}{W \cdot \sin\psi_p + V \cdot \cos(\psi_p + \delta)}$$



Donde:

$$A = \frac{H - z}{\operatorname{sen} \psi_p} \quad U = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot z_w \cdot \frac{H - z}{\operatorname{sen} \psi_p} \quad V = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot z_w^2$$

$$W = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \left[\frac{1 - \left(\frac{z}{H}\right)^2}{\tan \psi_p} - \frac{1}{\tan \psi_t} \right] \quad (\text{Caso a})$$

$$W = \frac{1}{2} \cdot \frac{\gamma \cdot H^2 \left(1 - \left(\frac{z}{H}\right)^2\right)^2 \left(\frac{\tan \psi_t}{\tan \psi_p} - 1\right)}{\tan \psi_p} \quad (\text{Caso b})$$

- H: Altura del talud
- Z: Altura de la grieta de tracción
- Zw: Altura del agua en la grieta de tracción.
- C' y φ' : Parámetros de resistencia del terreno en términos de tensiones efectivas.
- W: Peso del terreno sobre la falla
- A: Área de la superficie de deslizamiento (supuesta de ancho unidad)
- ψ_p : Ángulo que forma el plano de deslizamiento con la horizontal.
- ψ_f : Ángulo del talud con la horizontal
- U: Empuje hidrostático en el plano de falla.
- V: Empuje hidrostático en la grieta de tracción.

4.3.2 Rotura en Cuña

La rotura por cuña ocurre cuando el deslizamiento se produce la intersección oblicua entre dos discontinuidades respecto al talud. Este tipo de falla es común en macizos rocosos con familias de diaclasas bien orientadas. El plano de deslizamiento corresponde a la línea de intersección entre ambas discontinuidades, y su inclinación debe ser menor que la del talud. Su análisis requiere un enfoque tridimensional más complejo que en la rotura planar.

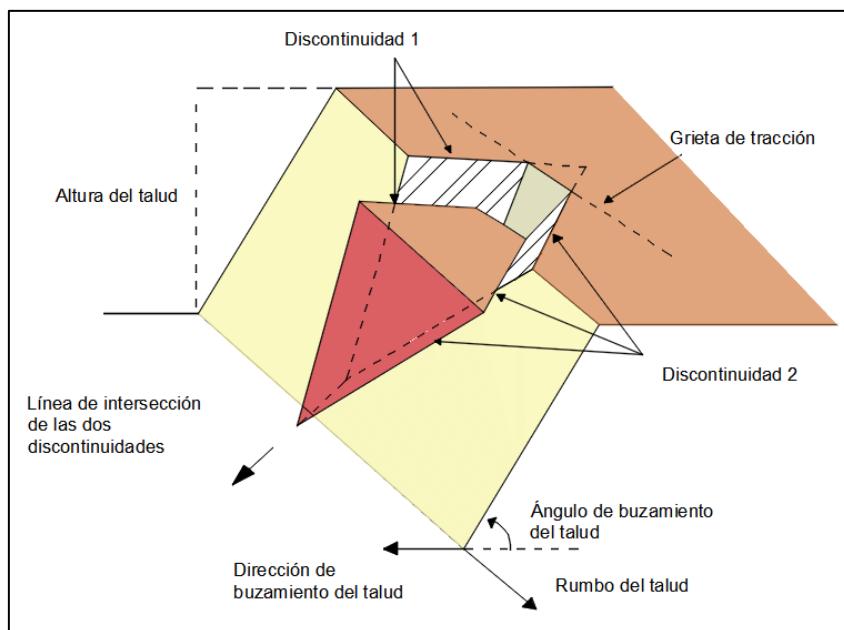


Figura 3: Ilustración de una rotura por cuña

Fuente: Morante Carballo, Carrión Mero, Chávez, Aguilar & Briones, 2019

El cálculo del factor de seguridad en casos de rotura por cuña resulta más complejo que en roturas planares, ya que requiere un análisis en tres dimensiones, a diferencia del enfoque bidimensional aplicado en la rotura plana. Para este tipo de evaluación se emplea la metodología desarrollada por Hoek y Bray.

El cálculo del Factor de Seguridad en este tipo de rotura es:

$$FS = \frac{3}{\gamma * H} (C_A * X) + \left(A - \frac{(\gamma * w)}{2 * \gamma} * X \right) * \tan \varphi_A + \left(B - \frac{(\gamma * w)}{2 * \gamma} * Y \right) * \tan \varphi_B$$

Donde:

$$X = \frac{\sin\theta_{24}}{\sin\theta_{45}\cos\theta_{2na}} \quad Y = \frac{\sin\theta_{13}}{\sin\theta_{35}\cos\theta_{1nb}}$$

$$A = \frac{\cos\psi_a - \cos\psi_b * \cos\theta_{na.nb}}{\sin\psi_5 * \sin^2\theta_{na.nb}} \quad B = \frac{\cos\psi_b - \cos\psi_a * \cos\theta_{na.nb}}{\sin\psi_5 * \sin^2\theta_{na.nb}}$$

- H: Altura total de la cuña
- C' y φ' : Parámetros de resistencia del terreno en términos de tensiones efectivas.
- γ : Peso específico de la roca
- γ_w : Peso específico del agua
- X,Y,A,B: Factores adimensionales que representan la geometría de la cuña
- ψ_a, ψ_b : Buzamiento de los planos A y B
- ψ_5 : Inclinación recta de intersección (5)
- θ_{ij} : ángulo que forman las rectas de intersección.

Los parámetros anteriores mencionan los planos que se encuentran en terreno interactuando entre si durante esta falla, para ello se tiene: la intersección del plano A con el frente del talud, la intersección del plano B con el frente del talud, la intersección del plano A con la superficie superior del talud, la intersección del plano B con dicha superficie y, finalmente, la intersección entre los planos A y B.

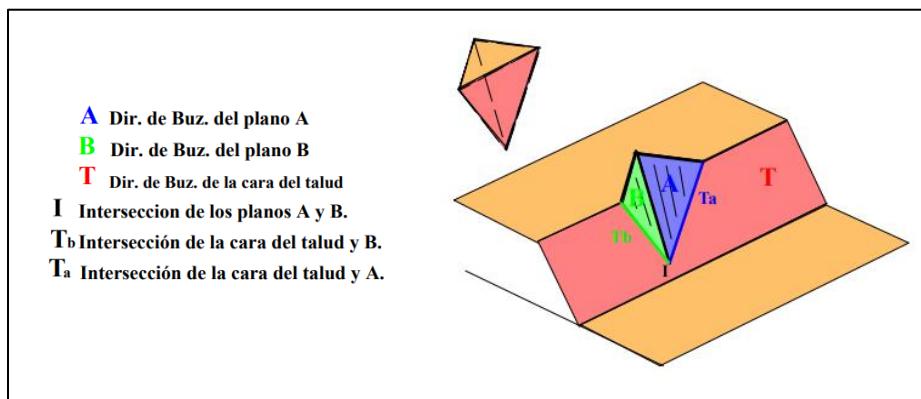


Figura 4: Ilustración de una rotura por cuña

Fuente: Alejano, Arzúa & Veiga, s.f., Universidad de Vigo

4.3.3 Rotura por vuelco

Este es un fenómeno que es complejo y está en constante evolución, condicionados por múltiples parámetros que dificultan la obtención de análisis precisos y confiables. En los casos típicos de rotura por vuelco intervienen numerosas discontinuidades, cuya variabilidad inherente obliga a interpretar los resultados de manera especialmente conservadora.

Su análisis se basa en Métodos de Equilibrio Límite (Goodman y equivalentes) basados en la transmisión de fuerzas entre bloques y Métodos Numéricos de Elementos Discretos.

La figura 5 presenta un bloque de roca que está sometido a una rotación donde gobiernan las fuerzas de gravedad y otras externas. En este caso, el concepto de Factor de Seguridad no es aplicable.

Se tiene que:

- φ = Ángulo de fricción
- ψ_p = Ángulo de talud
- Condición de deslizamiento $\psi_b > \varphi$
- Condición de vuelco $\tan \psi_b > t/h$
- $\psi_p < \varphi$, entonces no existe deslizamiento
- $\tan \psi_p < t/h$, entonces No Existe vuelco
- $\tan \psi_p > t/h$, entonces Existe vuelco

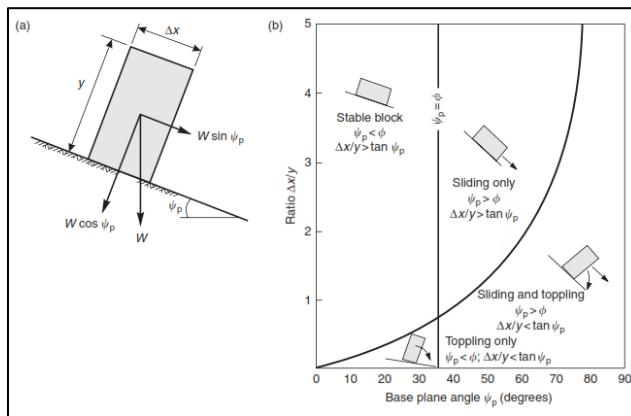


Figura 5: Identificación de bloques con riesgo de deslizamiento y vuelco: (a) Geometría del bloque sobre un plano inclinado; (b) Condiciones para el deslizamiento y el vuelco del bloque sobre un plano inclinado.

Fuente: Wyllie y Mah, 2004

5 MÉTODO DE FELLENIUS (DOVELAS)

Se puede obtener el factor de seguridad (FS) de un talud utilizando un método conocido por Fellenius, también se le conoce por el método de las dovelas. Para usar esta metodología se debe tener en cuenta diferentes parámetros, desarrollados y determinados en su ecuación:

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^n [c'L_i + (W_i \cos \alpha_i - u_i L_i) \tan \phi']}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i + \frac{1}{2} \gamma_w z^2 \left(\frac{a}{R} \right)}$$

Fuente. (Fellenius W., 1936)

Este método requiere dividir el talud en un número determinado de dovelas, con el objetivo de calcular las fuerzas actuantes y resultantes en cada área. Según el enfoque propuesto por Fellenius (1927), posteriormente se deben establecer los momentos y determinar el factor de seguridad a partir de los parámetros correspondientes.

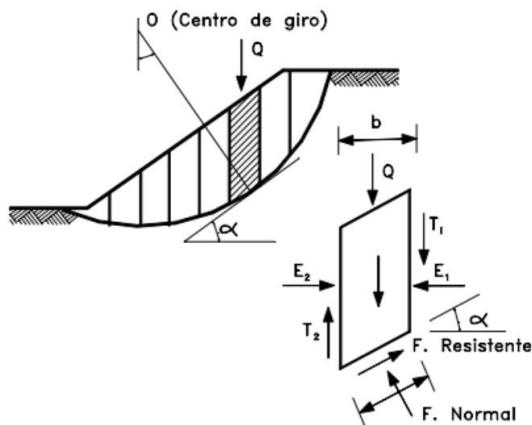


Figura 6: Fuerzas que actúan sobre una dovela en el método de dovelas de Fellenius.

Fuente: Fellenius W., 1936



Para utilizar este método se requiere información que corresponde a:

- Geometría del talud
- Estratificación de suelos
- Parámetros del material relacionados a la teoría de rotura
 - Ángulo de fricción interna
 - Cohesión).

Donde:

- α_i = Ángulo del radio del círculo de falla con la vertical bajo el centroide en cada tajada.
- W_i = Peso total de cada tajada.
- u_i = Presión de poros = $\gamma_w * h_w$
- L_i = Ancho de la tajada.
- C', ϕ' = Parámetros de resistencia del suelo.

5.1 PROCEDIMIENTO

Para la modelación y obtención del factor de seguridad frente al tipo de falla en los taludes involucrados en el proyecto, se realizó el siguiente procedimiento:

- Se definió la geometría, tanto la altura como la longitud del talud. La geometría se carga al software Slide y se asignan los parámetros geotécnicos a las diferentes fases o estratos del macizo rocoso, el cual utiliza una modelación pseudoestática del problema, permitiendo utilizar diferentes metodologías para el cálculo de la estabilidad.
- Una vez definida la geometría y con la información geotécnica, se realiza la modelación para establecer el Factor de Seguridad frente al tipo de rotura.

5.2 Análisis Estático de Estabilidad de Taludes

El análisis de estabilidad de taludes en condiciones estáticas se realiza considerando una superficie de rotura y aplicando la Teoría del Equilibrio Límite, la cual permite calcular el equilibrio de fuerzas y/o momentos de la masa deslizante. A partir de este enfoque, se determina el factor de seguridad (F.S.) del talud evaluado.



En cuanto a su interpretación, la normativa chilena no establece un valor cuantitativo específico como criterio de aceptabilidad del F.S. Por ello, se recurre a valores comúnmente aceptados por la práctica profesional, siendo suficiente que el F.S. sea mayor a 1 para considerar el talud estable.

6 CONDICIONES GENERALES

Se requiere realizar el cálculo de estabilidad de taludes estableciendo un escenario que sea acorde a las condiciones del terreno, para esto se debe contar con las características geométricas, geológicas y geotécnicas de los materiales, las cuales se especifican a continuación:

6.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROPIEDADES MECÁNICAS

El cliente cuenta con datos obtenidos desde una prospección a través de calicatas del sector, los ensayos indican que existe una estratigrafía compuesta por dos estratos principales, denominados en el proyecto de extracción como “escarpe” y “material útil o aprovechable”. Desde el punto de vista geotécnico, el primer estrato corresponde a una grava bien graduada y una grava arcillosa de tonalidades café-rojizas, con bajos niveles de humedad. El segundo estrato está constituido por una roca meteorizada, foliada y con alta presencia de diaclasas, presentando un RQD estimado inferior al 30%. Debido a estas condiciones, y para fines de modelación numérica, este segundo estrato fue tratado como un material granular.

A continuación, se presenta la información geotécnica correspondiente a cada uno de los estratos identificados:

Tabla 1: Clasificación y propiedades geotécnicas

Propiedad	HORIZONTE 1	HORIZONTE 2
Intervalo	0 [m] a -1 [m]	-1 [m] a rasante proyecto
Clasificación USCS	GW y GP-GC	GW-GS
γ [T/m ³]	1,9	2,2
γ_{sat} [T/m ³]	2	2,2
Ángulo de fricción	25	35
Cohesión [kg/cm ²]	0,2	1
Cohesión [kPa]	20	100

Fuente: Antecedentes prospecciones titular realizadas en cantera de similares características

A continuación, se presenta las propiedades mecánicas como un promedio de ambos horizontes:

Tabla 2: Promedio de propiedades geotécnicas

Propiedad	PROMEDIO
$\gamma [T/m^3]$	2,05
$\gamma_{sat} [T/m^3]$	2,1
Ángulo de fricción	30
Cohesión [kg/cm^2]	0,6
Cohesión [kPa]	60

Fuente: Antecedentes prospecciones titular realizadas en cantera de similares características

6.2 DESCRIPCIÓN DE LA PROPIEDADES MECÁNICAS

El proyecto “Aumento de Extracción de Áridos Cantera Patagual” pretende obtener los áridos desde cantera por medio de la construcción de taludes de altura total variable compuestos por terrazas de 8 metros de altura y talud 1:1 (H:V).

Se obtiene información topográfica de las zonas intervenidas observando que existen taludes de similares condiciones, pero no exactamente con los taludes que se requieren cumplir para asegurar la estabilidad e integridad del terreno, lo cual puede ser un riesgo para los trabajadores.

El talud objetivo de la obra es el que se presenta a continuación:

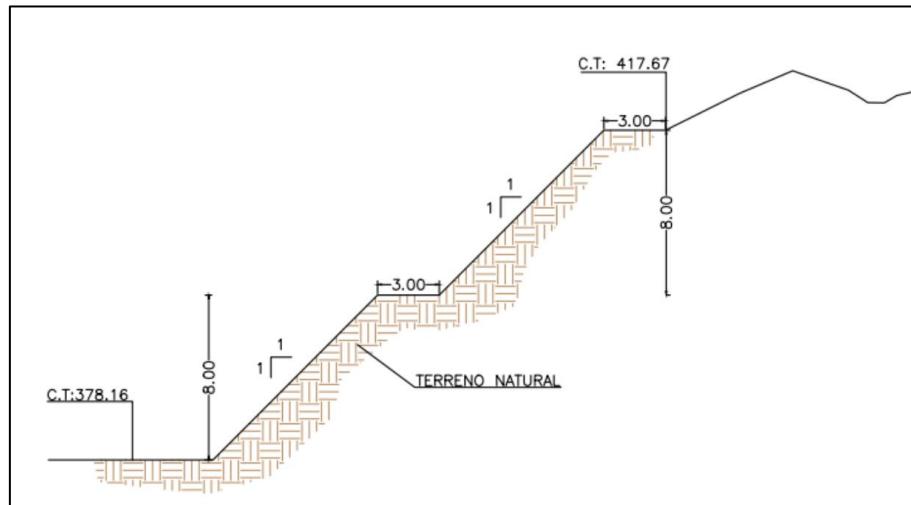


Figura 7: Taludes de diseño para la cantera Patagual.
Fuente: Declaración de Impacto Ambiental

6.3 MODELO ESTABILIDAD EN SLIDE

Para el análisis se elaboran 2 modelos simultáneamente para verificar condiciones actuales en terreno y la condición de diseño para el proyecto.

Para el primero modelo, y apoyado con la información topográfica, se observa un talud con una pendiente similar a la que se requiere diseñar, pero posee 15 m de altura, lo cual es casi el doble de la altura que se desea lograr. Este talud posee una pendiente de 0,8:1 (H:V) y se presenta el diseño en el software slide a continuación:

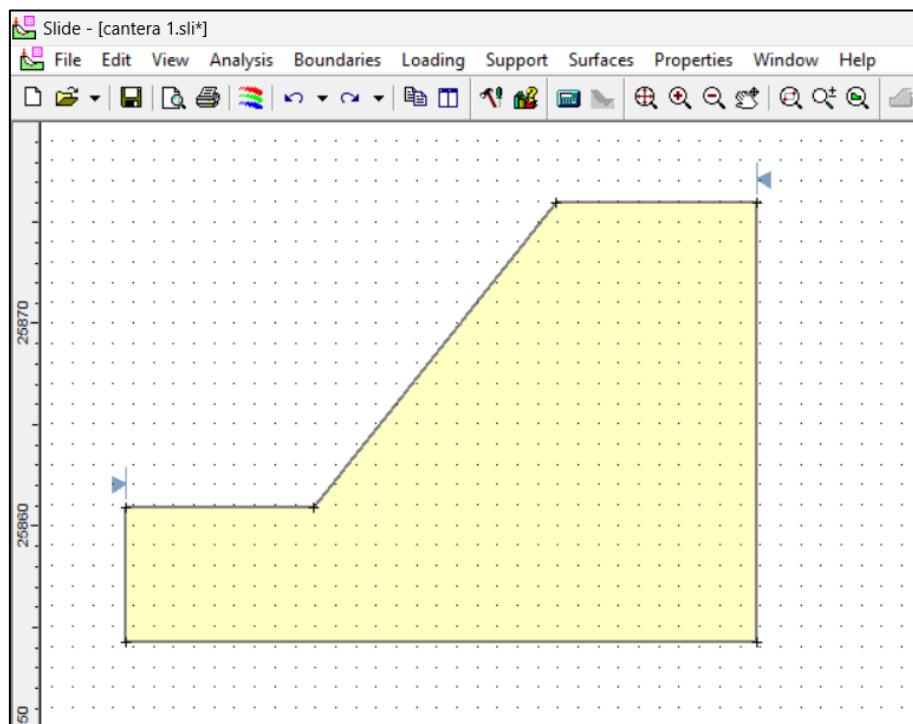


Figura 8: Talud en terreno.
Fuente: Elaboración propia

Para el segundo modelo se utiliza el talud de diseño para el proyecto, con una pendiente de 1:1 (H:V) y una altura de 8 m.

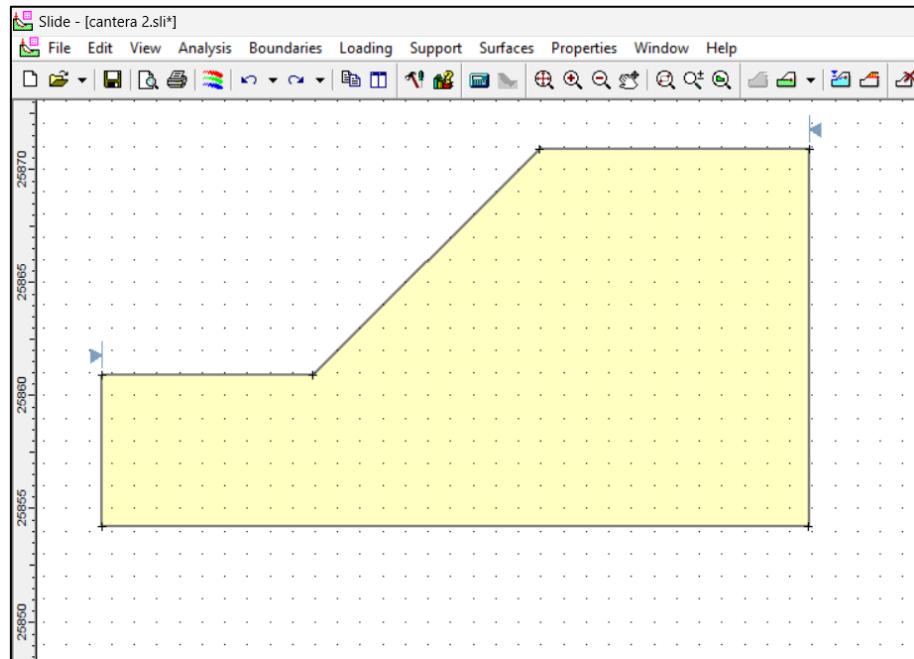


Figura 9: Talud de diseño.
Fuente: Elaboración propia

Para el análisis se utilizó el grupo de datos pertenecientes al horizonte 1 de la *Tabla 1: Clasificación y propiedades geotécnicas* debido a que presenta los parámetros mas desfavorables para brindar estabilidad al terreno intervenido.

Tabla 3: Propiedades geotécnicas horizonte 1

Propiedad	HORIZONTE 1
γ [T/m ³]	1,9
γ_{sat} [T/m ³]	2
Ángulo de fricción	25
Cohesión [kg/cm ²]	0,2
Cohesión [kPa]	20

Fuente: Antecedentes prospecciones titular realizadas en cantera de similares características



6.4 TIPO DE ANÁLISIS

6.4.1 Análisis en Condición Estática

El análisis de estabilidad en condición estática se realiza considerando una superficie de falla definida por el criterio de ruptura de Mohr-Coulomb, aplicando la metodología de equilibrio límite, previamente descrita. Este enfoque permite evaluar el equilibrio de fuerzas que actúan sobre la masa inestable del talud.

En cuanto a los criterios de aceptabilidad del factor de seguridad (F.S.), se establecen los siguientes valores de referencia:

- Taludes permanentes: $F.S. \geq 1.5$
- Taludes temporales: $F.S. \geq 1.3$

6.4.2 Análisis en Condición Sísmica

Para evaluar la estabilidad de los taludes bajo solicitudes sísmicas, se empleó el método pseudoestático, el cual representa la acción del sismo mediante una aceleración horizontal constante aplicada al suelo. En este análisis se utilizó un coeficiente sísmico horizontal (K_h) igual a 0.2.

Los valores mínimos aceptables del factor de seguridad en condición sísmica son:

- Taludes permanentes: $F.S. \geq 1.2$
- Taludes temporales: $F.S. \geq 1.1$

7 RESULTADO DE ESTABILIDAD DE TALUDES

Se presentan a continuación los resultados representados por el factor de seguridad en cada situación analizada, existen 2 escenarios (estático y sísmico) para los 2 taludes que se analizan.

7.1 ANALYSIS 1 – CONDICIÓN ESTÁTICA

Luego de realizar el modelo con el software “Slide” se tiene el resultado de ambos taludes para la condición estática.

A continuación, se presenta el talud observado en terreno en condición estática:

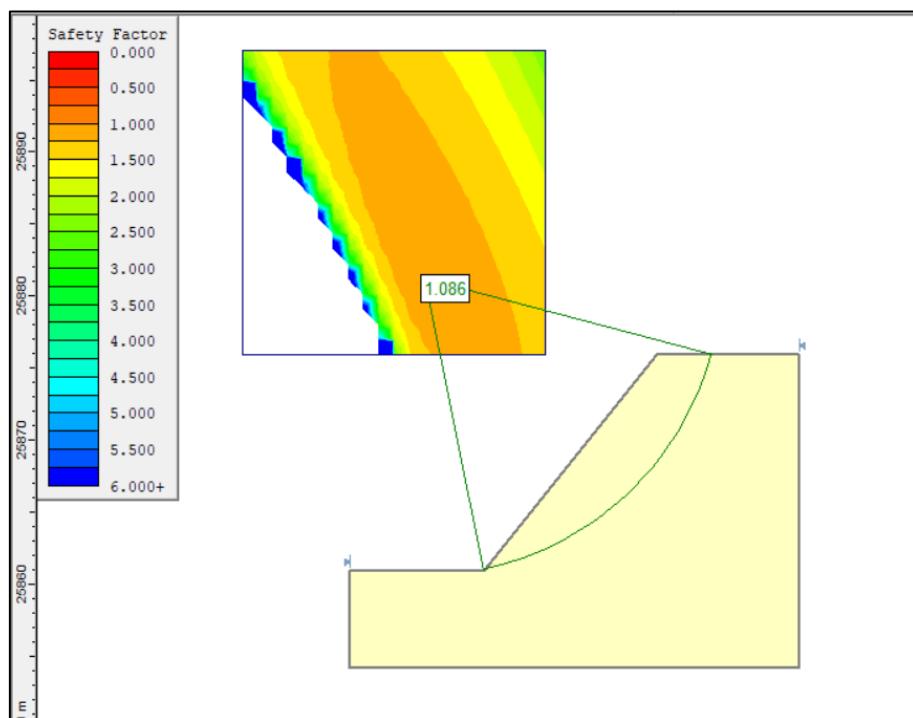


Figura 10: Talud de terreno condición estática.
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta el talud de diseño en condición estática:

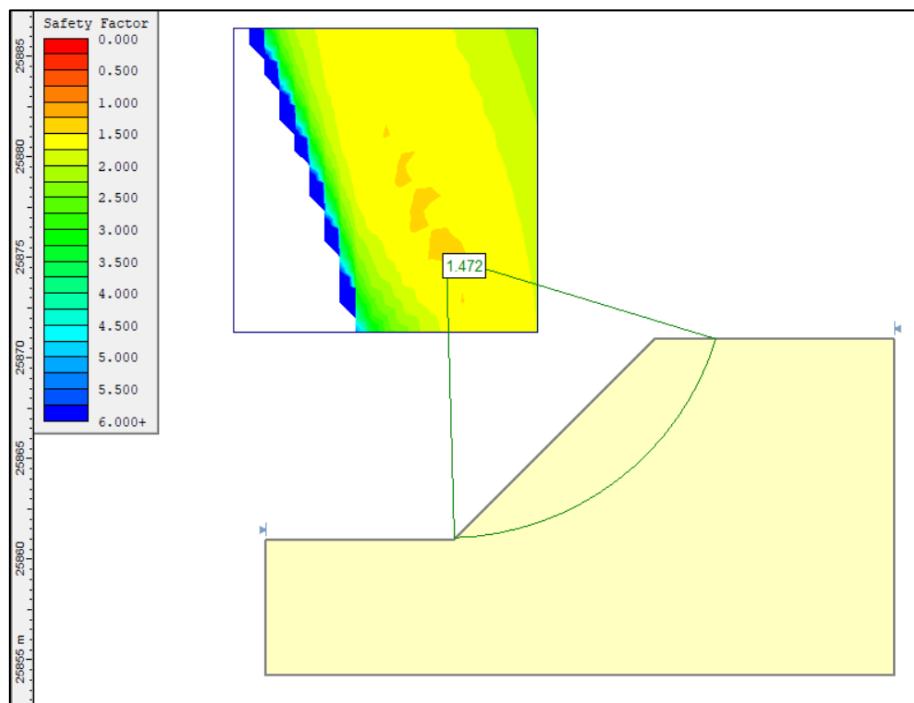


Figura 11: Talud de diseño condición estática.
Fuente: Elaboración propia

7.2 ANALISIS 2 – CONDICIÓN SÍSMICA

Luego de realizar el modelo con el software “Slide” se tiene el resultado de ambos taludes para la condición sísmica, considerando un coeficiente sísmico horizontal (K_h) igual a 0,2.

A continuación, se presenta el talud actual en terreno para la condición sísmica:

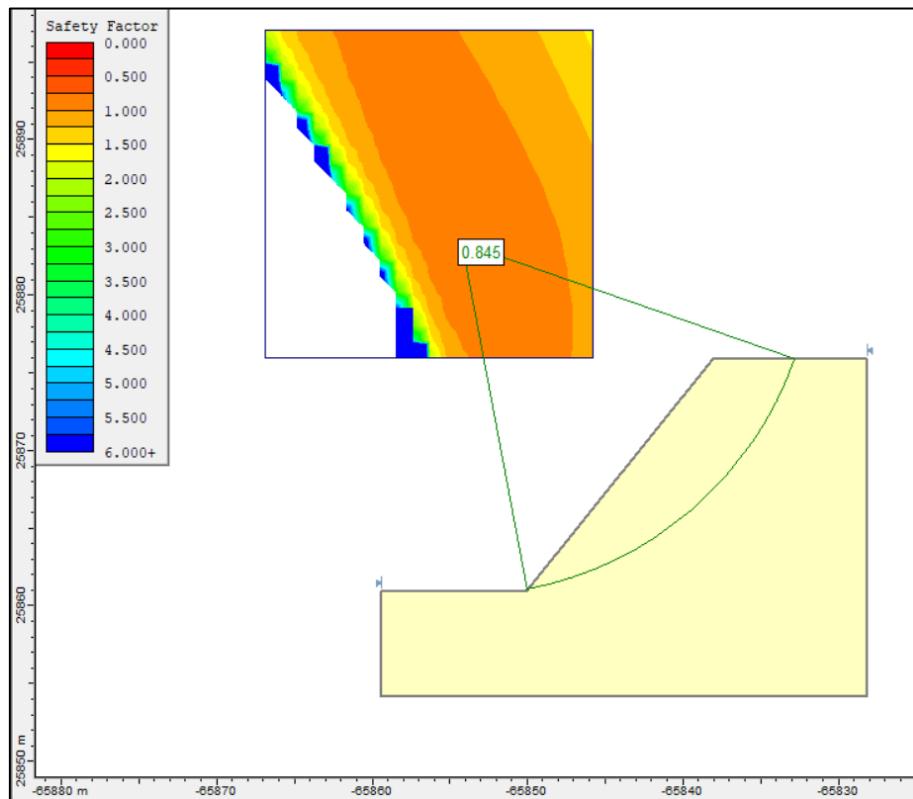


Figura 12: Talud de terreno condición sísmica.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta el talud de diseño para la condición sísmica:

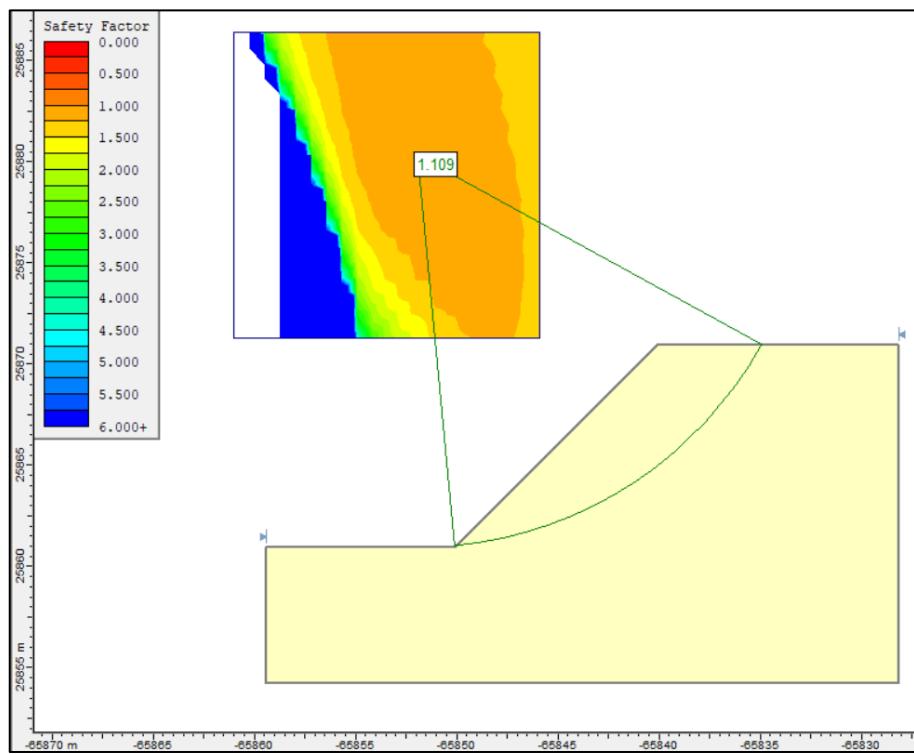


Figura 13: Talud de diseño condición sísmica.

Fuente: Elaboración propia



8 CONCLUSIONES

De acuerdo con lo desarrollado en el presente informe se concluye:

El análisis de la cantera en Patagual, de la comuna de Coronel, de acuerdo con la geometría existente, no sería aceptada en su condición actual. Los factores de seguridad, en base a las propiedades mecánicas del suelo mas desfavorable, no cumplen con el criterio aceptable para las condiciones estáticas y sísmicas analizadas en el talud. Los FS respectivos para el talud en terreno en el análisis estático y sísmico son $FSe=1,08$ y $FSs=0,84$, que son valores menores a los exigidos para estas condiciones tanto para taludes temporales ($FSe=1,3$ y $FSs=1,1$) y permanentes (($FSe=1,5$ y $FSs=1,2$)).

Por otra parte, los taludes de diseño que contemplan una pendiente de 1:1 (H:V) y una altura hasta la corona de 8 m logran factores de seguridad superiores tanto en condiciones estática como sísmica, $FSe=1,47$ y $FSs=1,11$. Por lo tanto, se estima aceptable que en la condición estática y dinámica el talud mantendrá su integridad.

Fecha:

2025.05.19

08:16:52

-04'00'

SEBASTIAN BAHAMONDES CISTERNAS

INGENIERO CIVIL

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 28-05-2025 10:24

Identificación del Cliente	
Cliente: EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL	RUT: 76.624.433-5
Dirección: Eusebio Lillo 136, Concepción - San Pedro de la Paz - Biobío - Chile	
Contacto: ADAN MONTECINOS	Teléfono: ---

Nº Muestra: 384052-1/2025.0 - Id: 1817740 - Punto 2	
Subárea o producto: Agua superficial	
Término de muestreo: 16-05-2025 12:20	Fecha de Recepción: 17-05-2025 09:00
Tipo de muestra: Puntual	Región: Región del Biobío
Comuna: Coronel	Lugar de muestreo: Pemuco
Punto de muestreo: Punto 2	Dirección de muestreo: Coronel, Bío Bío
Instrumento ambiental: RCA N° 173/2016	Proyecto: ---
Muestreado por: Julio Ruiz Aliaga	

Resultados Analíticos

Análisis Autorizados ETFA

Parámetro	Resultado	NCh 1333	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Alcalinidad	37,2 mg CaCO ₃ /L	Mínimo 20 mg CaCO ₃ /L	1 mg CaCO ₃ /L	SM 2320 B	17-05-2025 10:00
Color	< 5 unidad Pt-Co	100 unidad Pt-Co	5 unidad Pt-Co	SM 2120 B	17-05-2025 09:33
pH	5,83 unidad de pH	5,5-9 unidad de pH	--- unidad de pH	SM 4500 H B	17-05-2025 10:00

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Conductividad	249 us/cm	1 us/cm	SM 2510 B	17-05-2025 10:00
Sólidos sedimentables	< 0,1 ml/L	0,1 ml/L	SM 2540 F	17-05-2025 09:40
Temperatura	22,7 °C	--- °C	SM 2550 B	17-05-2025 10:00
Turbiedad	3,3 UNT	0,5 UNT	SM 2130 B	17-05-2025 09:40

Especificaciones

NCh 1333: Norma Chilena 1333

Notas
ND: No determinado.
LD: Límite declarado, equivalente a límite de cuantificación del método (LCM).
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.
Laboratorio Hidrolab S.A declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.
Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.
Autorización ETFA: 003-01



Ximena Cuadros Moya



Ximena Cuadros Moya

Cotización: C5791/2025.1

Responsable Técnico/I.A.: 8.701.037-6

Representante Legal

Código de Validación: c68a5b3d91cd4202820805c81c978e0dLa validación de este documento puede ser realizada en: portal.mylimsweb.cloud.

**DECLARACIÓN JURADA PARA LA OPERATIVIDAD DEL
INSPECTOR AMBIENTAL**

Yo, Ximena Cuadros Moya, RUN N° 8.701.037-6, domiciliado en Av. Central 681; Quilicura; Región Metropolitana , en mi calidad de inspector ambiental N° 8.701.037-6/003-01, declaro que, en los dos últimos años:

- No he tenido una relación directa ni indirecta, mercantil o laboral con EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL, RUT 76.624.433-5, titular del proyecto, sistema, actividad o fuente, objeto de las actividades de fiscalización ambiental.
- No ha tenido una relación directa ni indirecta, mercantil o laboral con don/ña Pamela Montero Contreras, RUT 13129626-6, representante legal de EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL, RUT 76.624.433-5, titular del proyecto, sistema, actividad o fuente, objeto de las actividades de fiscalización ambiental.
- No ha sido legalmente reconocida como asociada en negocios con EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL
- No ha tenido, directa ni indirectamente, la propiedad, el control o la posesión de acciones o títulos en circulación de EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL
- No ha controlado, directa ni indirectamente a EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL

Igualmente declaro que no tengo vínculo familiar de parentesco -hasta el tercer grado de consanguinidad y segundo de afinidad inclusive-, con los propietarios ni con los representantes legales del titular fiscalizado.

Toda la información contenida en el informe de resultados 384052/2025.0 es veraz, auténtica (que no corresponde a una copia o transcripción de otros documentos) y exacta.

Finalmente, ratifico que las declaraciones hechas son verídicas, según mi mejor conocimiento y entendimiento y declaro tener conocimiento que las infracciones a las obligaciones que impone el reglamento ETFA, según lo dispuesto en su artículo 19, se sancionan de conformidad a lo señalado en el Título III de la ley orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente.



Ximena Cuadros Moya
Responsable Técnico/I.A.: 8.701.037-6

28 de mayo de 2025

Informe de Muestreo (FAP-009-02)

Fecha Emisión Informe: 28-05-2025 10:24

Identificación del Cliente		
Cliente: EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL	RUT:	76.624.433-5
Dirección: Eusebio Lillo 136, Concepción - San Pedro de la Paz - Biobío - Chile		
Contacto: ADAN MONTECINOS	Teléfono: ---	

Nº Muestra: 384052-1/2025.0 - Id: 1817740 - Punto 2
Subárea o producto: Agua superficial

Transparencia:	---	Ancho del río:	---
Caudal instantáneo:	---	Caudal sección río:	---
Presencia de contaminantes - NCh 1333 Tabla 3:	---	Norma de muestreo:	NCh-ISO 5667-4:2016
Proc. de muestreo:	PMM-015 Rev.8	Tipo de muestra:	Puntual
Región:	Región del Biobío	Comuna:	Coronel
Lugar de muestreo:	Pemuco	Punto de muestreo:	Punto 2
Dirección de muestreo:	Coronel, Bío Bío	Instrumento ambiental:	RCA N° 173/2016
Proyecto:	---	Muestreado por:	Julio Ruiz Aliaga
Coordinadas:	---	Norma de emisión:	---
Equipo(s) de muestreo:	PHCH 160 SCL		

Resultados de Mediciones
Término de muestreo: 16-05-2025 12:20

Datos del Muestreo
Análisis Autorizados ETFA

Medición	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora
Conductividad en terreno	254,00 us/cm	--- us/cm	PMM-001 Rev.13	16-05-2025 12:20
Oxígeno disuelto en terreno	4,5 mg/L	--- mg/L	PMM-001 Rev.13	16-05-2025 12:20
pH en terreno	6,12 unidad de pH	--- unidad de pH	PMM-001 Rev.13	16-05-2025 12:20
Temperatura en terreno	13,5 °C	--- °C	PMM-001 Rev.13	16-05-2025 12:20

Observaciones

Notas

Plan de Muestreo: PMM-045 Rev.0



Verónica Yañez



Ximena Cuadros Moya

Cotización: C5791/2025.1

Responsable Técnico/I.A.: 17.675.169-K

Representante Legal

**DECLARACIÓN JURADA PARA LA OPERATIVIDAD DEL
INSPECTOR AMBIENTAL**

Yo, Verónica Yañez/17.675.169-K, RUN N° 17.675.169-K, domiciliado en Av. Central 681; Quilicura; Región Metropolitana , en mi calidad de inspector ambiental N° 17.675.169-K/003-01, declaro que, en los últimos dos años:

- No he tenido una relación directa ni indirecta, mercantil o laboral con EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL, RUT 76.624.433-5, titular del proyecto, sistema, actividad o fuente, objeto de las actividades de fiscalización ambiental.
- No he tenido una relación directa ni indirecta, mercantil o laboral con don/ña Pamela Montero Contreras, RUT 13129626-6, representante legal de EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL, RUT 76.624.433-5, titular del proyecto, sistema, actividad o fuente, objeto de las actividades de fiscalización ambiental.
- No he sido legalmente reconocido como asociado en negocios con EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL
- No he tenido, directa ni indirectamente, la propiedad, el control o la posesión de acciones o títulos en circulación de EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL
- No he controlado, directa ni indirectamente a EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL

Igualmente declaro que no tengo vínculo familiar de parentesco -hasta el tercer grado de consanguinidad y segundo de afinidad inclusive-, con los propietarios ni con los representantes legales del titular fiscalizado.

Toda la información contenida en el informe de resultados 384052/2025.0 es veraz, auténtica (que no corresponde a una copia o transcripción de otros documentos) y exacta.

Finalmente, ratifico que las declaraciones hechas son verídicas, según mi mejor conocimiento y entendimiento y declaro tener conocimiento que las infracciones a las obligaciones que impone el reglamento ETFA, según lo dispuesto en su artículo 19, se sancionan de conformidad a lo señalado en el Título III de la ley orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente.



Verónica Yañez
Responsable Técnico/I.A.: 17.675.169-K

28 de mayo de 2025

DECLARACIÓN JURADA PARA LA OPERATIVIDAD DE LA ENTIDAD TÉCNICA DE FISCALIZACIÓN AMBIENTAL

Yo, Ximena Cuadros Moya, RUN N° 8.701.037-6, domiciliado en Av. Central 681; Quilicura; Región Metropolitana , en mi calidad de representante legal de Laboratorio Hidrolab S.A., Casa Central y 003-01 , declaro que, la persona jurídica que represento, en los dos últimos años:

- No ha tenido una relación directa ni indirecta de tipo mercantil con EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL, RUT 76.624.433-5, titular del proyecto, sistema, actividad o fuente, objeto de la actividad de fiscalización ambiental.
- No ha tenido una relación directa ni indirecta, de tipo laboral con don/ña Pamela Montero Contreras, RUT 13129626-6, representante legal de EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL, RUT 76.624.433-5, titular del proyecto, sistema, actividad o fuente, objeto de la actividad de fiscalización ambiental.
- No ha sido legalmente reconocida como asociada en negocios con EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL
- No ha tenido, directa ni indirectamente, la propiedad, el control o la posesión de acciones o títulos en circulación de EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL
- No ha controlado, directa ni indirectamente a EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL
- No ha sido controlada, directa ni indirectamente por EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL
- No hemos sido controlados, directa ni indirectamente, por una misma tercera persona.

Igualmente declaro que, yo no he tenido una relación directa ni indirecta, mercantil o laboral con don/ña Pamela Montero Contreras, RUT 13129626-6, representante legal ni con EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL.

Declaro también que, no existe vínculo familiar de parentesco -hasta el tercer grado de consanguinidad y segundo de afinidad inclusive-, entre los propietarios y los representantes legales de EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL y los propietarios y representantes legales de esta ETFA.

Toda la información contenida en el informe de resultados 384052/2025.0 es veraz, auténtica (que no corresponde a una copia o transcripción de otros documentos) y exacta.

Finalmente, ratifico que las declaraciones hechas son verídicas, según mi mejor conocimiento y entendimiento y declaro tener conocimiento que las infracciones a las obligaciones que impone el reglamento ETFA, según lo dispuesto en su artículo 19, se sancionan de conformidad a lo señalado en el Título III de la ley orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente.



Ximena Cuadros Moya
Representante Legal

28 de mayo de 2025

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 28-05-2025 10:24

Identificación del Cliente	
Cliente: EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL	RUT: 76.624.433-5
Dirección: Eusebio Lillo 136, Concepción - San Pedro de la Paz - Biobío - Chile	
Contacto: ADAN MONTECINOS	Teléfono: ---

Nº Muestra: 384053-1/2025.0 - Id: 1817739 - Punto 1	
Subárea o producto: Agua superficial	
Término de muestreo: 16-05-2025 12:00	Fecha de Recepción: 17-05-2025 09:00
Tipo de muestra: Puntual	Región: Región del Biobío
Comuna: Coronel	Lugar de muestreo: Pemuco
Punto de muestreo: Punto 1	Dirección de muestreo: Coronel, Bío Bío
Instrumento ambiental: RCA N° 173/2016	Proyecto: ---
Muestreado por: Julio Ruiz Aliaga	

Resultados Analíticos

Análisis Autorizados ETFA

Parámetro	Resultado	NCh 1333	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Alcalinidad	35 mg CaCO ₃ /L	Mínimo 20 mg CaCO ₃ /L	1 mg CaCO ₃ /L	SM 2320 B	17-05-2025 10:00
Color	< 5 unidad Pt-Co	100 unidad Pt-Co	5 unidad Pt-Co	SM 2120 B	17-05-2025 10:01
pH	5,94 unidad de pH	5,5-9 unidad de pH	--- unidad de pH	SM 4500 H B	17-05-2025 10:00

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Conductividad	215 us/cm	1 us/cm	SM 2510 B	17-05-2025 10:00
Sólidos sedimentables	< 0,1 ml/L	0,1 ml/L	SM 2540 F	17-05-2025 09:40
Temperatura	22,5 °C	--- °C	SM 2550 B	17-05-2025 10:00
Turbiedad	5,3 UNT	0,5 UNT	SM 2130 B	17-05-2025 09:40

Especificaciones

NCh 1333: Norma Chilena 1333

Notas
ND: No determinado.
LD: Límite declarado, equivalente a límite de cuantificación del método (LCM).
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.
Laboratorio Hidrolab S.A declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.
Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.
Autorización ETFA: 003-01



Ximena Cuadros Moya



Ximena Cuadros Moya

Cotización: C5791/2025.1

Responsable Técnico/I.A.: 8.701.037-6

Representante Legal

Código de Validación: 01430ed47948418a94868e5643115a2dLa validación de este documento puede ser realizada en: portal.mylimsweb.cloud.

**DECLARACIÓN JURADA PARA LA OPERATIVIDAD DEL
INSPECTOR AMBIENTAL**

Yo, Ximena Cuadros Moya, RUN N° 8.701.037-6, domiciliado en Av. Central 681; Quilicura; Región Metropolitana , en mi calidad de inspector ambiental N° 8.701.037-6/003-01, declaro que, en los dos últimos años:

- No he tenido una relación directa ni indirecta, mercantil o laboral con EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL, RUT 76.624.433-5, titular del proyecto, sistema, actividad o fuente, objeto de las actividades de fiscalización ambiental.
- No ha tenido una relación directa ni indirecta, mercantil o laboral con don/ña Pamela Montero Contreras, RUT 13129626-6, representante legal de EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL, RUT 76.624.433-5, titular del proyecto, sistema, actividad o fuente, objeto de las actividades de fiscalización ambiental.
- No ha sido legalmente reconocida como asociada en negocios con EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL
- No ha tenido, directa ni indirectamente, la propiedad, el control o la posesión de acciones o títulos en circulación de EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL
- No ha controlado, directa ni indirectamente a EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL

Igualmente declaro que no tengo vínculo familiar de parentesco -hasta el tercer grado de consanguinidad y segundo de afinidad inclusive-, con los propietarios ni con los representantes legales del titular fiscalizado.

Toda la información contenida en el informe de resultados 384053/2025.0 es veraz, auténtica (que no corresponde a una copia o transcripción de otros documentos) y exacta.

Finalmente, ratifico que las declaraciones hechas son verídicas, según mi mejor conocimiento y entendimiento y declaro tener conocimiento que las infracciones a las obligaciones que impone el reglamento ETFA, según lo dispuesto en su artículo 19, se sancionan de conformidad a lo señalado en el Título III de la ley orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente.



Ximena Cuadros Moya
Responsable Técnico/I.A.: 8.701.037-6

28 de mayo de 2025

Informe de Muestreo (FAP-009-02)

Fecha Emisión Informe: 28-05-2025 10:24

Identificación del Cliente		
Cliente: EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL	RUT:	76.624.433-5
Dirección: Eusebio Lillo 136, Concepción - San Pedro de la Paz - Biobío - Chile		
Contacto: ADAN MONTECINOS	Teléfono: ---	

Nº Muestra: 384053-1/2025.0 - Id: 1817739 - Punto 1
Subárea o producto: Agua superficial

Transparencia:	---	Ancho del río:	---
Caudal instantáneo:	---	Caudal sección río:	---
Presencia de contaminantes - NCh 1333 Tabla 3:	---	Norma de muestreo:	NCh-ISO 5667-4:2016
Proc. de muestreo:	PMM-015 Rev.8	Tipo de muestra:	Puntual
Región:	Región del Biobío	Comuna:	Coronel
Lugar de muestreo:	Pemuco	Punto de muestreo:	Punto 1
Dirección de muestreo:	Coronel, Bío Bío	Instrumento ambiental:	RCA N° 173/2016
Proyecto:	---	Muestreado por:	Julio Ruiz Aliaga
Coordinadas:	---	Norma de emisión:	---
Equipo(s) de muestreo:	PHCH 160 SCL		

Resultados de Mediciones
Término de muestreo: 16-05-2025 12:00

Datos del Muestreo
Análisis Autorizados ETFA

Medición	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora
Conductividad en terreno	224,00 us/cm	--- us/cm	PMM-001 Rev.13	16-05-2025 12:00
Oxígeno disuelto en terreno	4,2 mg/L	--- mg/L	PMM-001 Rev.13	16-05-2025 12:00
pH en terreno	5,95 unidad de pH	--- unidad de pH	PMM-001 Rev.13	16-05-2025 12:00
Temperatura en terreno	13,6 °C	--- °C	PMM-001 Rev.13	16-05-2025 12:00

Observaciones

Notas

Plan de Muestreo: PMM-045 Rev.0



Verónica Yañez



Ximena Cuadros Moya

Cotización: C5791/2025.1

Responsable Técnico/I.A.: 17.675.169-K

Representante Legal

**DECLARACIÓN JURADA PARA LA OPERATIVIDAD DEL
INSPECTOR AMBIENTAL**

Yo, Verónica Yañez/17.675.169-K, RUN N° 17.675.169-K, domiciliado en Av. Central 681; Quilicura; Región Metropolitana , en mi calidad de inspector ambiental N° 17.675.169-K/003-01, declaro que, en los últimos dos años:

- No he tenido una relación directa ni indirecta, mercantil o laboral con EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL, RUT 76.624.433-5, titular del proyecto, sistema, actividad o fuente, objeto de las actividades de fiscalización ambiental.
- No he tenido una relación directa ni indirecta, mercantil o laboral con don/ña Pamela Montero Contreras, RUT 13129626-6, representante legal de EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL, RUT 76.624.433-5, titular del proyecto, sistema, actividad o fuente, objeto de las actividades de fiscalización ambiental.
- No he sido legalmente reconocido como asociado en negocios con EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL
- No he tenido, directa ni indirectamente, la propiedad, el control o la posesión de acciones o títulos en circulación de EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL
- No he controlado, directa ni indirectamente a EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL

Igualmente declaro que no tengo vínculo familiar de parentesco -hasta el tercer grado de consanguinidad y segundo de afinidad inclusive-, con los propietarios ni con los representantes legales del titular fiscalizado.

Toda la información contenida en el informe de resultados 384053/2025.0 es veraz, auténtica (que no corresponde a una copia o transcripción de otros documentos) y exacta.

Finalmente, ratifico que las declaraciones hechas son verídicas, según mi mejor conocimiento y entendimiento y declaro tener conocimiento que las infracciones a las obligaciones que impone el reglamento ETFA, según lo dispuesto en su artículo 19, se sancionan de conformidad a lo señalado en el Título III de la ley orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente.



Verónica Yañez
Responsable Técnico/I.A.: 17.675.169-K

28 de mayo de 2025

DECLARACIÓN JURADA PARA LA OPERATIVIDAD DE LA ENTIDAD TÉCNICA DE FISCALIZACIÓN AMBIENTAL

Yo, Ximena Cuadros Moya, RUN N° 8.701.037-6, domiciliado en Av. Central 681; Quilicura; Región Metropolitana , en mi calidad de representante legal de Laboratorio Hidrolab S.A., Casa Central y 003-01 , declaro que, la persona jurídica que represento, en los dos últimos años:

- No ha tenido una relación directa ni indirecta de tipo mercantil con EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL, RUT 76.624.433-5, titular del proyecto, sistema, actividad o fuente, objeto de la actividad de fiscalización ambiental.
- No ha tenido una relación directa ni indirecta, de tipo laboral con don/ña Pamela Montero Contreras, RUT 13129626-6, representante legal de EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL, RUT 76.624.433-5, titular del proyecto, sistema, actividad o fuente, objeto de la actividad de fiscalización ambiental.
- No ha sido legalmente reconocida como asociada en negocios con EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL
- No ha tenido, directa ni indirectamente, la propiedad, el control o la posesión de acciones o títulos en circulación de EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL
- No ha controlado, directa ni indirectamente a EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL
- No ha sido controlada, directa ni indirectamente por EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL
- No hemos sido controlados, directa ni indirectamente, por una misma tercera persona.

Igualmente declaro que, yo no he tenido una relación directa ni indirecta, mercantil o laboral con don/ña Pamela Montero Contreras, RUT 13129626-6, representante legal ni con EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL.

Declaro también que, no existe vínculo familiar de parentesco -hasta el tercer grado de consanguinidad y segundo de afinidad inclusive-, entre los propietarios y los representantes legales de EMPRESA DE ESTUDIOS, MONITOREOS Y MEDICIONES AMBIENTALES GEAAMBIENTAL y los propietarios y representantes legales de esta ETFA.

Toda la información contenida en el informe de resultados 384053/2025.0 es veraz, auténtica (que no corresponde a una copia o transcripción de otros documentos) y exacta.

Finalmente, ratifico que las declaraciones hechas son verídicas, según mi mejor conocimiento y entendimiento y declaro tener conocimiento que las infracciones a las obligaciones que impone el reglamento ETFA, según lo dispuesto en su artículo 19, se sancionan de conformidad a lo señalado en el Título III de la ley orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente.



Ximena Cuadros Moya
Representante Legal

28 de mayo de 2025



Ingeniero Civil Sebastián Bahamondes Cisternas

INGENIERIA HIDRÁULICA DISEÑO HIDRAÚLICO SEDIMENTADOR COMUNA DE CORONEL

MEMORIA DE CÁLCULO DISEÑO HIDRAULICO SEDIMENTADOR DE AGUAS LLUVIA

Para



MAYO 2025

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	CARACTERISTICAS Y ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	4
2.1.	Introducción	4
2.2.	Localización.....	4
2.3.	Estudio hidrológico.....	5
2.3.1.	Precipitación e intensidad para tiempos de duración mayores o iguales a 1 hr	
2.3.1.	7	
2.3.2.	Precipitación e intensidad para tiempos de duración menores a 1 hr	9
3.	BASES DE DISEÑO.....	12
3.1.	Introducción.....	12
3.2.	Áreas aportantes	12
3.3.	Intensidad de precipitación.....	12
3.3.1.	Tiempo de concentración	12
3.4.	Coeficiente de escorrentía.....	13
3.5.	Determinación de caudales	13
4.	DISEÑO HIDRAULICO SEDIMENTADOR.....	14
4.1.	Método simple (NCh 1367)	16
4.2.	Método formula de Newton.....	16
4.2.1.	Número de Reynolds.....	16
4.2.2.	Coeficiente de arrastre	17
4.3.	Dimensionamiento	17
4.3.1.	Tiempo de retención	18
4.3.2.	Tiempo de sedimentación.....	18
4.4.	Eficiencia de remoción.....	19
5.	CONCLUSIONES	20

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del proyecto	4
Figura 2. Límite proyecto	5
Figura 3. Gráfico de probabilidad empírica v/s probabilidad de la función Normal y Gamma.....	6
Figura 4. Precipitaciones para distintas duraciones y periodos de retorno	9
Figura 5. Intensidades para distintas duraciones y periodos de retorno.....	9
Figura 6. Precipitaciones para distintas duraciones y periodos de retorno	11
Figura 7. Intensidades para distintas duraciones y periodos de retorno.....	11
Figura 8. Esquema de los elementos de un sedimentador convencional: 1.- Entrada, 2.- Sedimentador propiamente tal, 3.- Salida, 4.- Zona para sedimentos, 5.- Espacio para retirar los sedimentos	14
Figura 9. Formas de entrada a un sedimentador: 1.- Expansión gradual, 2.- Vertedero, 3.- Muro perforado	15
Figura 10. Velocidad de sedimentación de partículas.....	16
Figura 11. Parámetros a y n en función del Número de Reynolds.....	17

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas estación meteorológica más cercana al proyecto, sistema UTM, Datum WGS 84, 18H	5
Tabla 2. Precipitaciones máximas en 24 horas	5
Tabla 3. Resultado test de bondad de ajuste	6
Tabla 4. Coeficiente de duración localidad de Concepción	7
Tabla 5. Coeficiente de frecuencia localidad de Concepción	7
Tabla 6. Precipitaciones mayores a 1 hr para distintas duraciones y periodos de retorno	8
Tabla 7. Intensidades mayores a 1 hr para distintas duraciones y periodos de retorno	8
Tabla 8. Precipitaciones menores a 1 hr para distintas duraciones y periodos de retorno	10
Tabla 9. Intensidades menores a 1 hr para distintas duraciones y periodos de retorno	10
Tabla 10. Caudales resultantes.....	13

1. INTRODUCCIÓN

En el presente documento se hace entrega de los cálculos y consideraciones de diseño empleadas para el proyecto hidráulico de manejo de aguas lluvia, en la Cantera Patagual.

Para el correcto cumplimiento de lo ya mencionado se consideran los siguientes objetivos específicos:

- Revisión de antecedentes del proyecto.
- Definición de bases de diseño.
- Conclusión y propuesta de solución.

2. CARACTERISTICAS Y ANTECEDENTES DEL PROYECTO

2.1. Introducción

En este capítulo se presenta información general sobre los antecedentes, el diseño y dimensionamiento; tanto de la captación, conducción y de descarga de aguas lluvia. Se establecen, además, la localización y emplazamiento general correspondientes. Todo con el fin de garantizar la correcta captación de las aguas lluvia.

2.2. Localización

Cantera Patagual se ubica en la Región del Bío-Bío, Provincia de Concepción, comuna de Coronel. La ubicación espacial se detalla a continuación en la Figura 1 y Figura 2.

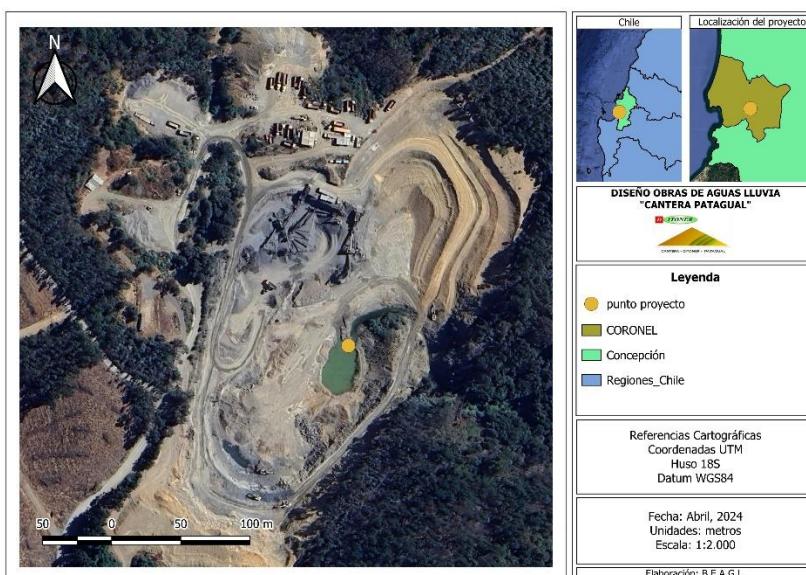


Figura 1. Ubicación del proyecto
Fuente: Google Earth



Figura 2. Límite proyecto
Fuente: Google Earth

2.3. Estudio hidrológico

Para obtener los datos pluviométricos necesarios, se utilizan los registros meteorológicos recabados por la DGA, correspondientes a la estación meteorológica más cercana a la zona del proyecto.

Tabla 1. Coordenadas estación meteorológica más cercana al proyecto, sistema UTM, Datum WGS 84, 18H

Nombre estación	Norte (m)	Este (m)	Altura (m.s.n.m)
ESTERO HUALQUI EN DESEMBOCADURA	5.905.083	683.220	30

Fuente: DGA

Tabla 2. Precipitaciones máximas en 24 horas

AÑO	FECHA	MAXIMA EN 24 HS. PRECIPITACION (mm)
2009	10/05	71,3
2010	06/07	51,4
2011	28/06	57,6
2012	28/05	62,7
2013	31/05	61,0
2014	10/06	68,5
2015	24/10	25,5
2016	23/07	54,4
2017	29/09	60,3
2018	28/05	47,1
2019	03/05	34,8
2020	11/06	70,0
2021	15/08	38,4
2024	03/11	8,3
2025	29/03	23,3

Fuente: DGA

En base a los datos recabados se realiza un análisis probabilístico, a fin de conocer cual distribución es la que mejor se ajusta a la distribución de los datos recabados. Se utiliza entonces el test de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov. Los resultados del análisis se presentan a continuación.

Tabla 3. Resultado test de bondad de ajuste

Kolmogorov-Smirnov	
Normal	99,32%
LogNormal	86,56%
Exponential	47,80%
Gamma	93,22%
Log Pearson III	49,45%

Fuente: Software Hydrognomon 4

De lo anterior, se establece que las distribuciones que mejor se ajustan a los datos son; Normal y Gamma. Para poder discernir con mayor certeza entre las distribuciones mencionadas, se realiza un análisis gráfico entre ambas.

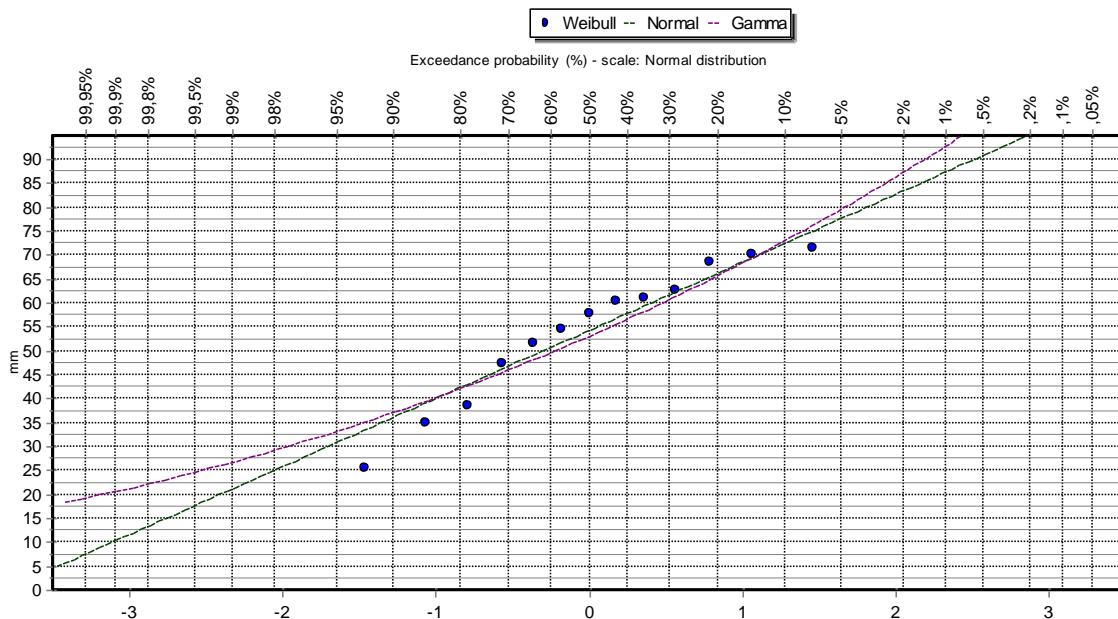


Figura 3. Gráfico de probabilidad empírica v/s probabilidad de la función Normal y Gamma
Fuente: Software Hydrognomon 4

Como es posible apreciar en la **Figura 3** anterior, gráficamente, la distribución Normal es la que mejor se ajusta los datos recabados. Por lo tanto, en función de estos resultados, es posible determinar la precipitación máxima diaria para un periodo de retorno de 10 años en $P_{24}^{10} = 72,2821$ mm.

2.3.1. Precipitación e intensidad para tiempos de duración mayores o iguales a 1 hr

Para la obtención de la precipitación y para tiempos de duración mayores a 1 hr se utilizaron las siguientes expresiones recomendadas en el Manual de Carreteras Volumen 3 (MC-V3).

$$P_t^T = K * CD_t * CF_T * P_D^{10}$$

Donde:

- P_t^T = Precipitación con duración t y periodo de retorno T años
- K = Coeficiente de corrección para la lluvia máxima medida de 8 AM a 8 AM
- CD_t = Coeficiente de duración para t horas
- CF_T = Coeficiente de frecuencia para T años
- P_D^{10} = Precipitación con duración D y periodo de retorno T años

$$I_t^T = \frac{P_t^T}{t}$$

A continuación, se presentan los coeficientes de duración y frecuencia pertenecientes a la localidad de Concepción.

Tabla 4. Coeficiente de duración localidad de Concepción

DURACION (HORAS)	1	2	4	6	8	10	12	14	18	24
Coeficiente de Duración (CONCEPCIÓN) M.C 3	0,19	0,30	0,39	0,48	0,56	0,64	0,70	0,76	0,90	1

Fuente: MC-V3

Tabla 5. Coeficiente de frecuencia localidad de Concepción

T (AÑOS)	2	5	10	25	20	50	100	200
Coeficiente de Frecuencia (CONCEPCIÓN) M.C 3	0,68	0,87	1	1,12	1,16	1,28	1,40	1,52

Fuente: MC-V3

Mediante las expresiones y coeficientes ya expuestos, es posible estimar las precipitaciones máximas e intensidades para diferentes duraciones y períodos de retorno. A continuación, se exponen los resultados de precipitaciones e intensidades, respectivamente.

Tabla 6. Precipitaciones mayores a 1 hr para distintas duraciones y periodos de retorno

DURACION (HORAS)	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)							
	2	5	10	25	20	50	100	200
1	10,27	13,14	15,11	16,92	17,52	19,34	21,15	22,96
2	16,22	20,75	23,85	26,72	27,67	30,53	33,39	36,26
4	21,09	26,98	31,01	34,73	35,97	39,69	43,41	47,13
6	25,95	33,20	38,16	42,74	44,27	48,85	53,43	58,01
8	30,28	38,74	44,53	49,87	51,65	56,99	62,34	67,68
10	34,60	44,27	50,89	56,99	59,03	65,13	71,24	77,35
12	37,85	48,42	55,66	62,34	64,56	71,24	77,92	84,60
14	41,09	52,57	60,43	67,68	70,10	77,35	84,60	91,85
18	48,66	62,26	71,56	80,15	83,01	91,60	100,18	108,77
24	54,07	69,17	79,51	89,05	92,23	101,77	111,31	120,86

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Intensidades mayores a 1 hr para distintas duraciones y periodos de retorno

DURACION (HORAS)	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)							
	2	5	10	25	20	50	100	200
1	10,27	13,14	15,11	16,92	17,52	19,34	21,15	22,96
2	8,11	10,38	11,93	13,36	13,83	15,27	16,70	18,13
4	5,27	6,74	7,75	8,68	8,99	9,92	10,85	11,78
6	4,33	5,53	6,36	7,12	7,38	8,14	8,91	9,67
8	3,78	4,84	5,57	6,23	6,46	7,12	7,79	8,46
10	3,46	4,43	5,09	5,70	5,90	6,51	7,12	7,73
12	3,15	4,04	4,64	5,19	5,38	5,94	6,49	7,05
14	2,94	3,76	4,32	4,83	5,01	5,52	6,04	6,56
18	2,70	3,46	3,98	4,45	4,61	5,09	5,57	6,04
24	2,25	2,88	3,31	3,71	3,84	4,24	4,64	5,04

Fuente: Elaboración propia

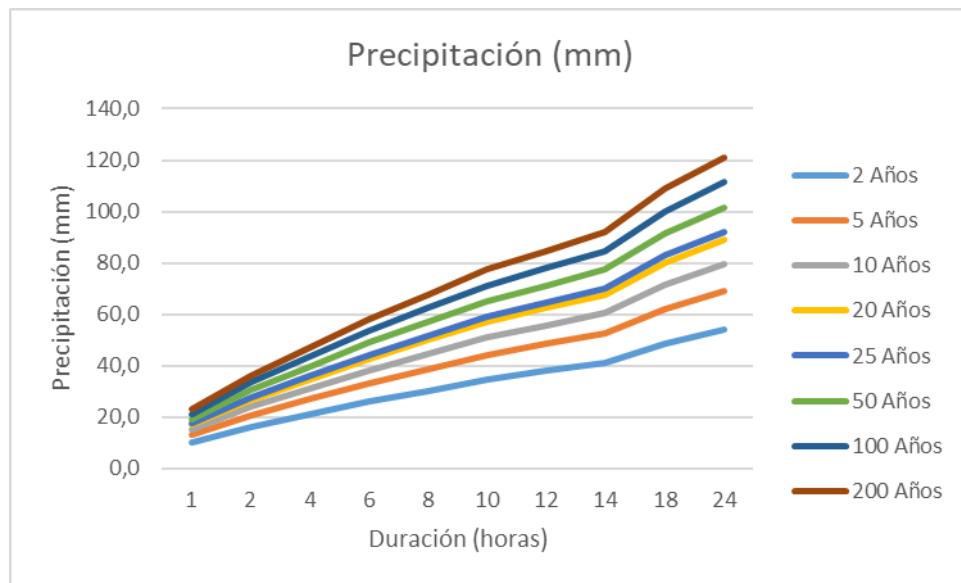


Figura 4. Precipitaciones para distintas duraciones y períodos de retorno
Fuente: Elaboración propia

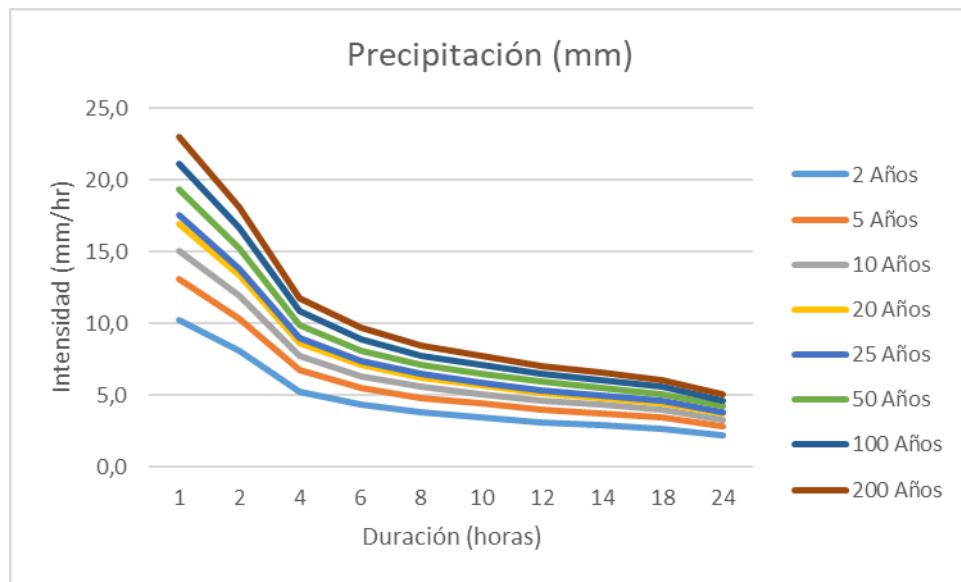


Figura 5. Intensidades para distintas duraciones y períodos de retorno
Fuente: Elaboración propia

2.3.2. Precipitación e intensidad para tiempos de duración menores a 1 hr

Para la obtención de las precipitaciones menores a 1 hr se utilizan las siguientes expresiones.

$$P_t^T = (0,54 * t^{0,25} - 0,2) * (0,2 * \ln(T) + 0,52) * P_1^{10}$$

Donde:

P_t^T = Precipitación con duración t y periodo de retorno T años

$\ln(T)$ = Logaritmo en base del tiempo de retorno

P_1^{10} = Precipitación con periodo de retorno de 10 años y duración de 1 hora

$$I_t^T = \frac{P_t^T}{t}$$

Mediante las expresiones y coeficientes ya expuestos, es posible estimar las precipitaciones máximas e intensidades para diferentes duraciones y periodos de retorno. A continuación, se exponen los resultados de precipitaciones e intensidades, respectivamente.

Tabla 8. Precipitaciones menores a 1 hr para distintas duraciones y periodos de retorno

DURACIÓN (min.)	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)							
	2	5	10	20	25	50	100	200
5	3,09	3,99	4,66	5,34	5,56	6,23	6,91	7,58
10	4,63	5,97	6,98	7,99	8,32	9,33	10,34	11,35
15	5,66	7,29	8,53	9,77	10,17	11,40	12,64	13,88
20	6,45	8,32	9,73	11,14	11,60	13,01	14,42	15,83
25	7,11	9,17	10,73	12,28	12,78	14,34	15,89	17,45
30	7,68	9,90	11,58	13,26	13,80	15,48	17,16	18,84
35	8,18	10,54	12,33	14,12	14,70	16,49	18,27	20,06
40	8,63	11,12	13,01	14,89	15,50	17,39	19,28	21,16
45	9,04	11,65	13,62	15,60	16,24	18,21	20,19	22,16
50	9,41	12,13	14,19	16,25	16,91	18,97	21,03	23,08
55	9,76	12,58	14,71	16,85	17,54	19,67	21,80	23,94

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Intensidades menores a 1 hr para distintas duraciones y periodos de retorno

DURACIÓN (min.)	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)							
	2	5	10	20	25	50	100	200
5	37,10	47,83	55,94	64,05	66,67	74,78	82,89	91,01
10	27,77	35,79	41,87	47,94	49,90	55,97	62,04	68,11
15	22,63	29,17	34,12	39,07	40,67	45,62	50,57	55,52
20	19,36	24,96	29,20	33,43	34,80	39,03	43,27	47,50
25	17,07	22,01	25,74	29,48	30,68	34,41	38,14	41,88
30	15,36	19,80	23,16	26,52	27,60	30,96	34,32	37,68
35	14,02	18,07	21,14	24,21	25,19	28,26	31,33	34,39
40	12,94	16,68	19,51	22,34	23,25	26,08	28,91	31,74
45	12,05	15,53	18,16	20,80	21,65	24,28	26,92	29,55
50	11,29	14,56	17,03	19,50	20,29	22,76	25,23	27,70
55	10,65	13,72	16,05	18,38	19,13	21,46	23,79	26,11

Fuente: Elaboración propia

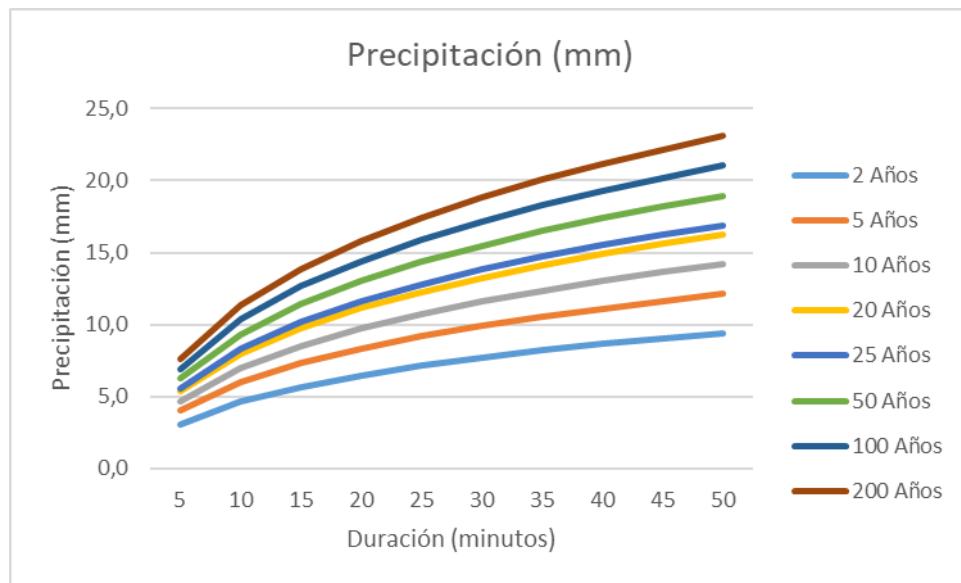


Figura 6. Precipitaciones para distintas duraciones y períodos de retorno
Fuente: Elaboración propia

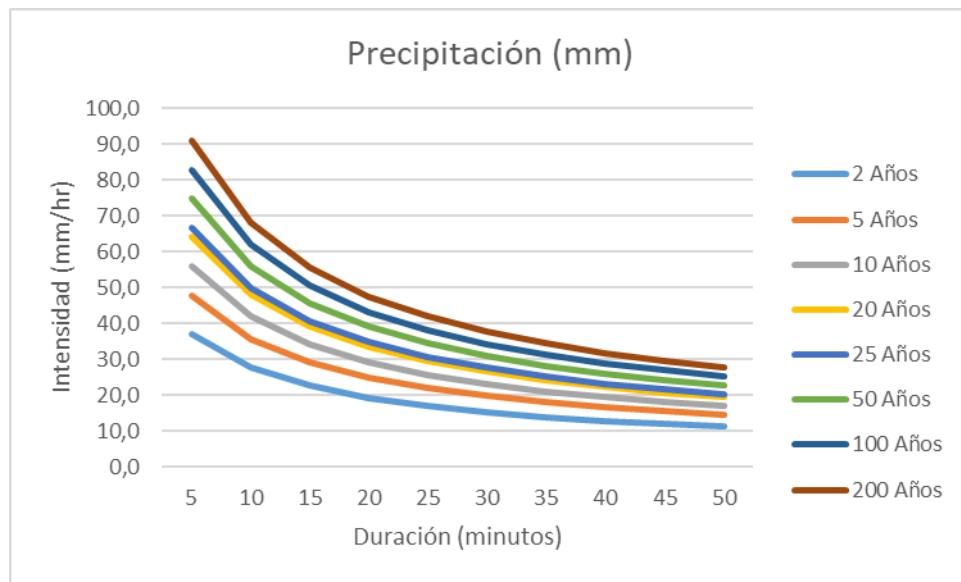


Figura 7. Intensidades para distintas duraciones y períodos de retorno
Fuente: Elaboración propia

3. BASES DE DISEÑO

3.1. Introducción

En este capítulo se establecen los lineamientos mínimos a seguir referentes al diseño, desempeño general y caudales a evacuar de las instalaciones proyectadas.

3.2. Áreas aportantes

Con el fin de poder estimar la cantidad de agua que se debe evacuar, se establecen los sectores que requieren una redirección y/o evacuación de las aguas lluvia. Es así, que se define la totalidad del área aportante como una superficie total de 62451,7 m².

El área expresada es calculada a través de los planos adjuntos al proyecto.

3.3. Intensidad de precipitación

Para poder determinar el caudal de diseño de las obras, es necesario establecer antes la intensidad de diseño de la tormenta a tratar. Para el presente proyecto se evalúa entonces la influencia de una tormenta con un periodo de retorno de 100 años. Siendo así, la intensidad está determinada únicamente por el tiempo de concentración necesario específico en la zona donde se emplaza el proyecto.

3.3.1. Tiempo de concentración

Se define al tiempo de concentración como el tiempo que le toma a la gota más alejada de una superficie específica escurrir hasta el punto más bajo de la misma. Para poder determinar este valor, existen multitud de expresiones validas que son específicas para cada situación, y para este caso se hace uso de la expresión de Kirpich, la cual se expresa a continuación.

$$T_c = \frac{0,0078 * L_c^{0,77}}{S_c^{0,385}}$$

Donde:

T_c = Tiempo de concentración (min)

L_c = Largo del cauce (ft)

S_c = Pendiente longitudinal media del cauce (m/m)

De lo anterior, se establecen los datos de $L_c = 1999,85\text{ ft}$ y $S_c = 0,058\text{ m/m}$, con lo cual es posible estimar un tiempo de concentración igual a 8,13 minutos.

Es así, que basándose en las intensidades calculadas en la Tabla 9 para un periodo de retorno igual a 100 años y considerando un tiempo de 8,13 minutos es posible determinar una intensidad igual a 68,77 mm/hr.

3.4. Coeficiente de escorrentía

El parámetro que describe la capacidad de escurrimiento de las diferentes superficies está influenciado por las características geomorfológicas del área bajo análisis, como la topografía, presencia de vegetación, capacidad de almacenamiento superficial, entre otros factores. Siendo así, y dadas las particularidades del terreno, se determina un coeficiente de escorrentía para toda la superficie del proyecto igual a 0,73.

Cabe destacar, que el método a ocupar para la determinación del caudal es el Método Racional, sin embargo, dicho método presenta una limitación en sus hipótesis involucradas, y es que asume un coeficiente de escorrentía constante para distintas tormentas, lo cual es estrictamente válido únicamente para áreas impermeables. Por esto, se recomienda, por parte del MC-V3 en su apartado 3.702.503, una ampliación del coeficiente para períodos de retorno mayores a 10 años, siendo que para el presente caso se establece un aumento del 25%.

3.5. Determinación de caudales

Expuestos ya los datos necesarios para lograr estimar los flujos resultantes del acopio de la lluvia y que deben ser evacuadas según los lineamientos de este mismo documento, se establecen los caudales aportantes por todo el sector, siendo calculados mediante el Método Racional que se representa bajo la siguiente expresión:

$$Q = \frac{C * I * A}{3,6}$$

Donde,

- Q = Caudal máximo (m³/s)
- C = Coeficiente de escorrentía
- I = Intensidad máxima, que para efectos de este análisis será la intensidad ligada a la precipitación de 1 hora de duración (mm/hr)
- A = Superficie de la zona aportante (km²)

Tabla 10. Caudales resultantes

Origen	Superficie (km ²)	I (mm/hr)	C	C aumentado según MC vol.3	Q (m ³ /s)
Documentación actual	0,06	68,77	0,73	0,91	1,09
Documentación SEIA	0,14	88,73	0,49	0,56	1,967

Fuente: Elaboración propia

El caudal resultante de los análisis expuestos en esta memoria resulta ser menor al presentado ante la autoridad. Dicha discrepancia se explica en que, el proyecto de manejo de aguas lluvia existente, toma en consideración el área de la cantera extendida, mientras que el análisis llevado a cabo por este documento se limita al área actual de la cantera. Sin embargo, y con el conocimiento de una posible extensión de la cantera a futuro, se procede a ocupar el caudal existente presentado ante la autoridad.

De esto se procede a dimensionar el sedimentador en función del caudal más elevado, y por ende, más desfavorable.

4. DISEÑO HIDRAULICO SEDIMENTADOR

Dada la naturaleza de las actividades diarias llevadas a cabo en la zona de proyecto (cantera de áridos) se espera que los flujos pluviales recolectados contengan una cantidad no despreciable de sedimentos. Bajo esta situación se hace necesaria la remoción de dichos sedimentos antes de la descarga de aguas lluvia. Siendo así, se procede a evaluar la instalación de un sedimentador al final de las obras de conducción, con las medidas necesarias para poder purgar al flujo de los componentes indeseados.

Un sedimentador es una estructura anexa al manejo de aguas lluvia que cumple la función de separar el agua de los sedimentos de mayor tamaño, valiéndose de la diferencia de densidades entre estas dos sustancias, permitiendo que los sólidos en suspensión decanten y se acumulen en el fondo de la estructura, mientras que el flujo, ya purgado, es desalojado en la parte superior. A continuación, se muestran esquemas de posibles configuraciones y soluciones de sedimentadores contenidos en la Guía de Diseño de las Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos.

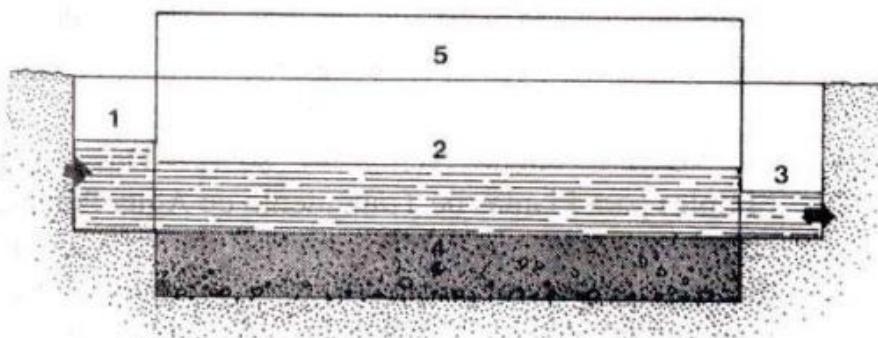


Figura 8. Esquema de los elementos de un sedimentador convencional: 1.- Entrada, 2.- Sedimentador propiamente tal, 3.- Salida, 4.- Zona para sedimentos, 5.- Espacio para retirar los sedimentos

Fuente: Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos. Guía de Diseño

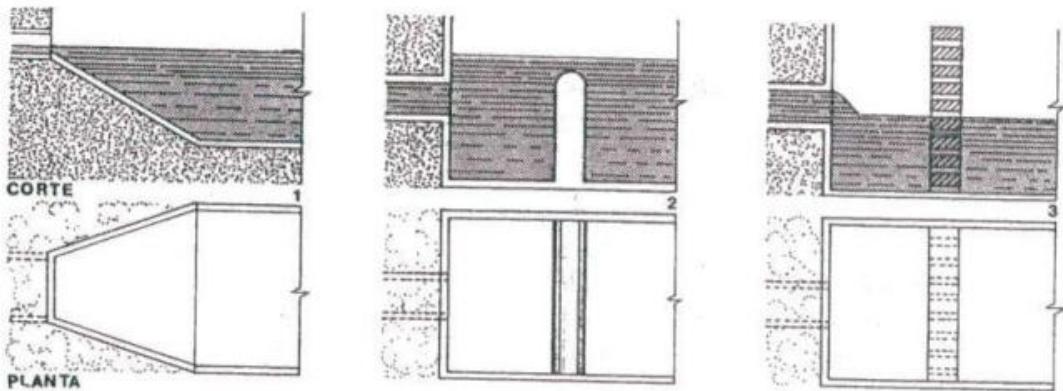


Figura 9. Formas de entrada a un sedimentador: 1.- Expansión gradual, 2.- Vertedero, 3.- Muro perforado

Fuente: Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos. Guía de Diseño

En regla para poder dimensionar un sedimentador es necesario establecer ciertos criterios, tales como el diámetro de las partículas a sedimentar, estableciéndose en este caso un diámetro menos o igual a 0,425 mm.

De lo anterior, y bajo la Guía de Diseño, es posible establecer una velocidad de sedimentación mediante 2 expresiones.

$$V = 100 * d$$

Donde:

- V = Velocidad de sedimentación (mm/s)
 d = Diámetro de la partícula (mm)

$$V^{2-n} = \frac{4 * d^{1+n} * g * (\rho_s - \rho_f)}{3 * C * \rho_f}$$

Donde:

- V = Velocidad final de sedimentación (cm/s)
 d = Diámetro de la partícula (cm)
 g = Aceleración de gravedad (cm/s²)
 ρ_s = Masa específica del sólido (ton/m³)
 ρ_f = Masa específica del fluido (ton/m³)
 C = Coeficiente de arrastre de la partícula (adim), $C = 2 * a * R^{-n}$
 R = Número de Reynolds (adim), $R = \frac{V*d}{\nu}$
 a, n = Coeficientes en función de R nolds (adim)
 ν = Viscosidad cinemática del agua (m²/s)

La primera expresión se trata de un método de cálculo simple, específico para partículas dentro de un rango de diámetros, mientras que la segunda expresión se clasifica como fórmula de Newton y es de carácter general.

4.1. Método simple (NCh 1367)

Teniendo el dato necesario del diámetro medio de las partículas a sedimentar (0,425 mm) es posible establecer que la velocidad de sedimentación es de 4,25 cm/s.

4.2. Método formula de Newton

4.2.1. Número de Reynolds

Este es un valor adimensional utilizado en mecánica de fluidos y en fenómenos de transporte para caracterizar el movimiento de un fluido. Su valor indica si el flujo sigue un modelo laminar o turbulento. Sin embargo, para poder conocerlo, es necesario establecer una velocidad de sedimentación teórica, siendo esta en función del diámetro del sedimento. A continuación, se exponen los valores representativos de velocidad de sedimentación a diferentes diámetros, entregados por la Guía de Diseño.

Diámetro (mm)	Velocidad de sedimentación, (cm/s)	Velocidad de Arrastre (cm/s)
1,0	15,0	60
0,5	7,2	42
0,3	4,0	32
0,1	0,7	20
0,05	0,15	15
0,01	0,01	5
0,005	0,0015	1

Figura 10. Velocidad de sedimentación de partículas

Fuente: Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos. Guía de Diseño

Entonces, y dado que mientras menor es la velocidad de sedimentación, menor también será la eficiencia del sedimentador, se acoge una velocidad conservadora de 4,0 cm/s, equivalente a una partícula de diámetro 0,3 mm.

Por otra parte, es necesaria también establecer la viscosidad cinemática del agua, la cual es conocida y definida como $1,5 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

Finalmente, el número de Reynolds es calculado mediante la expresión presentada anteriormente, resultando en un valor de 11,33.

Gracias a esto, es posible establecer también los coeficientes a y n , los cuales dependerán de R .

Tabla 4.4.5.2: Parámetros a y n en función del Número de Reynolds.

Reynolds	a	n	Fórmula
$10^4 < R < 1$	24	1	de Stokes
$1 < R < 10^3$	18,5	0,6	de Allen
$10^3 < R < 4 \cdot 10^5$	0,44	0	de Newton

Figura 11. Parámetros a y n en función del Número de Reynolds

Fuente: Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos. Guía de Diseño

Desde la Figura 11 es posible determinar que el coeficiente a y n son iguales a 18,5 y 0,6, respectivamente.

4.2.2. Coeficiente de arrastre

Obtenidos los valores anteriores es posible calcular el coeficiente de arrastre correspondiente a las partículas definidas. Siendo así, se reemplazan los valores en la expresión presentada, lo cual define al coeficiente con un valor igual a 8,62.

Finalmente es posible definir la velocidad de sedimentación por medio de la fórmula de Newton en un valor igual a 2,53 cm/s.

4.3. Dimensionamiento

De las velocidades calculadas, se procede a diseñar el sedimentador usando la velocidad que más se asemeja al diseño existente e ingresado en el SEIA, de manera que pueda verificarse el diseño ya aprobado.

El tamaño del sedimentador está intrínsecamente unido a la velocidad de sedimentación (4,25 cm/s), ya que, dependiendo de esta, los tiempos en que el flujo deberá permanecer dentro del sedimentador, será mayor.

Para poder medir esto se establecen importantes criterios, referentes a la geometría del sedimentador:

- Razón entre largo y ancho del sedimentador debe ser mayor o igual a 5 ($L/B \geq 5$)
- Altura media del sedimentador debe ser mayor a la razón entre el caudal de diseño y el producto del ancho del sedimentador con la velocidad de arrastre de las partículas sedimentadas ($H > Q/(B*W)$)
- Tiempo de retención debe ser mayor o igual al tiempo de sedimentación ($t_r \geq t_s$)
- Eficiencia mínima establecida del 90% de capacidad de retención

Por lo tanto, se procede a dimensionar la estructura proyectada en función de los criterios establecidos.

4.3.1. Tiempo de retención

Este se define como el tiempo que es capaz el sedimentador de retener el flujo de diseño, y el cual es posible calcular mediante la siguiente expresión:

$$t_r = \frac{A * H}{Q}$$

Donde:

- | | |
|-------|--|
| t_r | = Tiempo de retención (s) |
| A | = Área de sedimentador en planta (m ²) |
| H | = Altura media del sedimentador (m) |
| Q | = Caudal de diseño (m ³ /s) |

Siendo así, y considerando un sedimentador de 25 m de largo, 4 m de ancho y 1,8 m de altura media, se tiene un tiempo de retención igual a 114,39 s.

4.3.2. Tiempo de sedimentación

Este se define como el tiempo necesario para que las partículas sedimentadas lleguen al fondo del sedimentador, y el cual es posible calcular mediante la siguiente expresión:

$$t_s = \frac{H}{V}$$

Donde:

- | | |
|-------|-------------------------------------|
| t_s | = Tiempo de sedimentación (s) |
| H | = Altura media del sedimentador (m) |
| V | = Velocidad de sedimentación (m/s) |

Siendo así, y considerando un sedimentador de 25 m de largo, 4 m de ancho y 1,8 m de altura media, se tiene un tiempo de sedimentación de 42,35 s.

De lo anterior es posible definir que para un sedimentador de 25x4x1,8 m el tiempo de retención es mucho mayor al tiempo de sedimentación, lo que asegura el correcto funcionamiento de la estructura.

4.4. Eficiencia de remoción

En conformidad con el diseño existente del sedimentador, se procede a verificar la eficiencia que es capaz de alcanzar dicha estructura. Así se tiene, según el manual de diseño, una eficiencia del sedimentador que está dada por la siguiente expresión.

$$\eta = 1 - e^{-\frac{V \cdot A}{Q}}$$

Donde:

- η = Eficiencia de remoción (%)
 A = Área superficial (m²)
 V = Velocidad de sedimentación (m/s)
 Q = Caudal de diseño (m³/s)

Es según lo anterior, que para un sedimentador de medidas 100 m², es posible alcanzar una eficiencia del 89%, aceptándose el valor y estableciendo la verificación como válida.

5. CONCLUSIONES

En conformidad con los antecedentes recabados, se logró hacer un análisis hidrológico en base a las precipitaciones máximas diarias de cada año. Estos datos fueron procesados a través del software Hydrognomon 4, a fin de poder establecer las máximas precipitaciones futuras, y poder diseñar en consecuencia.

Se logró también establecer un caudal de diseño a través del análisis de precipitaciones y el método racional, el cual es ampliamente usado para determinar flujos en función de las variables geomorfológicas del terreno. Así, el caudal de diseño se determinó en 1,09 m³/s, sin embargo, y en virtud de poder verificar el diseño ya presentado ante la autoridad, se hace uso del caudal declarado en los antecedentes, el cual es equivalente a 1,967 m³/s.

Una vez determinado el valor del caudal de diseño se procedió al dimensionamiento del sedimentador, apegándose a los mínimos normativos necesarios tanto en términos de tamaño como de funcionalidad. Siendo así, se logró dimensionar un sedimentador con una altura media de 1,8 m, un largo de 25 m y un ancho de 4 m, lo que implica un área funcional no menor a 100 m².

A su vez, el tiempo de retención se establece en 114,39 s, mientras que el tiempo de sedimentación se establece en 42,35 s. Así, se asegura que el sedimentador es perfectamente funcional y capaz de llevar a cabo su cometido.

De manera similar, y en función de los parámetros expuestos, fue posible determinar la eficiencia del sedimentador en remover las partículas del flujo acopiado, estableciendo que el sedimentador diseñado cuenta con una capacidad total igual al 89% de eficiencia en la remoción.

Dado que el presente proyecto ya se encuentra presentado ante el Servicio de Evaluación Ambiental, y adicionado a que el decantador dimensionado en la documentación ingresada es de características similares al calculado en el presente informe, se procede entonces a proyectar el decantador bajo este diseño.

Fecha:



2025.05.19

08:17:32

-04'00'

SEBASTIAN BAHAMONDÉS CISTERNAS

INGENIERO CIVIL



Ingeniero Civil Sebastián Bahamondes Cisternas

INGENIERIA HIDRÁULICA MANEJO DE AGUAS LLUVIA CANTERA PATAGUAL COMUNA DE CORONEL

MEMORIA DE CÁLCULO DISEÑO DE CONDUCCIÓN DE AGUAS LLUVIA

Para



MAYO 2025

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	CARACTERISTICAS Y ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	3
2.1.	Introducción	3
2.2.	Localización.....	3
2.3.	Estudio hidrológico.....	4
3.	BASES DE DISEÑO.....	4
3.1.	Introducción.....	4
3.2.	Diseño general	4
3.3.	Áreas aportantes y determinación de caudales aportantes.....	6
3.4.	Verificación de capacidad de contrafoso	8
3.5.	Diseño canal conducción a decantador.....	10
4.	CONCLUSIONES	11

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación del proyecto.....	3
Figura 2.	Límite proyecto	4
Figura 3.	Esquema diseño de contrafoso.....	5
Figura 4.	Imagen referencial contrafoso de hormigón	5
Figura 5.	Imagen referencial bajada de aguas lluvias	6
Figura 6.	Áreas tributarias.....	6
Figura 7.	Contrafoso proyectados	7

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Caudal aportante por contrafoso.....	8
Tabla 2.	Pendiente media para cada contrafoso	8
Tabla 3.	Verificación numérica – Expresión Manning.....	9
Tabla 4.	Verificación H-Canales contrafoso.....	9
Tabla 5.	Verificación canal conducción	10
Tabla 6.	Verificación H-Canales canal conducción.....	10

1. INTRODUCCIÓN

En el presente documento se hace entrega de los cálculos y consideraciones de diseño empleadas para el proyecto hidráulico de manejo de aguas lluvia, en la Cantera Patagual.

Para el correcto cumplimiento de lo ya mencionado se consideran los siguientes objetivos específicos:

- Revisión de antecedentes del proyecto.
- Definición de bases de diseño.
- Conclusión y propuesta de solución.

2. CARACTERISTICAS Y ANTECEDENTES DEL PROYECTO

2.1. Introducción

En este capítulo se presenta información general sobre los antecedentes, el diseño y dimensionamiento; tanto de la captación, conducción y de descarga de aguas lluvia. Se establecen, además, la localización y emplazamiento general correspondientes. Todo con el fin de garantizar la correcta captación de las aguas lluvia.

2.2. Localización

Cantera Patagual se ubica en la Región del Bío-Bío, Provincia de Concepción, comuna de Coronel, a una distancia de 6,7 de Coronel. La ubicación espacial se detalla a continuación en la Figura 1 y Figura 2.

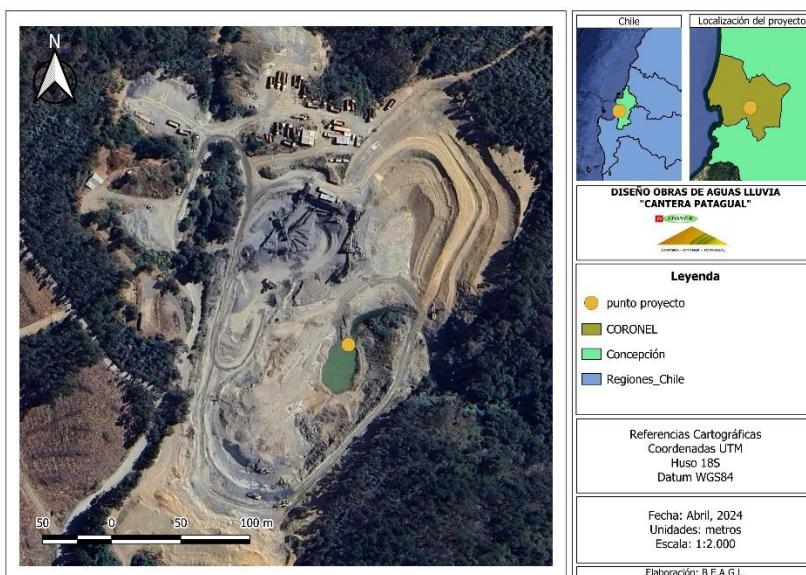




Figura 2. Límite proyecto
Fuente: Google Earth

2.3. Estudio hidrológico

Se hace uso de los datos determinados por el estudio existente y presentado ante la autoridad. Estableciéndose un caudal total a evacuar igual a 1,967 m³/s, para una tormenta con 100 años de periodo de retorno y una intensidad de lluvia igual a 88,73 mm/hr.

3. BASES DE DISEÑO

3.1. Introducción

En este capítulo se establecen los lineamientos mínimos a seguir referentes al diseño, desempeño general y caudales a evacuar de las instalaciones proyectadas.

3.2. Diseño general

En base a lo ya estipulado, y en conformidad de poder generar un sistema de conducción de aguas lluvia, se verifican los contrafosos y fosos descritos en los antecedentes. A continuación, se expone un esquema de la configuración tipo de las estructuras mencionadas.



Figura 3. Esquema diseño de contrafosos

Fuente: Declaración de Impacto Ambiental "Aumento de Extracción de Áridos, Cantera Patagual"

Como es posible apreciar, tanto el coronamiento como el pie de los taludes estarán equipados con sendos contrafosos de manera que el agua lluvia precipitada no erosione los taludes proyectados.

Es así que se procede a verificar la capacidad de las obras de conducción expuestas en los antecedentes del proyecto, que se componen de hormigón H-25, armado con malla Acma C-139, de 30 cm de base y 30 cm de altura. A continuación, se expone el diseño general de las obras de conducción.

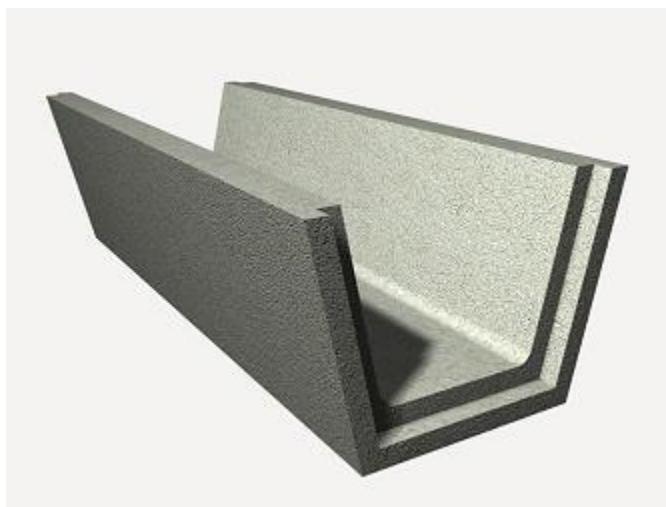


Figura 4. Imagen referencial contrafosos de hormigón

Fuente: Declaración de Impacto Ambiental "Aumento de Extracción de Áridos, Cantera Patagual"

A su vez, los contrafosos descargarán hacia el punto más bajo de la cantera mediante canaletas mediacaña de acero corrugado de diámetro de 0,5 m.

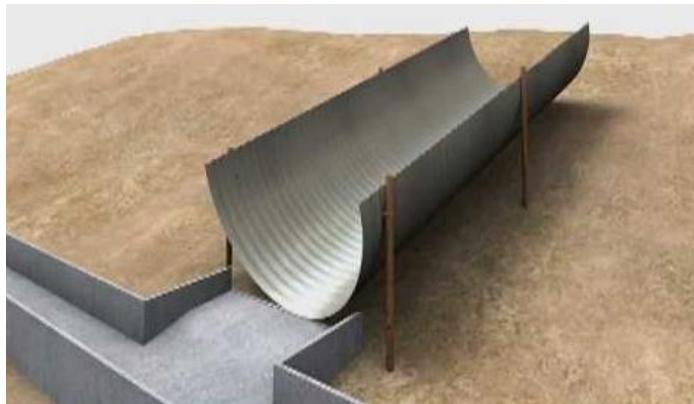


Figura 5. Imagen referencial bajada de aguas lluvias

Fuente: Declaración de Impacto Ambiental “Aumento de Extracción de Áridos, Cantera Patagual”

3.3. Áreas aportantes y determinación de caudales aportantes

Expuestas las obras de conducción, es necesario establecer las áreas de aportantes correspondientes a cada contrafoso, en razón de esto, primeramente, se divide la zona en las siguientes superficies:



Figura 6. Áreas tributarias

Fuente: Elaboración propia



Figura 7. Contrafoso proyectados
Fuente: Elaboración propia

En función de las proyecciones realizadas se procede a designar las áreas de acopio correspondientes para cada contrafoso. Acto seguido, y considerando los datos recabados, se calcula el flujo correspondiente a evacuar por cada contrafoso mediante el Método Racional.

$$Q = \frac{C * i * A}{3,6}$$

Donde;

Q	:	Caudal	(m ³ /s)
C	:	Coeficiente de escorrentía	(adim)
A	:	Área aportante	(km ²)
i	:	Intensidad de lluvia de diseño	(mm/hr)

Es así, que a continuación se presentan tanto las áreas aportantes como los caudales que corresponden a cada configuración de diseño.

Tabla 1. Caudal aportante por contrafoso

Contrafoso	Área aportante	CAUDAL ACUMULADO (m ³ /s)
C1	A1	0,089
C2	A1+A3	0,093
C3	A1+A2+A3+A4+A5+A6+A7+A8+A9	0,501
C4	A2	0,071
C5	A5	0,033
C6	A10	0,011
C7	A9+A10	0,031
C8	A8+A9+10	0,066
C9	A7+A8+A9+10	0,085

Fuente: Elaboración propia

3.4. Verificación de capacidad de contrafoso

Establecidos los caudales que debe transportar cada contrafoso, es necesario determinar igualmente las pendientes medias longitudinales de diseño, ya que la capacidad de transporte de los contrafoso está ligada al mayor tirante capaz de lograr por cada uno. Siendo así, se exponen las pendientes medias en función a la superficie analizada para la composición de los taludes.

Tabla 2. Pendiente media para cada contrafoso

Contrafoso	Pendiente media (%)
C1	1,22
C2	2,75
C3	3,15
C4	0,89
C5	5,42
C6	5,37
C7	4,33
C8	3,36
C9	0,81

Fuente: Elaboración propia

Con los datos recopilados es posible estimar la capacidad máxima de los contrafoso proyectados. Para esto se hace una verificación mediante la expresión de Manning, y una confirmación de los valores a través de software de cálculo hidráulico.

A continuación, se establecen los valores ocupados para el análisis numérico y su posterior verificación mediante el software H-Canales.

$$Q = \frac{A * R^{\frac{2}{3}} * \sqrt{S}}{n}$$

Donde;

Q	:	Caudal	(m ³ /s)
R	:	Radio hidráulico en función del tirante	(m)
A	:	Área de la sección del flujo del agua	(m ²)
S	:	Pendiente de la línea de agua	(m/m)

Tabla 3. Verificación numérica – Expresión Manning

Contrafoso	Caudal (m ³ /s)	Perímetro mojado (m)	Área mojada (m ²)	Pendiente (m/m)	Manning	Capacidad (m ³ /s)	VERIFICACIÓN
C1	0,089	0,971	0,135	0,0122	0,011	0,364	CUMPLE
C2	0,093	0,971	0,135	0,0275	0,011	0,546	CUMPLE
C3	0,501	0,971	0,135	0,0315	0,011	0,585	CUMPLE
C4	0,071	0,971	0,135	0,0089	0,011	0,311	CUMPLE
C5	0,033	0,971	0,135	0,0542	0,011	0,767	CUMPLE
C6	0,011	0,971	0,135	0,0537	0,011	0,763	CUMPLE
C7	0,031	0,971	0,135	0,0433	0,011	0,685	CUMPLE
C8	0,066	0,971	0,135	0,0336	0,011	0,604	CUMPLE
C9	0,085	0,971	0,135	0,0081	0,011	0,296	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Verificación H-Canales contrafoso

Contrafoso	Tirante (cm)
C1	13,03
C2	10,43
C3	27,47
C4	12,49
C5	4,45
C6	2,27
C7	4,59
C8	7,93
C9	14,35

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los análisis realizados es posible establecer que los contrafoso son capaces de hacer frente a la tormenta de diseño propuesta por el estudio hidrológico, siguiendo el diseño expuesto en los antecedentes del proyecto, donde cada contrafoso consta de una sección trapezoidal, de base y altura igual a 30 cm, y un talud en razón 1H:2V.

3.5. Diseño canal conducción a decantador

Como ya se ha descrito en este informe, las aguas, una vez acopias por los contrafoso, serán descargadas a través de mediacañas hasta el pie de los taludes, donde serán dirigidas hasta el sedimentador.

Para lograr que esta conducción sea efectiva, se diseña un canal lo suficientemente grande que sea capaz de transportar el total del caudal establecido (1,967 m³/s), así, y nuevamente, mediante una verificación numérica y de software, se estable la geometría de la sección necesaria.

Tabla 5. Verificación canal conducción

Contrafoso	Caudal (m ³ /s)	Perímetro mojado (m)	Área mojada (m ²)	Pendiente (m/m)	Manning	Capacidad (m ³ /s)	VERIFICACIÓN
CANAL COND.	1,967	1,718	0,425	0,05	0,011	3,404	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Verificación H-Canales canal conducción

Contrafoso	Tirante (cm)
CANAL COND.	36,17

Fuente: Elaboración propia

Como es posible apreciar, la sección necesaria del canal para poder hacer frente al caudal total precipitado sobre la cantera, debe ser con una base de 60 cm y 50 cm de alto, manteniendo un talud en razón de 1H:2V, alcanzando un tirante máximo igual a 36,17 cm.

4. CONCLUSIONES

En conformidad con los antecedentes recabados, se logró establecer los estándares de diseño para cada obra de conducción.

En virtud de la optimización de los espacios en el coronamiento de los taludes, se elige por discretizar la cantidad de aguas lluvias acopadas por cada contrafoso, de esta manera, no se asume que cada obra deberá ser capaz de conducir el flujo total de la cuña, si no que se limitará a las zonas que efectivamente descargarán a cada contrafoso. Gracias a este análisis es posible establecer que contrafosos más grandes que los ya declarados en los antecedentes no son necesarios, ya que las medidas de 30 cm de base y 30 cm de alto, son perfectamente capaces de hacer frente a los flujos acopiados.

Cabe destacar que la proyección de contrafosos se limitó a las áreas demarcadas donde se llevarían a cabo las obras de taludes, dejando fuera el sector noreste, en el cual no se especifica una intervención. No obstante, se conoce que para ese sector se espera aplicar un plan de reforestación, plantado nueva flora y dándole estabilidad a los taludes existentes del sector.

Adicionalmente se logró calcular una obra de conducción ubicada en la parte baja de la cuña, la cual será la encargada de acopiar la totalidad de las aguas y llevarla hasta el sedimentador. La obra constará de un canal trapezoidal de 60 cm de base y 50 cm de alto, lo cual es más que suficiente para hacer frente al caudal total declarado en los antecedentes (1,967 m³/s).

Se debe tener en consideración que la continua acumulación de aguas lluvias en el fondo de la cuña ha generado alteraciones en la topografía del terreno, por lo que se recomienda un reperfilamiento de las cotas a fin de que todas las aguas descargadas puedan ser conducidas gravitacionalmente hasta el canal de conducción o, en su defecto, al sedimentador.

Fecha:



2025.05.19

08:19:36

-04'00'

SEBASTIAN BAHAMONDÉS CISTERNAS

INGENIERO CIVIL

PLAN DE CUMPLIMIENTO REFUNDIDO		 GeaAmbiental MONITOREOS Y ESTUDIOS AMBIENTALES
Informe Técnico	ITSA-PDC-544.2416-1	
Versión 1	36 páginas	
Fecha envío: 05-06-2025		

PLAN DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL REFUNDIDO

PROYECTO “EXTRACCIÓN Y PROCESAMIENTO DE ÁRIDOS

PATAGUAL” REGIÓN DEL BIOBÍO.

JUNIO, 2025

ELABORADO Y REVISADO	NOMBRE	CARGO	FECHA
	Adan Montecinos A.	Jefe de operaciones	09-01-2025

1. INTRODUCCIÓN

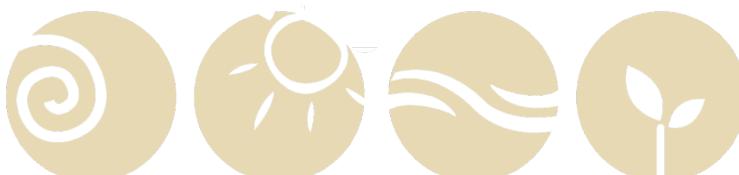
Por medio del presente documento se expone el Programa de Cumplimiento Refundido de la empresa DITONER y Cía Ltda. en adelante “el titular” de acuerdo a las observaciones formuladas al plan de cumplimiento por la Superintendencia del Medio Ambiente (en adelante “SMA”) en la Resolución Exenta N°2 / ROL D-287-2024.

Este documento ha sido elaborado en cumplimiento de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, del Decreto Supremo N°30, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente, e incorporando la Guía para la presentación de Programas de Cumplimiento por infracciones a instrumentos de carácter ambiental de julio de 2018.

De este modo, el presente programa cumple con los contenidos establecidos en el artículo 7º del D.S. N°30, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente, esto es, contiene, entre otros, los siguientes antecedentes: i) una breve descripción de los hechos, actos u omisiones identificados por la SMA, en el contexto de lo indicado en el artículo 35 a) de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medioambiente (en adelante LOSMA); ii) el plan de acciones y metas que se implementarán; iii) el plan de seguimiento, que incorpora el cronograma de acciones y metas, así como los correspondientes indicadores de cumplimiento, y la entrega de informes periódicos sobre la implementación de cada una de ellas, además la entrega del reporte final correspondiente; iv) la información técnica de respaldo en cada caso; y, v) los costos estimados para dar cumplimiento al citado programa, los cuales permiten acreditar su eficacia y seriedad.

Atendido lo anterior, se incluyen tablas en donde se presenta el programa de cumplimiento para los cargos interpuestos por la SMA, en las que se identifican los plazos de ejecución de medidas, las metas e indicadores, medios de verificación, supuestos y costos asociados. Finalmente se presenta un cronograma que resume los plazos de ejecución de cada una de las medidas mencionadas.

Las acciones, metas y seguimiento indicadas, y desarrolladas en el presente Programa de Cumplimiento, están orientadas a resolver los cargos indicados en la Resolución Exenta N° 1 / ROL D-287-2024 y posterior Resolución Exenta N°2 / ROL D-287-2024., y permiten asegurar el cumplimiento de las disposiciones identificadas por la autoridad. Además, el presente Programa de Cumplimiento establece los mecanismos necesarios para acreditar el íntegro y oportuno cumplimiento del mismo.



2. PLAN DE CUMPLIMIENTO

En el siguiente apartado se describen los hechos y plan de acción y cumplimiento planteado por parte del titular del proyecto.

I. EXTRACCIÓN Y ESTABILIDAD DE LA CANTERA

1. DESCRIPCIÓN DEL HECHO QUE CONSTITUYE LA INFRACCIÓN Y SUS EFECTOS	
IDENTIFICACIÓN DEL HECHO	Cargo N°1
DESCRIPCIÓN DE LOS HECHOS, ACTOS Y OMISIONES QUE CONSTITUYEN LA INFRACCIÓN	No respetar el diseño técnico de la cuña de extracción a través de avances escalonados de los taludes, lo que se constata en: 1. No mantiene relación H:V=1:1 (45°); 2. Se construyeron con una profundidad de excavación de más de 8 metros.
NORMATIVA PERTINENTE	Considerando 4.3.1; 4.3.2 de la RCA N°181/2019 y Punto 5.2 Anexo 2.1 de la DIA asociada al proceso de evaluación ambiental de la RCA N°181/2019.
DESCRIPCIÓN DE LOS EFECTOS NEGATIVOS PRODUCIDOS POR LA INFRACCIÓN O FUNDAMENTACIÓN DE LA INEXISTENCIA DE EFECTOS NEGATIVOS	<p>El incumplimiento del diseño previsto para la cuña de extracción, verificado en sectores donde se observan pendientes superiores a lo definido y alturas de terrazas cercanas a los 10 metros, puede generar efectos negativos relevantes desde el punto de vista operativo y de seguridad.</p> <p>El principal riesgo identificado es la inestabilidad de los taludes, lo cual podría derivar en deslizamientos o desprendimientos de material. Esta condición se vuelve especialmente crítica ante la ocurrencia de lluvias intensas o eventos sísmicos, incluso de baja intensidad, los cuales podrían actuar como detonantes de fallas en los taludes.</p> <p>Estas condiciones ponen en riesgo la seguridad de los trabajadores que operan en la zona de explotación, así como la integridad de las maquinarias y equipos utilizados en faenas de extracción. La caída de material desde zonas inestables puede generar accidentes con consecuencias graves para las personas y daños materiales significativos.</p> <p>Asimismo, la presencia de taludes con geometrías no controladas podría afectar la continuidad de las operaciones, debido a la necesidad de adoptar medidas correctivas para estabilizar el terreno y restablecer condiciones seguras de trabajo, lo que puede generar retrasos en la ejecución del proyecto y un aumento en los costos operacionales.</p>



	<p>En resumen, el incumplimiento del diseño de la cuña de extracción genera un conjunto de riesgos operacionales y de seguridad, cuya magnitud puede incrementarse bajo condiciones meteorológicas o geotécnicas desfavorables, comprometiendo tanto la integridad de las personas como la eficiencia del proceso extractivo.</p>
FORMA EN QUE ELIMINAN O CONTIENEN Y REDUCEN LOS EFECTOS Y FUNDAMENTACIÓN EN CASO QUE NO PUEDAN SER ELIMINADOS	<p>Rediseñar el sistema de estabilidad de taludes en zonas explotadas de acuerdo a la conformación de terrazas, manteniendo una relación 1:1 (H:V) (45°) con una altura máxima de 8 m por terraza y un ancho de 3 m que permita el tránsito seguro de equipos de excavación y transporte, así como se planteó originalmente en el proyecto de extracción y consignado en la RCA N°181/2019, de tal forma que estabilice y optimice las condiciones actuales de la cantera.</p>

2. PLAN DE ACCIONES Y METAS PARA CUMPLIR CON LA NORMATIVA, Y ELIMINAR O CONTENER Y REDUCIR LOS EFECTOS NEGATIVOS GENERADOS

1.1 METAS

- 1.- Rediseñar sistema de aterrazamiento en cantera.
- 2.- Ejecución de terrazas en cantera.

2.2. PLAN DE ACCIONES

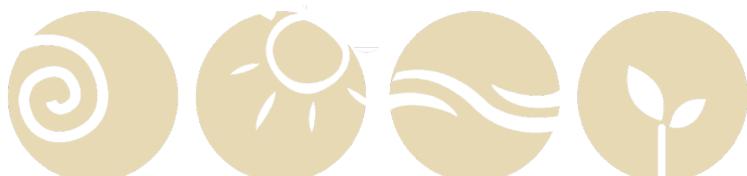
2.2.1 ACCIONES EJECUTADAS

Incluir todas las acciones cuya ejecución ya finalizó o finalizará antes de la aprobación del Programa.

Nº IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN (describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)	FECHA DE IMPLEMENTACIÓN (fechas precisas de inicio y de término)	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO (datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o	MEDIOS DE VERIFICACIÓN (a informar en Reporte Inicial)	COSTOS INCURRIDOS (en miles de \$)	IMPEDIMENTOS EVENTUALES (indicar según corresponda: acción alternativa que se ejecutará y su identificador, implicancias



			cuantificar el cumplimiento de las acciones y metas definidas)			que tendría el impedimento y gestiones a realizar en caso de su ocurrencia)
1	Acción Replanteo topográfico zonas de extracción, cantera. Forma de Implementación Se llevará a cabo la ejecución del replanteo topográfico de las zonas donde se han desarrollado las actividades extractivas.	Inicio: Enero 2025 Termino: Mayo 2025	Planimetrias de levantamiento topográfico (generales y perfiles)	Reporte inicial Topografía: Planos transversales finales (anexo).	\$2.086.764	No aplica
2	Acción Estabilidad de taludes Forma de Implementación La implementación del estudio de estabilidad de taludes consistió en la verificación de condiciones actuales en terreno por medio de topografía, la definición de la geometría y parámetros geotécnicos del macizo rocoso, y la modelación numérica mediante el software <i>Slide</i> . Se evaluó la	Inicio: Febrero 2025 Termino: Mayo 2025	Memoria descriptiva con el detalle de la evaluación de taludes y presentación de medidas para mejorar estabilidad.	Reporte inicial Informe de estabilidad de taludes (anexo)	\$1.000.000	No aplica



	estabilidad bajo condiciones estáticas y sísmicas, utilizando un coeficiente sísmico horizontal ($K_h=0,2$) según el método pseudoestático. La implementación del estudio de estabilidad de taludes incluyó la verificación en terreno, definición de geometría y parámetros geotécnicos, y modelación numérica mediante el software <i>Slide</i> . Se evaluaron las condiciones estáticas y sísmicas aplicando un coeficiente sísmico horizontal ($K_h=0,2K_h = 0,2K_h=0,2$) bajo el método pseudoestático. Con este estudio es posible identificar si los taludes actuales requieren ser adecuadamente modificados para asegurar la estabilidad de la cantera y cumplir con los estándares técnicos y ambientales establecidos.				
--	---	--	--	--	--



2.2.2. ACCIONES EN EJECUCIÓN

Incluir todas las acciones que han iniciado su ejecución o se iniciarán antes de la aprobación del Programa.

Nº IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN (describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)	FECHA DE INICIO Y PLAZO DE EJECUCIÓN (fecha precisa de inicio para acciones ya iniciadas y fecha estimada para las próximas a iniciarse, y plazo de ejecución)	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO (datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el avance y cumplimiento de las acciones y metas definidas)	MEDIOS DE VERIFICACIÓN (a informar en Reporte Inicial, Reportes de Avance y Reporte Final respectivamente)	COSTOS INCURRIDOS (en miles de \$)	IMPEDIMENTOS EVENTUALES (indicar según corresponda: acción alternativa que se ejecutará y su identificador, implicancias que tendría el impedimento y gestiones a realizar en caso de su ocurrencia)
	Acción No aplica Forma de implementación No aplica	No aplica	No aplica	Reporte inicial No aplica Reportes de avance Reporte final No aplica	No aplica	Impedimentos No aplica Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento No aplica



2.2.3 ACCIONES PRINCIPALES POR EJECUTAR

Nº IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN (describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)	PLAZO DE EJECUCIÓN (periodo único a partir de la notificación de la aprobación del PDC, definido con un inicio y término de forma independiente de otras acciones)	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO (datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el avance y cumplimiento de las acciones y metas definidas)	MEDIOS DE VERIFICACIÓN (a informar en Reportes de Avance y Reporte Final respectivamente)	COSTOS ESTIMADOS (en miles de \$)	IMPEDIMENTOS EVENTUALES (indicar según corresponda: acción alternativa que se ejecutará y su identificador, implicancias que tendría el impedimento y gestiones a realizar en caso de su ocurrencia)
3	Acción	Inicio: Septiembre de 2025. Termino: Diciembre 2025.	Finalización de la ejecución del plan de adecuación de cantera, relacionado con cambios geométricos desarrollados en toda la zona explotada por el proyecto y asegurar la	Reportes de avance	\$25.000.000	Impedimentos
	Ejecución Plan de adecuación de cantera			Fotografías fechadas y georreferenciadas de los primeros cambios geométricos ejecutados, relacionados con el aterrazamiento de las áreas explotadas por el proyecto.		Eventos climáticos adversos como lluvias intensas y prolongadas (más de 50 mm por hora).
	Forma de Implementación			Reporte final		Acción alternativa, implicancias y



			estabilidad de taludes.		gestiones asociadas al impedimento
	<p>Se ejecutarán labores relacionadas con cambios geométricos, asociados al aterrazamiento de las zonas explotadas.</p> <p>La ejecución se realizará acorde a lo indicado en el informe y planos sobre el plan de adecuación de cantera.</p>		<p>Registro Fotográfico (fechado y georreferenciada) de finalización de obras de aterrazamiento.</p> <p>Validación de dimensiones y grados de pendientes de terrazas, de acuerdo a diseño de ingeniería.</p> <p>Recepción final de actividades de adecuación geométrica de la cantera.</p>		<p>Ejecutar actividades en época de primavera verano con baja probabilidad de lluvias intensas y prolongadas.</p>

2.2.4. ACCIONES ALTERNATIVAS

Nº IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN (describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)	ACCIÓN PRINCIPAL ASOCIADA (Nº Identificador)	PLAZO DE EJECUCIÓN (a partir de la ocurrencia del impedimento)	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO (datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o	MEDIOS DE VERIFICACIÓN (a informar en Reportes de Avance y Reporte Final)	COSTOS ESTIMADOS (en miles de \$)



				cuantificar el avance y cumplimiento de las acciones y metas definidas)	respectivamente	
4	Acción Aviso a SMA de la ocurrencia del impedimento. Forma de Implementación Se dará aviso inmediato a la SMA ocurrido el impedimento, mediante correo electrónico u otro medio idóneo al efecto.	Ejecución Plan de adecuación de cantera	5 días hábiles	Comprobante de envío de correo electrónico dando aviso a la SMA de la ocurrencia del impedimento.	No aplica	No aplica

1. PLAN DE SEGUIMIENTO DEL PLAN DE ACCIONES Y METAS		
3.1 REPORTE INICIAL		
REPORTE ÚNICO DE ACCIONES EJECUTADAS Y EN EJECUCIÓN		
PLAZO DEL REPORTE (en días hábiles)	30	Días hábiles desde la notificación de la aprobación del Programa
ACCIONES A REPORTAR (Nº identificador y acción)	Nº Identificador	Acción a reportar
	1. Replanteo topográfico zonas de extracción, cantera	- Topografía: Planos transversales finales.



	2. Estabilidad de taludes	- Informe de estabilidad de taludes
--	---------------------------	-------------------------------------

3.2 REPORTES DE AVANCE

REPORTE DE ACCIONES EN EJECUCIÓN Y POR EJECUTAR.

TANTOS REPORTES COMO SE REQUIERAN DE ACUERDO A LAS CARÁCTERISTICAS DE LAS ACCIONES REPORTADAS Y SU DURACIÓN

PERIODICIDAD DEL REPORTE (Indicar periodicidad con una cruz)	Semanal	
	Bimensual (quincenal)	
	Mensual	x
	Bimestral	
	Trimestral	
	Semestral	

ACCIONES A REPORTAR (Nº Identificador y acción)	Nº Identificador	Acción a reportar
	3.- Ejecución de Plan de adecuación de cantera	- Registro fotográfico de avance en los cambios geométricos ejecutados en la cantera.

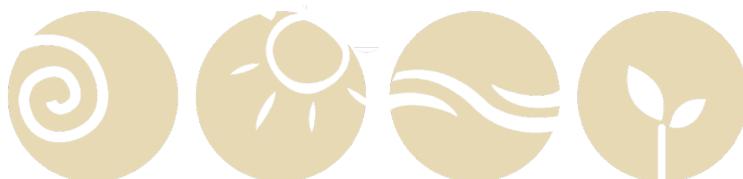
3.3. REPORTE FINAL

REPORTE ÚNICO AL FINALIZAR LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA

PLAZO DE TÉRMINO DEL PROGRAMA CON ENTREGA DEL REPORTE FINAL	30	Días hábiles a partir de la finalización de la acción de más larga data
ACCIONES A REPORTAR (Nº identificador y acción)	Nº Identificador	Acción a reportar
	3.- Ejecución de Plan de adecuación de cantera	- Validación de dimensiones y grados de pendientes de terrazas, de acuerdo a diseño de ingeniería. - Reporte fotográfico (georreferenciado) final de las terrazas reconfiguradas. - Recepción final de actividades de adecuación geométrica de la cantera.



1. CRONOGRAMA																	
EJECUCIÓN ACCIONES	En Meses		En Semanas		Desde la aprobación del programa de cumplimiento												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Nº Identificador de la Acción																	
3.- Ejecución plan de adecuación en cantera	x	x	x	x													
ENTREGA DE REPORTES																	
Reporte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
	x																
Fotografías fechadas y referenciadas de las primeras obras de adecuación geométrica ejecutadas en cantera.																	
Registro fotográfico de avance en los cambios geométricos ejecutados en todas las zonas explotadas.	x	x	x	x													
Validación de dimensiones y grados de pendientes de terrazas, de acuerdo a diseño de ingeniería.				x													
Recepción final de actividades de adecuación geométrica de la cantera				x													

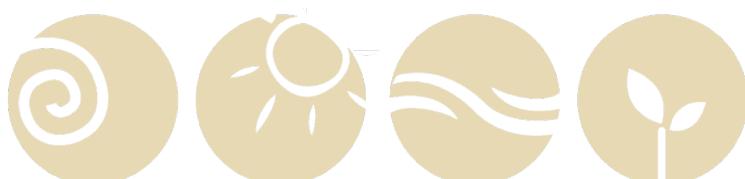


II. EVACUACIÓN DE AGUAS LLUVIAS

1. DESCRIPCIÓN DEL HECHO QUE CONSTITUYE LA INFRACCIÓN Y SUS EFECTOS	
IDENTIFICACIÓN DEL HECHO	Cargo N° 2
DESCRIPCIÓN DE LOS HECHOS, ACTOS Y OMISIONES QUE CONSTITUYEN LA INFRACCIÓN	No implementar las siguientes obras exigidas para evacuar las aguas lluvias de los taludes: <ul style="list-style-type: none">- Canaletas de aproximación- Pedraplén- Conector de salida- Sedimentador gravitacional
NORMATIVA PERTINENTE	Considerandos 4.3.2 de la RCA N°181/2019
DESCRIPCIÓN DE LOS EFECTOS NEGATIVOS PRODUCIDOS POR LA INFRACCIÓN O FUNDAMENTACIÓN DE LA INEXISTENCIA DE EFECTOS NEGATIVOS	<p>El considerando 4.3.2 de la RCA N°181/2019 indica que; <i>"La evacuación de aguas lluvias de los taludes, se generará a través de contrafoso el cual es un elemento que se construye en la cabeza de los taludes con el fin de controlar las escorrentías superficiales evitando que puedan infiltrarse, previniendo el desgaste y deterioro de la superficie terrestre. Su principal función es conducir las aguas lluvias interceptadas hacia las canaletas dispuestas a los costados de los taludes, llevando el agua al punto de descarga proyectado e indicado en el PAS N°156 del Anexo 4.3 de la DIA"</i></p> <p><i>"Las aguas lluvias no se consideran un residuo líquido. La descarga de éstas se realizará en el estero Sin nombre, las aguas lluvias procedentes del área de cantera, las que serán previamente tratadas en un sedimentador gravitacional (aguas de contacto). La superficie a afectar por la obra considera la canaleta de aproximación, el sedimentador, el colector de salida y el pedraplén proyectado. El área a afectar por la obra corresponde a 210 m² aproximadamente. El sedimentador proyectado, en su mayoría, queda dentro de la cuña proyectada, y en su totalidad dentro del predio. La obra de descarga y el pedraplén se extienden hasta la quebrada existente, de manera de conectar la cantera de extracción y permitir el escurrimiento".</i></p> <p>Por otro lado, el punto 7 del Anexo 4.3 "PAS 156" de la DIA asociada al proceso de evaluación ambiental de la RCA N°181/2019, indica que: <i>"El proyecto de modificación de cauce considera la construcción de un sedimentador previo a la descarga a la quebrada Sin Nombre, de manera que la escorrentía que proviene de la cuña no posea gran carga de sedimentos". Respecto a su dimensionamiento, establece en su punto 7.2 que "La obra proyectada es diseñada para sedimentar gravitacionalmente al menos un 90% de las partículas</i></p>



	<p>correspondientes a un diámetro 0,425mm (límite entre arena fina y arena media), es decir, toda partícula superior a ese diámetro cuenta con la capacidad de decantar en el sedimentador y se evita cualquier efecto de arrastre de material a la salida hacia la quebrada".</p> <p>De acuerdo a lo anterior, es posible indicar que el incumplimiento asociado a la no construcción de instalaciones que permitan controlar las escorrentías superficiales de la zona de extracción, con la finalidad de encausar aguas lluvias y decantar el material que es arrastrado por esta escorrentía, puede causar efectos sobre la quebrada sin nombre aledaña y que converge en el estero el Manzano, principalmente relacionados con un aumento de los sólidos suspendidos en el cuerpo de agua y por ende un aumento en su turbidez.</p>																																
FORMA EN QUE ELIMINAN O CONTIENEN Y REDUCEN LOS EFECTOS Y FUNDAMENTACIÓN EN CASO QUE NO PUEDAN SER ELIMINADOS	<p>Dado que no se han identificado alteraciones relevantes en los parámetros de calidad del agua de la quebrada sin nombre —según la campaña de monitoreo realizada en mayo de 2025, se concluye que actualmente el cuerpo receptor no presenta una afectación ambiental significativa.</p> <p>A continuación, se presentan los resultados de los principales parámetros analizados:</p> <table border="1" data-bbox="718 791 1615 1175"><thead><tr><th>Parámetro</th><th>Resultado</th><th>Referencia / Rango</th><th>Método</th></tr></thead><tbody><tr><td>Conductividad eléctrica</td><td>249 µS/cm</td><td>-</td><td>SM 2510 B</td></tr><tr><td>Sólidos sedimentables</td><td>< 0,1 mL/L</td><td>0,1 mL/L (LD)</td><td>SM 2540 F</td></tr><tr><td>Turbiedad</td><td>3,3 UNT</td><td>0,5 UNT (LD)</td><td>SM 2130 B</td></tr><tr><td>Temperatura</td><td>22,7 °C</td><td>-</td><td>SM 2550 B</td></tr><tr><td>Alcalinidad</td><td>35 mg CaCO₃/L</td><td>Mínimo 20 mg CaCO₃/L</td><td>SM 2320 B</td></tr><tr><td>Color aparente</td><td>< 5 unidad Pt-Co</td><td>Límite: 100 unidad Pt-Co</td><td>SM 2120 B</td></tr><tr><td>pH</td><td>5,94</td><td>Rango admisible: 5,5–9,0</td><td>SM 4500 H B</td></tr></tbody></table> <p>Estos valores reflejan un buen estado general del recurso hídrico, indicando baja presencia de contaminantes, adecuado nivel de mineralización (alcalinidad), ausencia de coloración anómala y un pH dentro del rango permitido para cuerpos de agua naturales.</p>	Parámetro	Resultado	Referencia / Rango	Método	Conductividad eléctrica	249 µS/cm	-	SM 2510 B	Sólidos sedimentables	< 0,1 mL/L	0,1 mL/L (LD)	SM 2540 F	Turbiedad	3,3 UNT	0,5 UNT (LD)	SM 2130 B	Temperatura	22,7 °C	-	SM 2550 B	Alcalinidad	35 mg CaCO ₃ /L	Mínimo 20 mg CaCO ₃ /L	SM 2320 B	Color aparente	< 5 unidad Pt-Co	Límite: 100 unidad Pt-Co	SM 2120 B	pH	5,94	Rango admisible: 5,5–9,0	SM 4500 H B
Parámetro	Resultado	Referencia / Rango	Método																														
Conductividad eléctrica	249 µS/cm	-	SM 2510 B																														
Sólidos sedimentables	< 0,1 mL/L	0,1 mL/L (LD)	SM 2540 F																														
Turbiedad	3,3 UNT	0,5 UNT (LD)	SM 2130 B																														
Temperatura	22,7 °C	-	SM 2550 B																														
Alcalinidad	35 mg CaCO ₃ /L	Mínimo 20 mg CaCO ₃ /L	SM 2320 B																														
Color aparente	< 5 unidad Pt-Co	Límite: 100 unidad Pt-Co	SM 2120 B																														
pH	5,94	Rango admisible: 5,5–9,0	SM 4500 H B																														



Se estima que esta condición favorable actual responde, al menos en parte, a la existencia de un sedimentador rústico operativo, el cual, aunque no cuenta con obras de ingeniería formal, cumple una función básica de retención de sólidos y atenuación de contaminantes transportados por escorrentía superficial.

No obstante lo anterior, el titular ha decidido ejecutar la construcción de un sedimentador definitivo, diseñado con criterios de ingeniería y conforme a lo establecido en la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) vigente. Esta medida se implementará como parte del sistema de canalización de aguas lluvias, que contempla además:

- Canaletas de aproximación
- Pedraplén
- Sedimentador
- Conector de salida
- Obras de evacuación

La finalidad de esta infraestructura es garantizar el cumplimiento normativo y la protección del recurso hídrico durante toda la vida útil del proyecto, minimizando riesgos futuros de afectación ambiental, incluso ante posibles cambios en las condiciones del entorno o incrementos en los caudales debido al desarrollo del proyecto.

Además, se ha considerado un plan de monitoreo posterior a la implementación del sistema de sedimentación, que permitirá verificar la efectividad de la medida mediante el seguimiento sistemático de los parámetros indicados en la Tabla 4 de la NCh 1333/1987, en puntos estratégicos antes del estero El Manzano.

2. PLAN DE ACCIONES Y METAS PARA CUMPLIR CON LA NORMATIVA, Y ELIMINAR O CONTENER Y REDUCIR LOS EFECTOS NEGATIVOS GENERADOS

2.1 METAS

Contar con un sistema de recolección, sedimentación, canalización y evacuación de aguas lluvias generadas al interior de la cuña de extracción, que permita asegurar la calidad de las aguas descargadas a la quebrada y que no contengan gran carga de sedimentos. Así como también, contar con un monitoreo de las aguas correspondientes a la quebrada sin nombre.

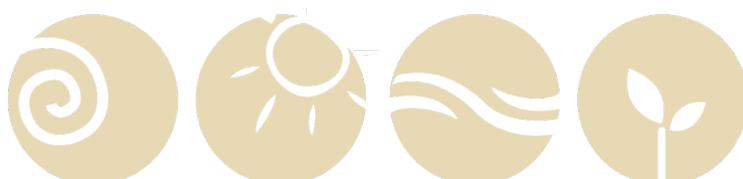
2.2. PLAN DE ACCIONES

2.2.1 ACCIONES EJECUTADAS

Incluir todas las acciones cuya ejecución ya finalizó o finalizará antes de la aprobación del Programa.



Nº IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN (describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)	FECHA DE IMPLEMENTACIÓN (fechas precisas de inicio y de término)	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO (datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el cumplimiento de las acciones y metas definidas)	MEDIOS DE VERIFICACIÓN (a informar en Reporte Inicial)	COSTOS INCURRIDOS (en miles de \$)	IMPEDIMENTOS EVENTUALES (indicar según corresponda: acción alternativa que se ejecutará y su identificador, implicancias que tendría el impedimento y gestiones a realizar en caso de su ocurrencia)								
1	<table border="1"><tr><td>Acción</td><td></td></tr><tr><td>Plan de adecuación y/o rediseño del sistema de evacuación de aguas lluvias.</td><td></td></tr><tr><td>Forma de Implementación</td><td></td></tr><tr><td>Verificación del sistema de drenaje de aguas lluvias actual en la cantera, para evaluar si es posible continuar con el proyecto bajo el plan original o si será necesario adecuarlo, considerando las condiciones actuales.</td><td></td></tr></table>	Acción		Plan de adecuación y/o rediseño del sistema de evacuación de aguas lluvias.		Forma de Implementación		Verificación del sistema de drenaje de aguas lluvias actual en la cantera, para evaluar si es posible continuar con el proyecto bajo el plan original o si será necesario adecuarlo, considerando las condiciones actuales.		Inicio: Enero 2025 Termino: Mayo 2025	Memoria explicativa y planimetría.	Reporte inicial Informe de verificación de diseño, recomendaciones de profesional y planimetrías. (Anexo)	\$1.000.000	No aplica
Acción														
Plan de adecuación y/o rediseño del sistema de evacuación de aguas lluvias.														
Forma de Implementación														
Verificación del sistema de drenaje de aguas lluvias actual en la cantera, para evaluar si es posible continuar con el proyecto bajo el plan original o si será necesario adecuarlo, considerando las condiciones actuales.														



2.2.2. ACCIONES EN EJECUCIÓN

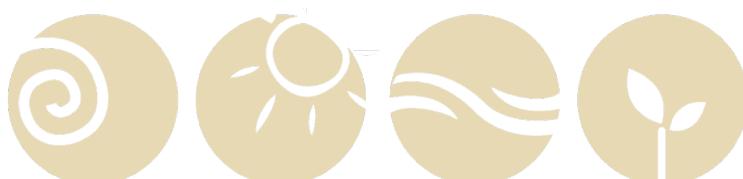
Incluir todas las acciones que han iniciado su ejecución o se iniciarán antes de la aprobación del Programa.

Nº IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN (describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)	FECHA DE INICIO Y PLAZO DE EJECUCIÓN (fecha precisa de inicio para acciones ya iniciadas y fecha estimada para las próximas a iniciarse, y plazo de ejecución)	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO (datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el avance y cumplimiento de las acciones y metas definidas)	MEDIOS DE VERIFICACIÓN (a informar en Reporte Inicial, Reportes de Avance y Reporte Final respectivamente)	COSTOS INCURRIDOS (en miles de \$)	IMPEDIMENTOS EVENTUALES (indicar según corresponda: acción alternativa que se ejecutará y su identificador, implicancias que tendría el impedimento y gestiones a realizar en caso de su ocurrencia)
No aplica	Acción No aplica	No aplica	No aplica	Reporte inicial No aplica Reportes de avance No aplica Reporte final No aplica	No aplica	Impedimentos No aplica Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento No aplica
	Forma de Implementación					
	No aplica					

2.2.3. ACCIONES PRINCIPALES POR EJECUTAR



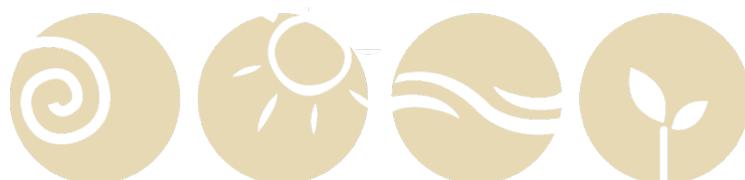
Nº IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN (describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)	PLAZO DE EJECUCIÓN (periodo único a partir de la notificación de la aprobación del PDC, definido con un inicio y término de forma independiente de otras acciones)	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO (datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el avance y cumplimiento de las acciones y metas definidas)	MEDIOS DE VERIFICACIÓN (a informar en Reportes de Avance y Reporte Final respectivamente)	COSTOS ESTIMADOS (en miles de \$)	IMPEDIMENTOS EVENTUALES (indicar según corresponda: acción alternativa que se ejecutará y su identificador, implicancias que tendría el impedimento y gestiones a realizar en caso de su ocurrencia)
2	Acción - Instalación del sistema de canalización de aguas lluvias, colectores, sumideros, foso sedimentador, obras de evacuación y en general todas las obras necesarias para evacuar correctamente las aguas lluvias. Forma de Implementación	Inicio: Septiembre 2025 Termino: noviembre 2025	Obras ejecutadas de acuerdo a las Especificaciones Técnicas y Planimetría asociada, corroborado por el ingeniero a cargo. Correcto funcionamiento del sistema de canalización y	Reportes de avance -Fotografías fechadas de las obras de inicio. Reporte final	\$170.000.000	Impedimentos Eventos climáticos adversos como lluvias intensas y prolongadas (más de 50 mm por hora). Acción alternativa, implicancias y gestiones



			evacuación de aguas lluvias.			asociadas al impedimento
	De acuerdo a las especificaciones técnicas y planimetría que arroje el estudio relacionado con el rediseño de aguas lluvias, se instalarán todas las obras que permitan canalizar y evacuar adecuadamente las aguas lluvias que escurren en la cantera, así como también separar los sólidos sedimentables, lo cual permitirá resguardar la calidad de agua del estero sin nombre.			-Fotografías de las obras finalizadas. -Informe emitido por el profesional a cargo de la instalación del sistema de canalización y evacuación de aguas lluvias.		Las obras se deben ejecutar en épocas del año donde las lluvias no son frecuentes.
2	Acción -Monitoreo de la calidad de agua de quebrada sin nombre, de manera previa y una vez implementado el sistema de canalización y evacuación de aguas lluvias.	Inicio: diciembre 2025 Termino: diciembre 2025	Toma de muestras e ingreso a laboratorio para su análisis.	Reportes de avance Fotografías del terreno.	\$1.700.000	Impedimentos Disponibilidad del laboratorio, ETFA para coordinar la toma de muestras y análisis de laboratorio.
	Forma de Implementación			Reporte final		Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento



	<p>-Instalado el sistema de canalización y evacuación de aguas lluvias, así como una vez que ocurran las primeras precipitaciones, se procederá a realizar la toma de muestras de agua desde quebrada sin nombre en dos puntos para ser monitoreados en su calidad (P1, , posterior a la descarga del sedimentador y P2 previo a desembocar al estero el Manzano).</p> <p>Las muestras de agua serán tomadas por un laboratorio ETFA, así como también el análisis de los siguientes parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> - pH - Temperatura - Oxígeno disuelto - Alcalinidad - Turbiedad - Color - Sólidos flotantes visibles y espumas no naturales - Sólidos sedimentables - Petróleo o cualquier tipo de hidrocarburo 		<p>Informe de análisis emitido por el laboratorio ETFA.</p>	<p>Gestionar con otro laboratorio, para dar cumplimiento en el menor tiempo posible.</p>
--	--	--	---	--



	Estos parámetros serán comparados con los requisitos que establece la NCh 1333/1987 de acuerdo a la tabla 4 (Requisitos generales de aguas destinadas a la vida acuática).					
--	--	--	--	--	--	--

2.2.4. ACCIONES ALTERNATIVAS

Nº IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN (describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)	ACCIÓN PRINCIPAL ASOCIADA (Nº Identificador)	PLAZO DE EJECUCIÓN (a partir de la ocurrencia del impedimento)	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO (datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el avance y cumplimiento de las acciones y metas definidas)	MEDIOS DE VERIFICACIÓN (a informar en Reportes de Avance y Reporte Final respectivamente)	COSTOS ESTIMADOS (en miles de \$)
1 y 2	Acción Aviso a SMA de la ocurrencia del impedimento y reprogramación de actividades. Forma de Implementación Se dará aviso inmediato a la SMA ocurrido el impedimento, mediante correo electrónico u otro medio idóneo al efecto.	1 y 2	5 días hábiles	Comprobante de envío de correo electrónico dando aviso a la SMA de la ocurrencia del impedimento.	No aplica	No aplica

3. PLAN DE SEGUIMIENTO DEL PLAN DE ACCIONES Y METAS

3.1 REPORTE INICIAL

REPORTE ÚNICO DE ACCIONES EJECUTADAS Y EN EJECUCIÓN


contacto@geaambiental.cl

+56 41 3832613

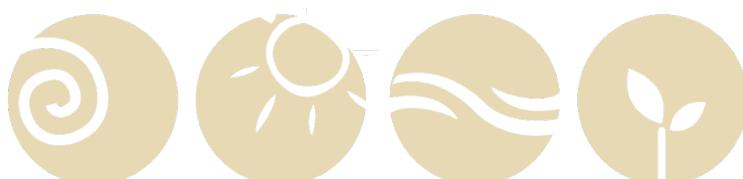
www.geaambiental.cl

PLAZO DEL REPORTE (en días hábiles)	30	Días hábiles desde la notificación de la aprobación del Programa
ACCIONES A REPORTAR (Nº identificador y acción)	Nº Identificador	Acciones a reportar
	1.- Plan de adecuación y/o rediseño del sistema de evacuación de aguas lluvias.	- Verificación de diseño, recomendaciones de profesional y planimetrías (Anexo)
3.2 REPORTES DE AVANCE		
REPORTE DE ACCIONES EN EJECUCIÓN Y POR EJECUTAR.		
TANTOS REPORTES COMO SE REQUIERAN DE ACUERDO A LAS CARÁCTERÍSTICAS DE LAS ACCIONES REPORTADAS Y SU DURACIÓN		
PERIODICIDAD DEL REPORTE (Indicar periodicidad con una cruz)	Semanal	A partir de la notificación de aprobación del Programa. Los reportes serán remitidos a la SMA en la fecha límite definida por la frecuencia señalada. Estos reportes incluirán la información hasta una determinada fecha de corte comprendida dentro del periodo a reportar.
	Bimensual (quincenal)	
	Mensual	
	Bimestral	
	Trimestral	
	Semestral	
ACCIONES A REPORTAR (Nº Identificador y acción)	Nº Identificador	Acciones a reportar
	2. Instalación del sistema de conducción y evacuación de aguas lluvias	Registro fotográfico del avance de las instalaciones.
	3. Monitoreo calidad de agua quebrada sin nombre	Fotografías toma de muestras de agua.
3.3. REPORTE FINAL		
REPORTE ÚNICO AL FINALIZAR LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA		
PLAZO DE TÉRMINO DEL PROGRAMA CON	30	Días hábiles a partir de la finalización de la acción de más larga data



ENTREGA DEL REPORTE FINAL		
ACCIONES A REPORTAR (Nº identificador y acción)	Nº Identificador	Acción a reportar
	2. Instalación del sistema de conducción y evacuación de aguas lluvias	-Fotografías de las obras finalizadas. -Informe final emitido por el profesional a cargo de la instalación del sistema de canalización de aguas lluvias.
	3. Monitoreo calidad de agua estero sin nombre	- Informe de resultados emitido por el laboratorio ETFA.

1. CRONOGRAMA																		
EJECUCIÓN ACCIONES		En Meses				En Semanas				Desde la aprobación del programa de cumplimiento								
Nº Identificador de la Acción		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
2. Instalación del sistema de conducción y evacuación de aguas lluvias	x	x	x															
3. Monitoreo calidad de agua quebrada sin nombre					x													
ENTREGA DE REPORTES		En Meses				En Semanas				Desde la aprobación del programa de cumplimiento								
Reporte		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	

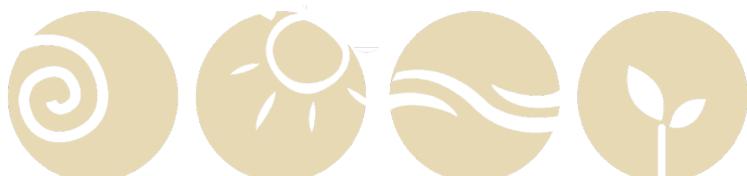


Fotografías inicio de las obras (instalación sistema de aguas lluvias)	x												
Fotografías de las obras finalizadas e Informe final emitido por el profesional a cargo de la instalación del sistema de conducción y evacuación de aguas lluvias.			x										
Fotografías toma de muestras de agua.				x									
Informe de análisis emitido por el laboratorio ETFA.					x								



III. RECONSTITUCIÓN VEGETAL

2. DESCRIPCIÓN DEL HECHO QUE CONSTITUYE LA INFRACCIÓN Y SUS EFECTOS	
IDENTIFICACIÓN DEL HECHO	Cargo N° 3
DESCRIPCIÓN DE LOS HECHOS, ACTOS Y OMISIONES QUE CONSTITUYEN LA INFRACCIÓN	<p>No ejecutar las medidas establecidas para la etapa de cierre del proyecto aprobado mediante RCA N°173/2016, lo que se verifica en que el titular:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. No incorporó plantación vegetacional arbustiva con condiciones idóneas de la zona en los taludes y terrazas diseñadas. 2. No implementó la vegetación arbórea en el primer tercio del talud y terrazas.
NORMATIVA PERTINENTE	Considerando 4.3.3 de la RCA N° 173/2016.
DESCRIPCIÓN DE LOS EFECTOS NEGATIVOS PRODUCIDOS POR LA INFRACCIÓN O FUNDAMENTACIÓN DE LA INEXISTENCIA DE EFECTOS NEGATIVOS	<p>El considerando 4.3.3 de la RCA N° 173/2016, referido a la fase de cierre del proyecto, indica <i>"En relación a la presencia del cauce se propone la incorporación de vegetación arbórea nativa colindante al punto de inicio del cauce. La instalación de los pies arbóreos alrededor de la obra aportará estabilidad al terreno, así como beneficios directos para la conservación de suelo, mejorando la infiltración y evitando los procesos erosivos asociados al suelo desnudo como la escorrentía laminar.</i></p> <p><i>En relación a los taludes se realizará un proceso de plantación vegetacional arbustiva con condiciones idóneas de la zona en los taludes y terrazas diseñadas, además de considerar la instalación de vegetación arbórea en el primer tercio del talud y terrazas, cuya función será realizar un cosido del terreno mediante el desarrollo radicular, lo que aportará sujeción y desarrollo del recurso edafológico, disminuyendo el efecto de los procesos erosivos producto de la erosión laminar y un correcto drenaje del suelo".</i></p> <p>De acuerdo a lo anterior indicado, y a razón que no se han ejecutado acciones relacionadas con la incorporación de especies vegetales arbóreas y arbustivas nativas sobre las superficies intervenidas por las actividades de extracción en Cantera Patagual, se considera afectación sobre condiciones de suelo, como estabilidad, posible activación de procesos erosivos, así como una disminución de la actividad biológica en el suelo, en cuanto al aporte de nutrientes, lo cual además implica una disminución en el porcentaje de materia orgánica. Por otra parte, la revegetación de especies aporta positivamente a la preservación de la flora, fauna adyacente, así como también comprende un aporte al paisaje imperante de la zona y en general mejora al ecosistema.</p>



	<p>El sistema de aterrazamiento, en conjunto con la recomposición vegetal, permitirá que la zona mantenga una estabilidad física de la geoforma ante cualquier evento natural como sismos, lluvias intensas, lo cual puede provocar remociones en masas y/o derrumbes, los cuales pueden ser minimizados con la existencia de cobertura vegetal. Por otro lado, la capa vegetal aporta estabilidad al suelo, evitando procesos erosivos.</p>
FORMA EN QUE ELIMINAN O CONTIENEN Y REDUCEN LOS EFECTOS Y FUNDAMENTACIÓN EN CASO QUE NO PUEDAN SER ELIMINADOS	<p>Con el objetivo de reconstituir el piso vegetacional de la zona intervenida por el proyecto, es importante ejecutar primero las actividades de aterrazamiento que permitan proporcionar una superficie estabilizada, es decir, restablecer la geoforma y a su vez realizar un análisis de calidad del suelo para determinar la concentración de nutrientes con que este cuenta, lo cual permitirá establecer mejoras si fuesen necesarias, como así también definir las especies vegetales que serán plantadas de acuerdo al requerimiento nutricional y viabilidad de las mismas. Con esta información se desarrollará el correspondiente plan de revegetación y ejecución del mismo.</p> <p>La revegetación de las zonas intervenidas por el proyecto permitirá mantener la estabilidad de los taludes que se formen en las actividades de aterrazamiento, lo cual hará disminuir el avance de procesos erosivos.</p>

3. PLAN DE ACCIONES Y METAS PARA CUMPLIR CON LA NORMATIVA, Y ELIMINAR O CONTENER Y REDUCIR LOS EFECTOS NEGATIVOS GENERADOS

2.1 METAS

Reconstitución vegetal de las zonas de extracción, lo cual permitirá aportar estabilidad a los taludes que serán formados mediante las actividades de aterrazamiento.

a. PLAN DE ACCIONES

2.2.1 ACCIONES EJECUTADAS

Incluir todas las acciones cuya ejecución ya finalizó o finalizará antes de la aprobación del Programa.

Nº IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN (describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)	FECHA DE IMPLEMENTACIÓN (fechas precisas de inicio y de término)	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO (datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el cumplimiento de	MEDIOS DE VERIFICACIÓN (a informar en Reporte Inicial)	COSTOS INCURRIDOS (en miles de \$)	

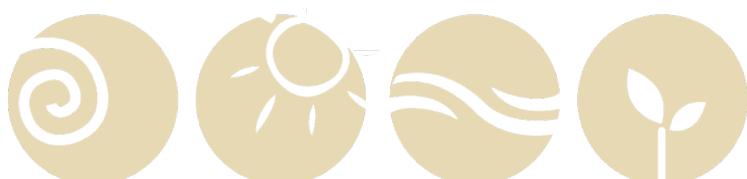


			las acciones y metas definidas)					
No aplica	Acción	No aplica	No aplica	Reporte inicial	No aplica	No aplica		
	No aplica			No aplica				
	Forma de Implementación							
	No aplica							

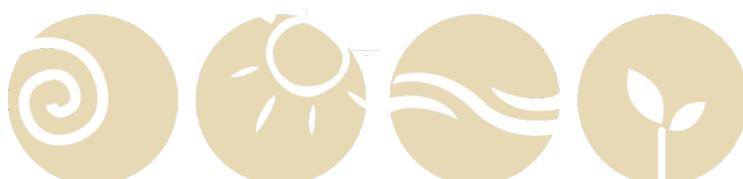
2.2.2. ACCIONES EN EJECUCIÓN

Incluir todas las acciones que han iniciado su ejecución o se iniciarán antes de la aprobación del Programa.

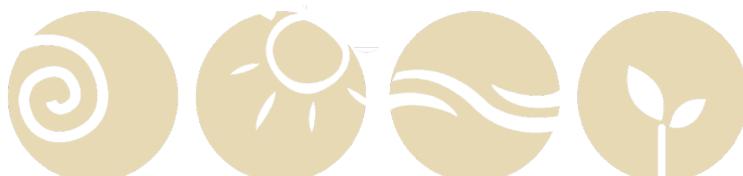
Nº IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN (describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)	FECHA DE INICIO Y PLAZO DE EJECUCIÓN (fecha precisa de inicio para acciones ya iniciadas y fecha estimada para las próximas a iniciarse, y plazo de ejecución)	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO (datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el avance y cumplimiento de las acciones y metas definidas)	MEDIOS DE VERIFICACIÓN (a informar en Reporte Inicial, Reportes de Avance y Reporte Final respectivamente)	COSTOS INCURRIDOS (en miles de \$)	IMPEDIMENTOS EVENTUALES (indicar según corresponda: acción alternativa que se ejecutará y su identificador, implicancias que tendría el impedimento y gestiones a realizar en caso de su ocurrencia)
No aplica	Acción	No aplica	No aplica	Reporte inicial	No aplica	Impedimentos
	No aplica			No aplica		No aplica
	Forma de Implementación			Reportes de avance		Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento
	No aplica			No aplica		



						No aplica
2.2.3 ACCIONES PRINCIPALES POR EJECUTAR						
Nº IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN (describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)	PLAZO DE EJECUCIÓN (periodo único a partir de la notificación de la aprobación del PDC, definido con un inicio y término de forma independiente de otras acciones)	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO (datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el avance y cumplimiento de las acciones y metas definidas)	MEDIOS DE VERIFICACIÓN (a informar en Reportes de Avance y Reporte Final respectivamente)	COSTOS ESTIMADOS (en miles de \$)	IMPEDIMENTOS EVENTUALES (indicar según corresponda: acción alternativa que se ejecutará y su identificador, implicancias que tendría el impedimento y gestiones a realizar en caso de su ocurrencia)
1	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="flex: 1;"> <div style="border-bottom: 1px solid black; padding-bottom: 5px;">Acción</div> <div style="background-color: #1a237e; color: white; padding: 2px;">Elaboración Plan de revegetación</div> <div style="background-color: #1a237e; color: white; padding: 2px;">Forma de Implementación</div> <div style="background-color: #1a237e; color: white; padding: 2px;">Se llevará a cabo la elaboración de un plan de revegetación, de</div> </div> <div style="flex: 1; text-align: center;"> Inicio: octubre 2025 Termino: noviembre 2025 </div> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="flex: 1;"> <div style="border-bottom: 1px solid black; padding-bottom: 5px;">Informe plan de revegetación</div> <div style="background-color: #1a237e; color: white; padding: 2px;">Reporte final</div> <div style="background-color: #1a237e; color: white; padding: 2px;">Informe de plan de revegetación.</div> </div> <div style="flex: 1; text-align: center;"> Reportes de avance Análisis fisicoquímico del suelo. Reporte final Informe de plan de revegetación. </div> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="flex: 1;"> \$3.500.000 </div> <div style="flex: 1;"> Impedimentos No aplica Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento No aplica </div> </div>			



	acuerdo a las características fisicoquímicas del suelo y la disponibilidad en el mercado de viveros autorizados, que cuenten con especies vegetales óptimas para su crecimiento y desarrollo en la zona del proyecto, predominando especies arbustivas y arbóreas nativas.					
2	<p>Acción</p> <p>Ejecución del plan de revegetación</p> <p>Forma de Implementación</p> <p>Se realizará la siembra y plantación de especies vegetales, de acuerdo a</p>	<p>Inicio: Mayo 2026</p> <p>Termino: Mayo 2026</p>	<p>Finalización de la plantación de especies vegetales.</p>	<p>Reportes de avance</p> <p>Registro de la incorporación de nutrientes al suelo si fuese necesario.</p> <p>Fotografías fechadas del inicio de las plantaciones.</p> <p>Reporte final</p> <p>Fotografías fechadas del término de las plantaciones.</p>	<p>\$10.000.000</p>	<p>Impedimentos</p> <p>Inexistencia de stock de especies vegetales en viveros autorizados de la región.</p> <p>Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento</p> <p>Cotizar en otros viveros del país.</p>



	las indicaciones y especificaciones del plan de revegetación, en cuanto a concentración de plantas por m ² o ha, según corresponda.					
No aplica	Acción <i>"Informar a la SMA los reportes y medios de verificación que acrediten la ejecución de las acciones comprendidas en el programa de cumplimiento a través de los sistemas digitales que se dispongan al efecto para implementar el SPDC".</i>	No aplica	<p><i>"Esta acción no requiere un reporte o medio de verificación específico, y una vez ingresados los reportes y/o medios de verificación para las restantes acciones, se conservará el comprobante electrónico generado por el sistema digital en el que se implemente el SPDC".</i></p>	<p><i>"Esta acción no requiere un reporte o medio de verificación específico, y una vez ingresados los reportes y/o medios de verificación para las restantes acciones, se conservará el comprobante electrónico generado por el sistema digital en el que se implemente el SPDC".</i></p>	<p>"\$0".</p>	Impedimentos <i>"Problemas exclusivamente técnicos que pudieren afectar el funcionamiento del sistema digital en el que se implemente el SPDC, y que impidan la correcta y oportuna entrega de los documentos correspondientes".</i>
	Forma de Implementación					Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento



<p><i>"Dentro del plazo y según la frecuencia establecida en la resolución que apruebe el programa de cumplimiento, se accederá al sistema digital que se disponga para este efecto, y se cargará el programa y la información relativa al reporte inicial, los reportes de avance o el informe final de cumplimiento, según se corresponda con las acciones reportadas, así como los medios de verificación para acreditar el cumplimiento de las acciones comprometidas. Una vez ingresados los reportes y/o medios de verificación, se conservará el comprobante electrónico generado por el sistema digital en</i></p>					<p><i>"Se dará aviso inmediato a la SMA, vía correo electrónico, especificando los motivos técnicos por el SPDC, remitiendo comprobante de error o cualquier otro medio de prueba que acredite dicha situación. La entrega del reporte se realizará a más tardar el día siguiente hábil al vencimiento del plazo correspondiente, en la Oficina de Partes de la Superintendencia del Medio Ambiente".</i></p>
--	--	--	--	--	---



	<i>el que se implemente el SPDC”.</i>					
--	---------------------------------------	--	--	--	--	--

2.2.4. ACCIONES ALTERNATIVAS

Nº IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN (describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)	ACCIÓN PRINCIPAL ASOCIADA (Nº Identificador)	PLAZO DE EJECUCIÓN (a partir de la ocurrencia del impedimento)	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO (datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el avance y cumplimiento de las acciones y metas definidas)	MEDIOS DE VERIFICACIÓN (a informar en Reportes de Avance y Reporte Final respectivamente)	COSTOS ESTIMADOS (en miles de \$)
3	Acción	2	10 días hábiles	Comprobante de envío de correo electrónico dando aviso a la SMA de la ocurrencia del impedimento, junto a la solicitud de nuevas cotizaciones.	Solicitud de nuevas cotizaciones	No aplica
	Aviso a SMA de la ocurrencia del impedimento.					
	Forma de Implementación					
	Recotizar en viveros de otras regiones del país.					



2. PLAN DE SEGUIMIENTO DEL PLAN DE ACCIONES Y METAS

3.1 REPORTE INICIAL

REPORTE ÚNICO DE ACCIONES EJECUTADAS Y EN EJECUCIÓN

PLAZO DEL REPORTE (en días hábiles)	N/A	Días hábiles desde la notificación de la aprobación del Programa
ACCIONES A REPORTAR (Nº identificador y acción)	Nº Identificador	Acciones a reportar

No aplica

No aplica

3.2 REPORTES DE AVANCE

REPORTE DE ACCIONES EN EJECUCIÓN Y POR EJECUTAR.

TANTOS REPORTES COMO SE REQUIERAN DE ACUERDO A LAS CARÁCTERÍSTICAS DE LAS ACCIONES REPORTADAS Y SU DURACIÓN

PERIODICIDAD DEL REPORTE (Indicar periodicidad con una cruz)	Semanal		A partir de la notificación de aprobación del Programa. Los reportes serán remitidos a la SMA en la fecha límite definida por la frecuencia señalada. Estos reportes incluirán la información hasta una determinada fecha de corte comprendida dentro del periodo a reportar.
	Bimensual (quincenal)		
	Mensual	x	
	Bimestral		
	Trimestral		
	Semestral		
ACCIONES A REPORTAR (Nº Identificador y acción)	Nº Identificador	Acción a reportar	
	1. Elaboración Plan de revegetación	Análisis fisicoquímico del suelo.	
	2. Ejecución del plan de revegetación	Registro de la incorporación de nutrientes al suelo si fuesen necesarios. Registro fotográfico (fechado y georreferenciado) del inicio de las plantaciones de especies vegetales.	

3.3. REPORTE FINAL

REPORTE ÚNICO AL FINALIZAR LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA

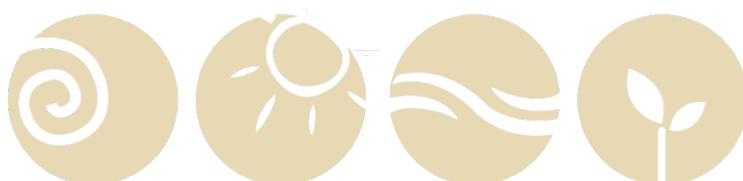

contacto@geaambiental.cl

+56 41 3832613

www.geaambiental.cl

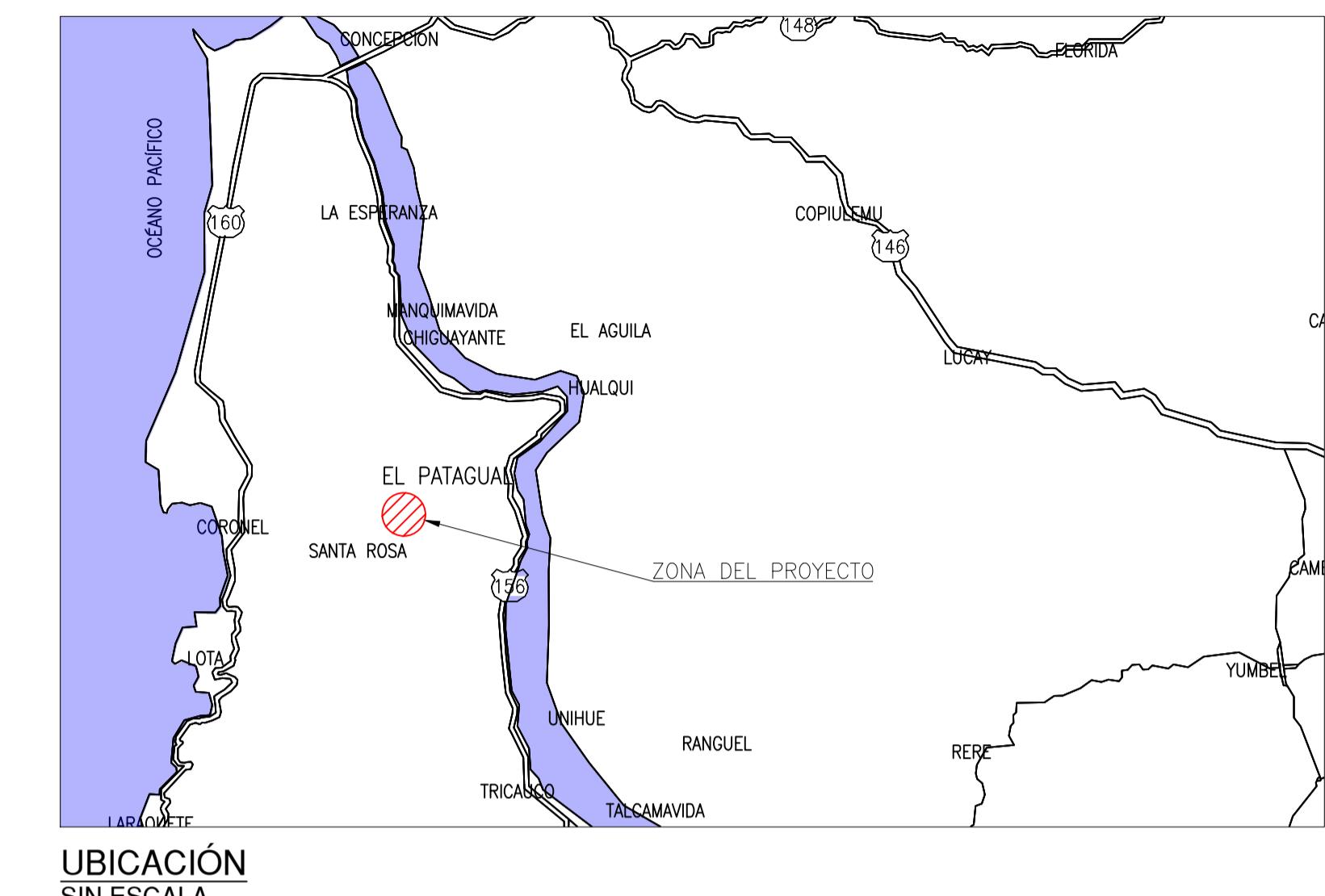
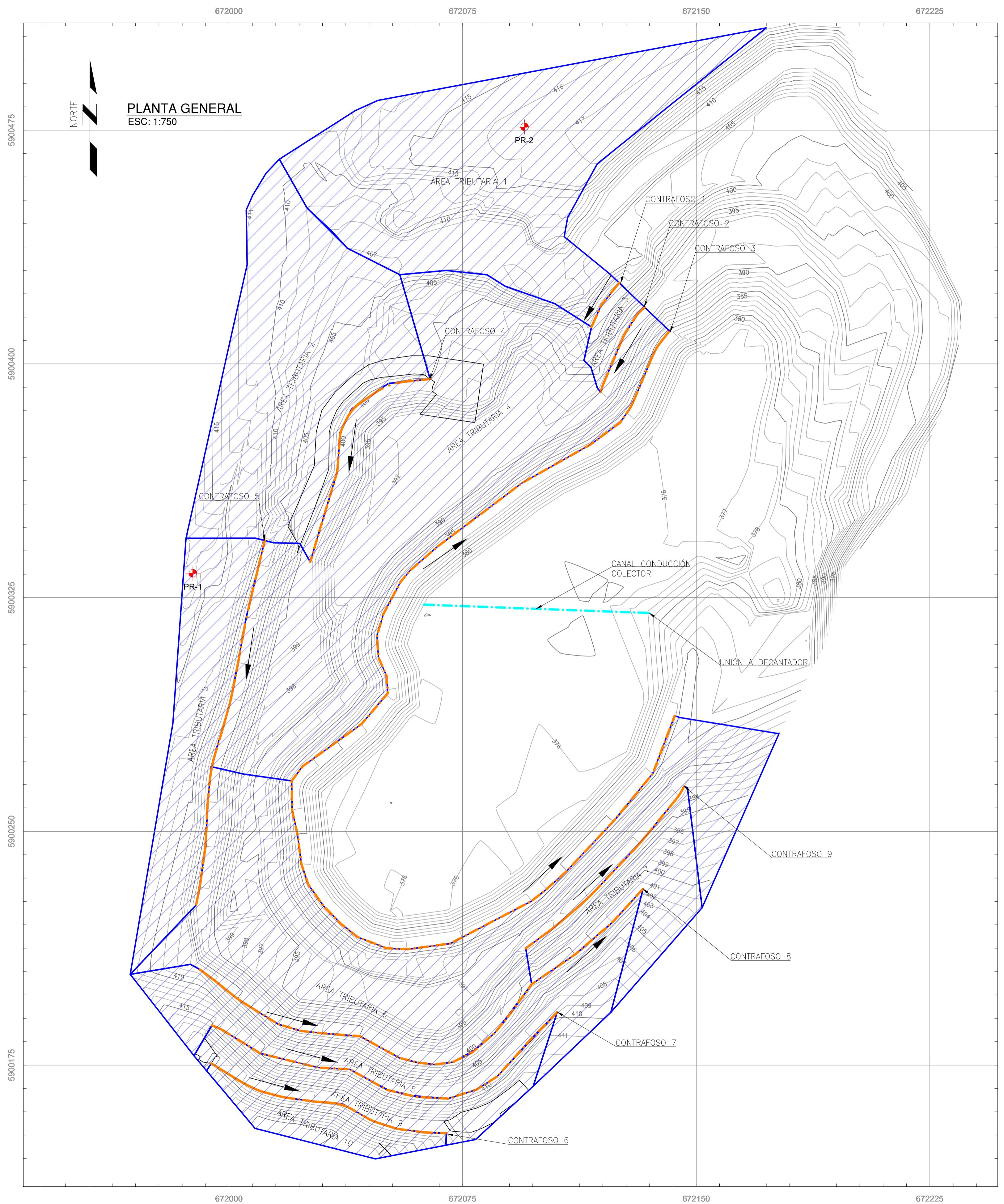
PLAZO DE TÉRMINO DEL PROGRAMA CON ENTREGA DEL REPORTE FINAL	30	Días hábiles a partir de la finalización de la acción de más larga data
ACCIONES A REPORTAR (Nº identificador y acción)	Nº Identificador	Acción a reportar
	1. Elaboración Plan de revegetación	Informe plan de revegetación.
	2. Ejecución del plan de revegetación	Registro fotográfico (fechado y georreferenciado) del término de las plantaciones de especies vegetales.

4. CRONOGRAMA																		
EJECUCIÓN ACCIONES		En Meses		En Semanas		Desde la aprobación del programa de cumplimiento												
Nº Identificador de la Acción		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1. Elaboración plan de revegetación		x	x															
2. Ejecución del plan de revegetación									x									
ENTREGA DE REPORTES		En Meses		En Semanas		Desde la aprobación del programa de cumplimiento												
Reporte		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Informe plan de revegetación			x															



Registro de la incorporación de nutrientes al suelo si fuese necesario.						x											
Registro fotográfico (fechado y georreferenciado) del inicio de las plantaciones de especies vegetales.								x									
Registro fotográfico (fechado y georreferenciado) del término de las plantaciones de especies vegetales.									x								





NOMBRE DEL PROYECTO:

MANEJO AGUAS LLUVIAS

DISEÑO CONDUCCIÓN

CLIENTE: DITONER

DIRECCIÓN:
Camino a Patagual Km 7,8
Sector El Maiten

CONTENIDO:

OBSERVACIONES:

Calculó: B.G - S.B.

Dibujó: B.G

Revisó: S B

Aprobó: S.B.

10/27/2027

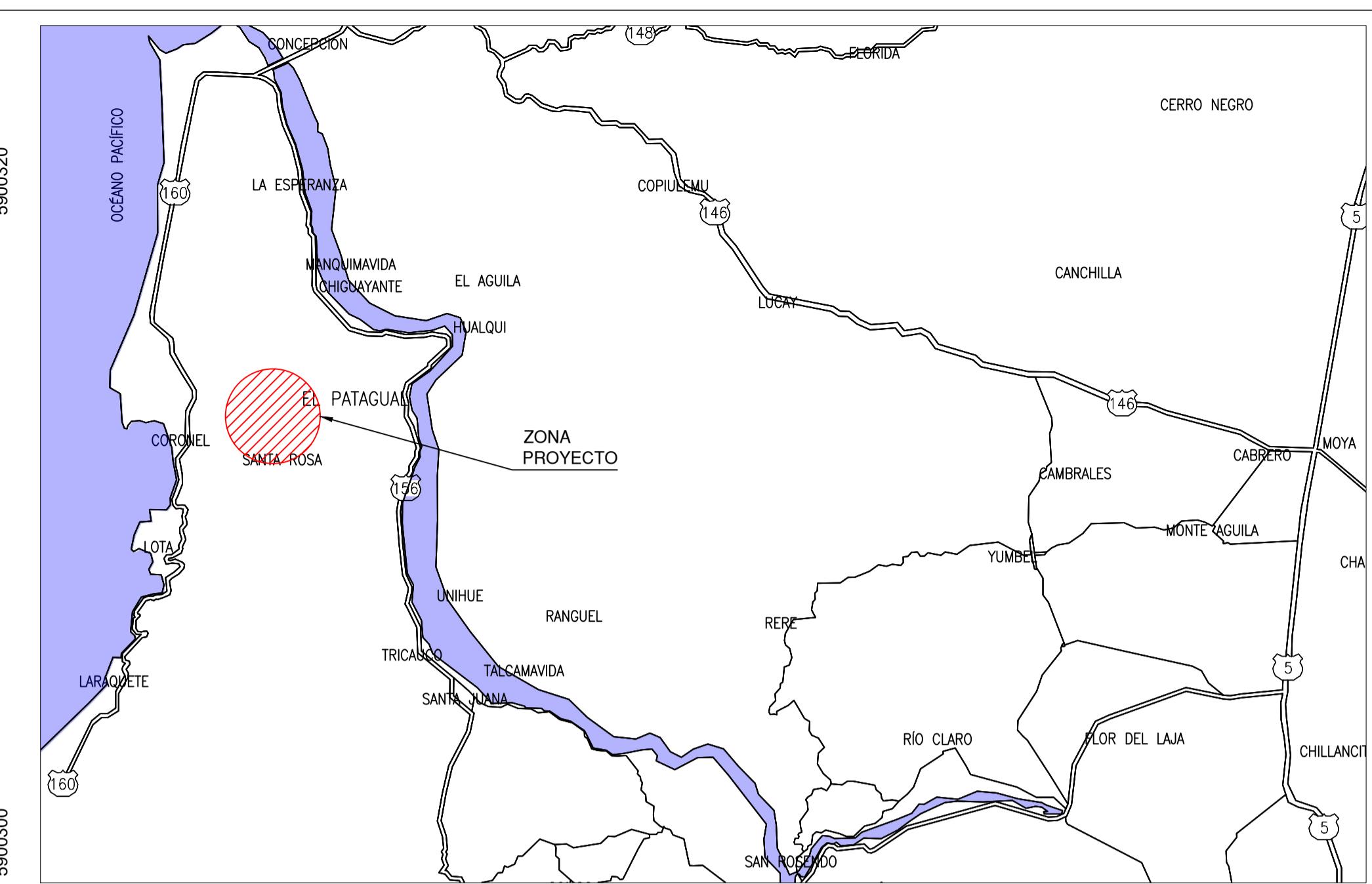
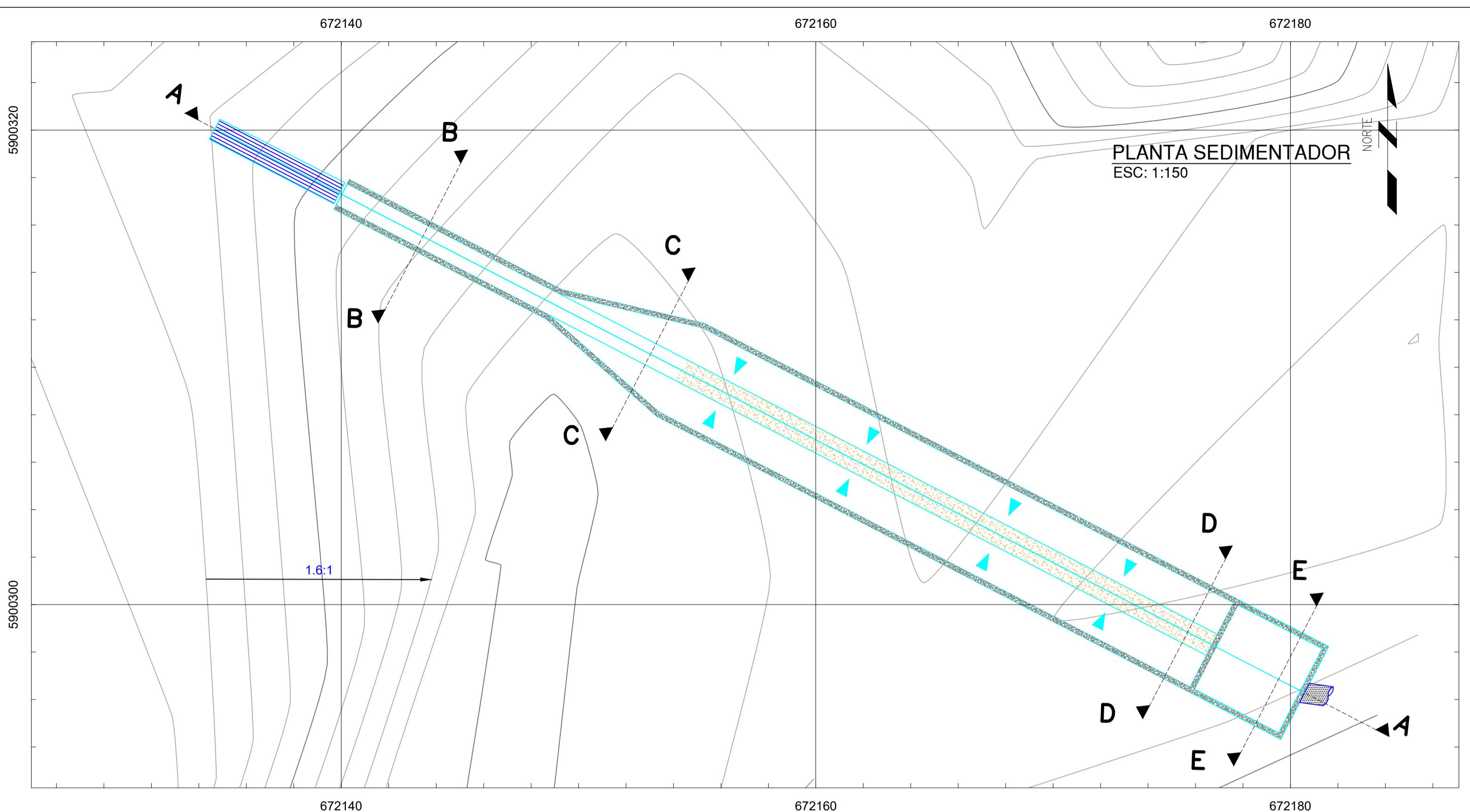
Sesión en línea

CUADRO DE PRs DATUM WGS 84 HUSO 18H			
P. REFERENCIA	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m)
PR1	5.900.333	671.988	417.86
PR2	5.900.476	670.965	416.56

SIMBOLOGÍA	
CURVA DE NIVEL MENOR (2,0 m)	
CURVA DE NIVEL MAYOR (10,0 m)	
EJE CONTRAFOSO	
EJE CANAL CONDUCCIÓN	
PRs	
ÁREA TRIBUTARIA	
SENTIDO DE ESCURRIMIENTO	

E1

E1



NOMBRE DEL PROYECTO:
MANEJO AGUAS LLUVIAS
DISEÑO SEDIMENTADOR

CLIENTE:
DITONER

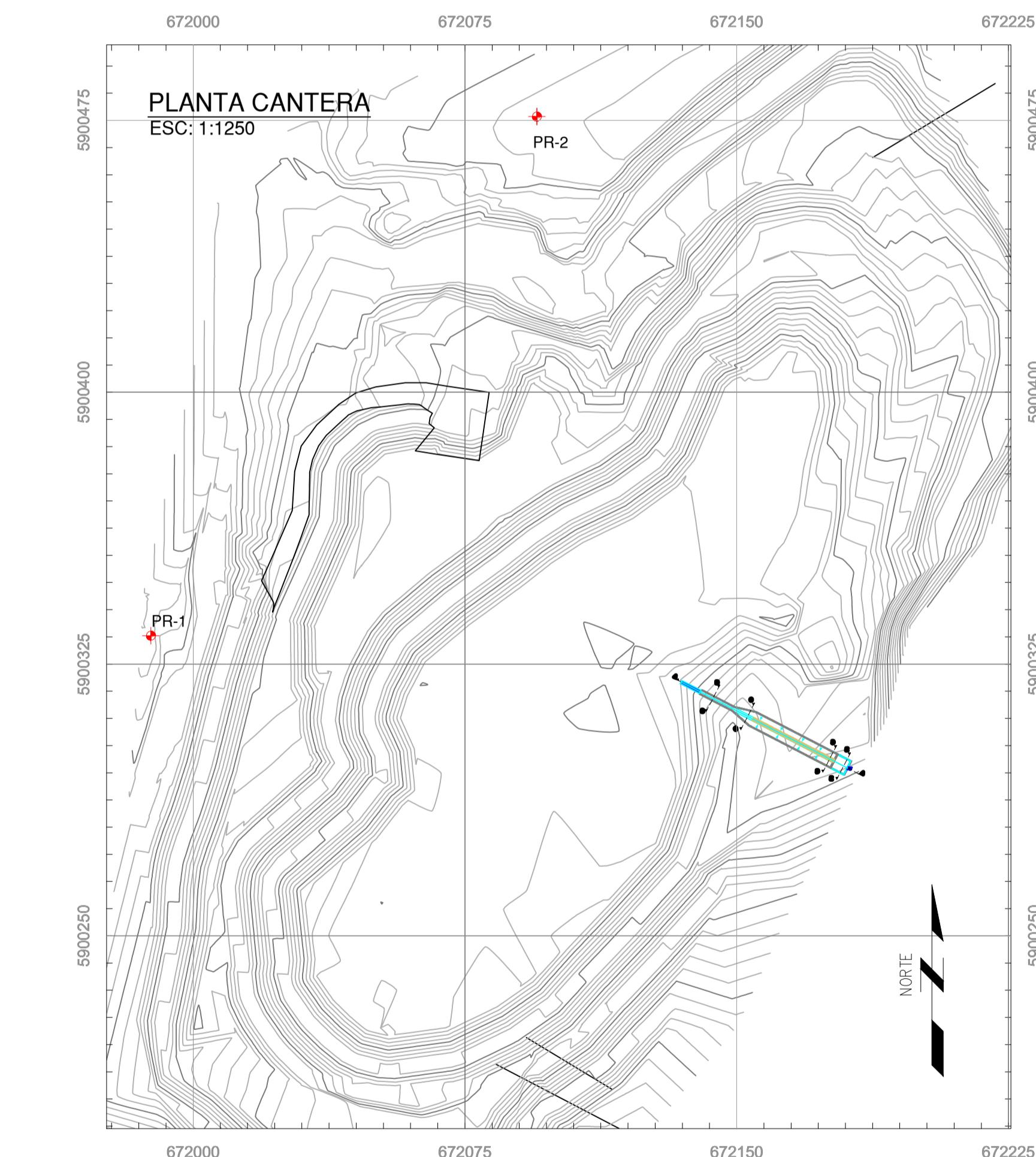
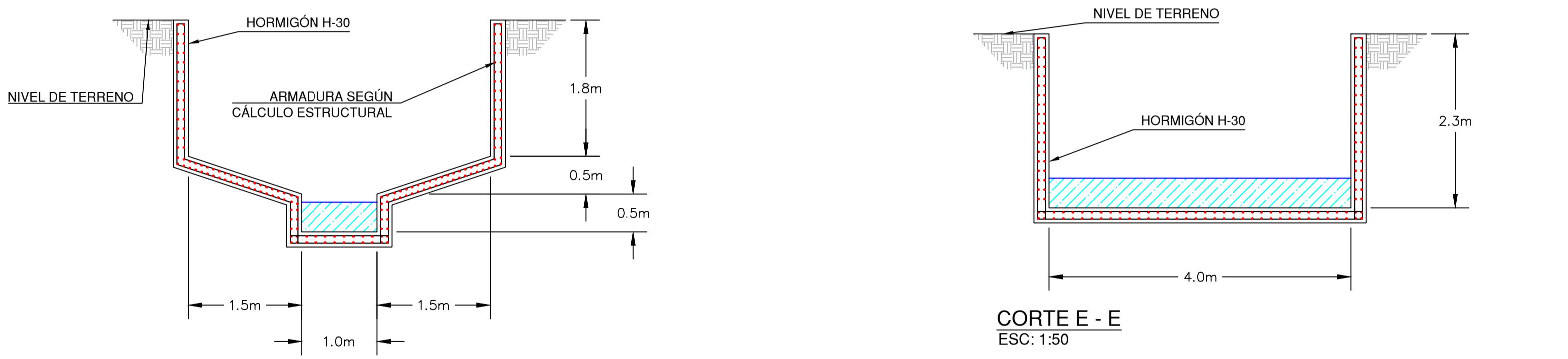
DIRECCIÓN:
Camino a Patagual Km 7,8
Sector El Maiten

CONTENIDO:
- Diseño general de obras relacionadas al sedimentador proyectado en obra

OBSERVACIONES:
- Cotas prevalecen sobre dibujo

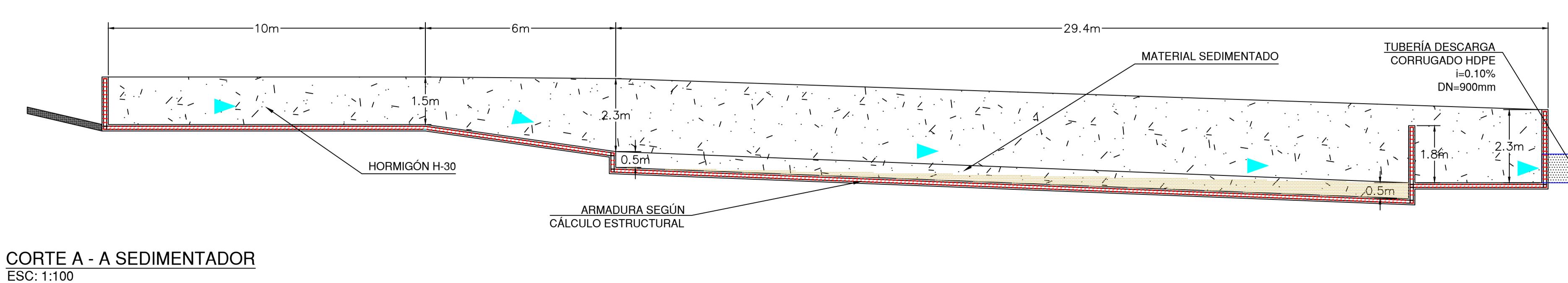
No.	Description	Fecha
A	Emitido para revisión	09/05/2025

Calculó:	B.G - S.B.
Dibujó:	B.G
Revisó:	S.B
Aprobó:	S.B
Fecha:	09/05/2025
Escala:	Según se indica



CUADRO DE PRs DATUM WGS 84 HUSO 18H			
P. REFERENCIA	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m)
PR1	5.900.333	671.988	417.86
PR2	5.900.476	672.095	416.59

SIMBOLOGIA			
CURVA DE NIVEL MENOR (1,0 m)			
CURVA DE NIVEL MAYOR (5,0 m)			
PERFILES TRANSVERSALES			
PRs			
TUBERIA DESCARGA			
SENTIDO ESCURRIMIENTO			



E1



Engineering Transmittal

Transmittal No. DITONER-01-25-TI-0001

Recipient:	Raul Bahamondes Empresa: Ditoner Y Cía Ltda Dirección: Chacabuco N°243, Concepción Phone: +56 9 97487719 Email: raulbahamondes@ditoner.cl				Sender: Francisca Peña Vásquez Empresa: DSS S.A. Dirección: Los Pensamientos 197 - San Pedro de la Paz - Concepción Phone: +56 9 88232240 Email: francisca.pena@dss.cl
Subject:	Transmittal DSS: ENTREGA TOPOGRAFÍA Y CUBICACIÓN MOVIMIENTO DE TIERRA CANTERA PATAGUAL				
Status del Envío:	<u>Para comentarios cliente</u>				
Sent By:	<u>Correo electrónico</u>		Form at:	<u>Electronic.</u>	
Comments:					
Item	Document No	Rev	Description		Issue For
1	DITONER-01-25-C-DW-0001	B	PLANTA GENERAL		<u>Para comentarios</u>
2	DITONER-01-25-C-DW-0002	B	PERFILES TRASVERSALES 1 DE 2		<u>Para comentarios</u>
3	DITONER-01-25-C-DW-0003	B	PERFILES TRASVERSALES 2 DE 2		<u>Para comentarios</u>
4	DITONER-01-25-C-DW-0001-0003	B	EDITABLE		<u>Para comentarios</u>

Signed by Sender: Francisca Peña Vásquez Date: 24-ABRIL-2025

Please acknowledge receipt of documents by returning a signed copy of this Transmittal to Sender

Signed by Recipient: _____ Date: _____