



PROYECTO DEPOSITO DE RELAVES FILTRADOS PLANTA SAN CAYETANO JULIO 2016

Titular: Soc. Comercial Importadora y Exportadora DICAVE Ltda.
Representante legal: Diomedes Cruz Solorzano.
Comuna de Ovalle

Proyectista : Franklin Gallardo Araya
Título : Ingeniero Civil de Minas
Firma :

INDICE

Nº	CONTENIDO	PAG.
	Introducción	3
A	Identificación de la empresa minera	5
B	Localización y descripción general de proceso de la Planta de beneficio de minerales que genera los relaves.	5
C	Ubicación del depósito	8
D	Carta Gantt	8
E	Capacidad del depósito de relaves filtrados	8
F	Presentación de antecedentes	9
G	Descripción del método constructivo	13
H	En el caso de un Tranque de Relaves	18
I	Obras asociadas al depósito de relaves filtrados	18
J	Descripción de las dimensiones del depósito	21
K	Otros depósitos adyacentes y sus características principales	23
L	Descripción e ilustración de las características especiales de diseño	23
M	Determinación de los parámetros de diseño geotécnicos	23
N	Descripción de los sistemas de instrumentación y control que se usaran para monitorear el comportamiento estructural, hidráulico del depósito	26
O	Análisis de Estabilidad de Taludes	27
P	Estadísticas de las zonas sismogénicas de la región y aceleración máxima respectiva en la zona desplazamiento del depósito.	30
Q	Distancia peligrosa.	32
R	Manual de Emergencias.	33

INTRODUCCIÓN

El presente informe, denominado “**Proyecto Depósito de Relaves Filtrados Planta San Cayetano**”, es la modificación del informe del proyecto original presentado al Servicio. Tras su presentación al Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) con fecha octubre 2015 el proyecto original ha sido modificado en base a los siguientes oficios ordinarios.

OF. ORD. N° 066/2016 -Primera Modificación Vers._02
OF. ORD. N° 2072/2016 -Segunda Modificación Vers._03

La tabla adjunta muestra la evolución del proyecto original en tiempo, tras las observaciones del Servicio y respuestas por parte de DICAVE Ltda..

	VERSION 1	VERSION 2	VERSION 3	Ref.: Vers._3 (Página)
Vida Útil (años)	20	20	20	Pag.8 e)
Volumen a Depositar (m³)	570.000	570.000	570.000	Pag.8 e)
Toneladas a Depositar (ton.)	1.117.200	1.117.200	1.117.200	Pag.8 e)
Superficie Utilizada (há.)	5	5	5.2	Pag. 22 j)
Número de Fases (uní.)	5	6	9	Pag.9 e) Tabla n°3
Altura Muro (m.)	25	25	11	Pag.13 g)
Ancho Bermas de Desacople (m.)	15	10	12	Pag.22 j)
Ancho Coronamiento Muro Inicial (Etapa I) (m.)	10	10	5	Pag.15 g) Tabla n°5
Ancho Coronamiento Muro Final (Etapa II) (m.)	5	5	15	Pag.16 g) Tabla n°6
Ancho Coronamiento Total (Etapa I + Etapa II) (m.)	15	15	20	Pag.17 g) Tabla n°7
Longitud de Coronamiento Muro Inicial (m.)	86	86	118	Pag.15 g) Tabla n°5
Longitud de Coronamiento Muro Final (m.)	166	166	118	Pag.17 g) Tabla n°7
Ángulo cara talud (°)	32	23	23	Pag.23 j)
Ángulo Global (por encima del muro) (°)	15	14	13	Pag.23 j)
Número de Canales de Contorno (uní.)	2	6	6	Pag.19 i)
Fuente Obtención Parámetros Geotécnicos	Bibliográfica	Ensayos Lab.	Ensayos Lab.	Pag.26 m) Tabla N°10
Factores de Seguridad Obtenidos	Insuficiente para la condición Sismo Máx. Creíble. DS 248 (menor a 1,2)	Aceptable DS 248 (mayor a 1,2 para todas las condiciones)	Aceptable DS 248 (mayor a 1,2 para todas las condiciones)	Pag.29 o) Tabla N°12

El diseño original se modifica y se propone un nuevo diseño que considera la construcción de un depósito conformado de nueve (9) fases para una capacidad total almacenada de 1.117.200 toneladas de relaves filtrados compactados, equivalentes a 570.000 metros cúbicos, en los 20 años de operación de la planta de beneficio. La capacidad de almacenaje es la misma del proyecto original, solo se modifica la configuración del depósito.

El diseño actual considera un muro de empréstito de 11 metros de altura con un ancho de coronamiento de 20 metros. La construcción del muro se realizará en dos etapas, llamada Etapa I

al muro inicial (ancho coronamiento 5 metros) y Etapa II al muro final. La Etapa I se construirá antes de iniciar la depositación de relaves, mientras que la Etapa II es la continuación de la Etapa I hasta alcanzar los 20 metros de ancho de coronamiento en dirección aguas abajo y será construida antes de iniciar la depositación de la fase cinco.

Los detalles del diseño modificado se presentan en las siguientes páginas.

PRESENTACION DEL PROYECTO

Por medio de la presente presentación DICAVE Ltda. solicita la aprobación del “**Proyecto Depósito de Relaves Filtrados Planta San Cayetano Vers.03**”. La presentación incluye los siguientes antecedentes:

a) Identificación del usuario y del representante legal cuando corresponda, con sus Rut y dirección comercial.

Titular : Sociedad Comercial Importadora y Exportadora DICAVE Ltda.
RUT : 77.990.270-6
Representante Legal : Diómedes Cruz Solórzano RUT: 14.627.660-1
Dirección : Avenida La Paz 1319, Villa Las Américas - Ovalle
Email : dcruz@mineracruz.cl
Teléfono : 53 - 2 630323

b) Localización y descripción general de la faena de explotación minera y proceso de la Planta de beneficio de minerales que genera los relaves.

Región : IV Región de Coquimbo
Provincia : Limari
Comuna : Ovalle
Sector : El Reloj

Las coordenadas (Datum PSAD56 Huso 19) que caracterizan el perímetro del área del proyecto son:

PUNTO	DETALLE	NORTE	ESTE
V1	VERTICE POLIGONO DEPOSITO	6605897	288938
V2	VERTICE POLIGONO DEPOSITO	6605745	289400
V3	VERTICE POLIGONO DEPOSITO	6605480	289294
V4	VERTICE POLIGONO DEPOSITO	6605660	288844

Tabla N° 1 “Vértices Polígono Depósito de Relaves Filtrados”

El punto de interés para el presente proyecto se encuentra dado por el centro del depósito de relaves filtrados el que se encuentra en las coordenadas N 6.605.710 y E 289.100.

Se adjunta Anexo n°1: Plano Propiedad – Antecedentes Generales.

Se adjunta Anexo n°2: Plano Vértices del Polígono.

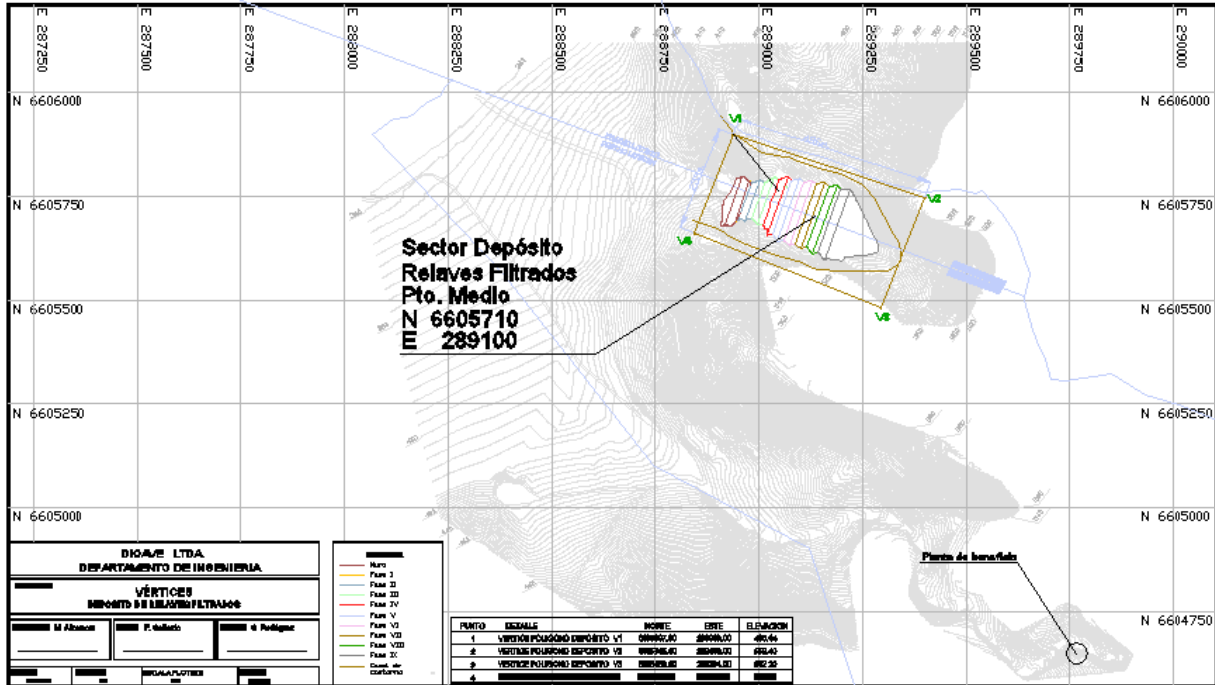


Fig. N° 1 “Polígono Depósito de relaves Filtrados”

El proyecto se localiza a 8,5 Km al sur de la ciudad de Ovalle. Desde la localidad de Los Llanos de La Chimba, se ubica a aproximadamente 5 Km al sureste. El proyecto se ubica a 6 Km al noroeste del río Limari. Desde la capital regional La Serena ubica a 78 Km al sur. Desde Santiago se encuentra distante a 412 Km al norte.

Mapa general de ubicación

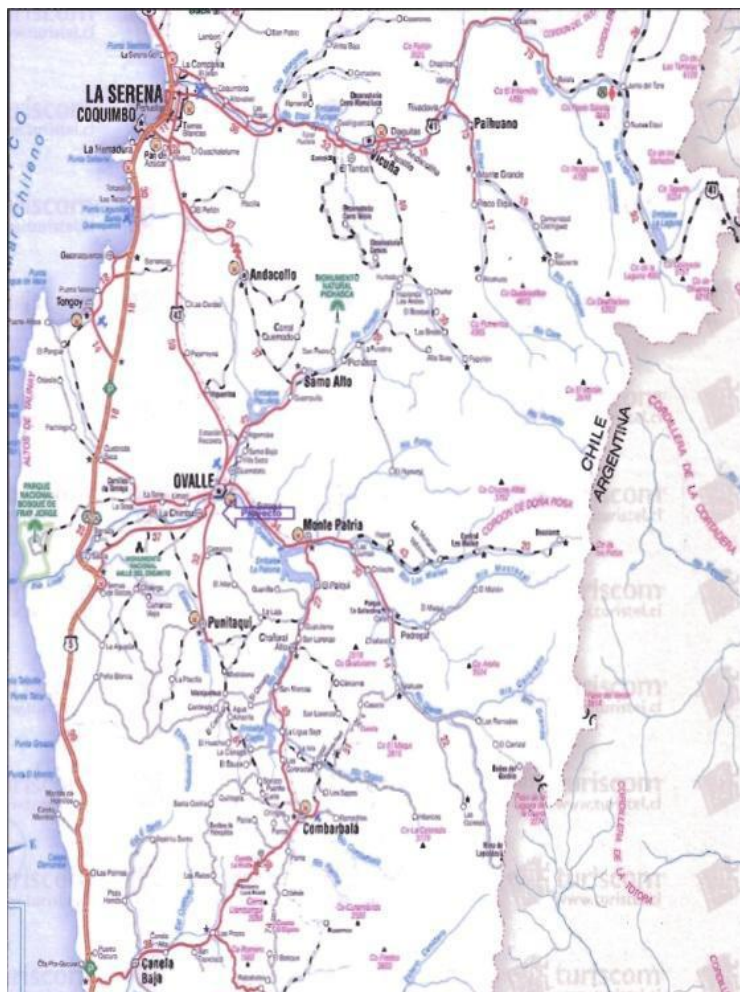


Fig. N° 2 “Ubicación Depósito de relaves Filtrados”

Altura sobre nivel del mar: 559,4 m.s.n.m

Superficie aproximada de la Faena: 13,8 Hectáreas.

Este es un proyecto de planta de beneficio de minerales sulfurados por concentración.

Las operaciones unitarias son:

- Recepción de minerales gruesos,
- Chancado,
- Molienda, Concentración Gravimétrica,
- Flotación, • Espesamiento de concentrado,
- Filtrado de concentrado,
- Galpón de acopio de concentrado con una humedad de 8% - 10%,
- Espesamiento de relaves,
- Filtrado de relaves,

- Transporte a depósito de relaves y,
- Depósito de relaves filtrado con un humedad de 10 – 12%

Nivel de procesamiento será de 4.900 toneladas mensuales de mineral de cobre con una ley de 2,20% de Cu, con una producción de 245 toneladas de concentrados mensuales con una ley de 25,50% de Cu y generando 4.655 toneladas de relaves con una ley 0,17% de Cu.

c) Ubicación del depósito, incluyendo:

El proyecto se encuentra ubicado a 2 km aprox. al noroeste de los pobladores más próximos y a 5 km del asentamiento Los Llanos de La Chimba, sector El Reloj, comuna de Ovalle.

Se adjuntan los siguientes:

Se adjunta en Anexo n°3 “Plano Distancias” Plano Topográfico del sector. Se detalla en planta las distancias horizontales desde el depósito a la planta de flotación y a pobladores más cercano.

Se adjunta en impreso del Plano Topográfico del depósito en coordenadas y escala requerida (1:2.500).

Se adjunta en Anexo n°4 “Plano Topográfico de la Hoya Hidrográfica”.

d) Cronograma:

Fecha de ejecución del proyecto, periodo de construcción de las obras predepósito, inicio de la operación, fecha estimada de cierre del depósito, equipos y otros antecedentes que contribuyan a formar la base de datos del depósito.

Tabla N° 2 “Carta Gantt”

Etapas	1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	1	2	
	1s	2s																							
Ingeniería																									
Presentación del proyecto																									
Autorización servicio																									
Adquisiciones																									
Construcción																									
Puesta en marcha																									
Operación																									
Cierre																									

e) Capacidad del depósito de relaves filtrados compactados:

El diseño propuesto considera la construcción de nueve fases para una capacidad total almacenada de 1.117.200 toneladas de relaves filtrados compactados, equivalentes a 570.000 metros cúbicos, en los 20 años de operación de la planta de beneficio.

El ritmo de depositación será de 155 ton/día (4.655 ton/mes), lo que permitirá un crecimiento anual de 28.500 metros cúbicos.

Tabla N° 3 “Ritmo de depositación”

FASE	VOLUMEN (m³)	MASA (ton)	TIEMPO (meses)
I	13.284	26.037	6
II	35.795	70.158	15
III	48.388	94.840	20
IV	61.470	120.481	26
V	70.743	138.656	30
VI	76.940	150.802	32
VII	82.546	161.790	35
VIII	84.182	164.997	35
IX	96.652	189.438	41
	570.000 m³	1.117.200 ton	240 meses

f) Presentación de antecedentes geológicos, geotécnicos, hidrológicos hidrogeológicos, sísmicos, meteorológicos, topográficos y otros que el Servicio considere necesario, incluyendo ubicación, condiciones y características de los materiales de empréstito que serán usados en la construcción, operación y cierre del depósito.

Antecedentes geológicos-geotécnicos:

A escala regional el contexto geológico se caracteriza por la presencia de una secuencia denominada Los Estratos de El Reloj de edad Cretácico Inferior (Neocomiano). Este paquete esta representado al techo por brechas y conglomerados volcánicos, Calizas y lutitas calcareas lenticulares marinas y al piso andesitas porfíricas y ocoitas . Estos estratos estan afectados por rocas intrusivas (dioritas, granodioritas) de edad Mesozoica.

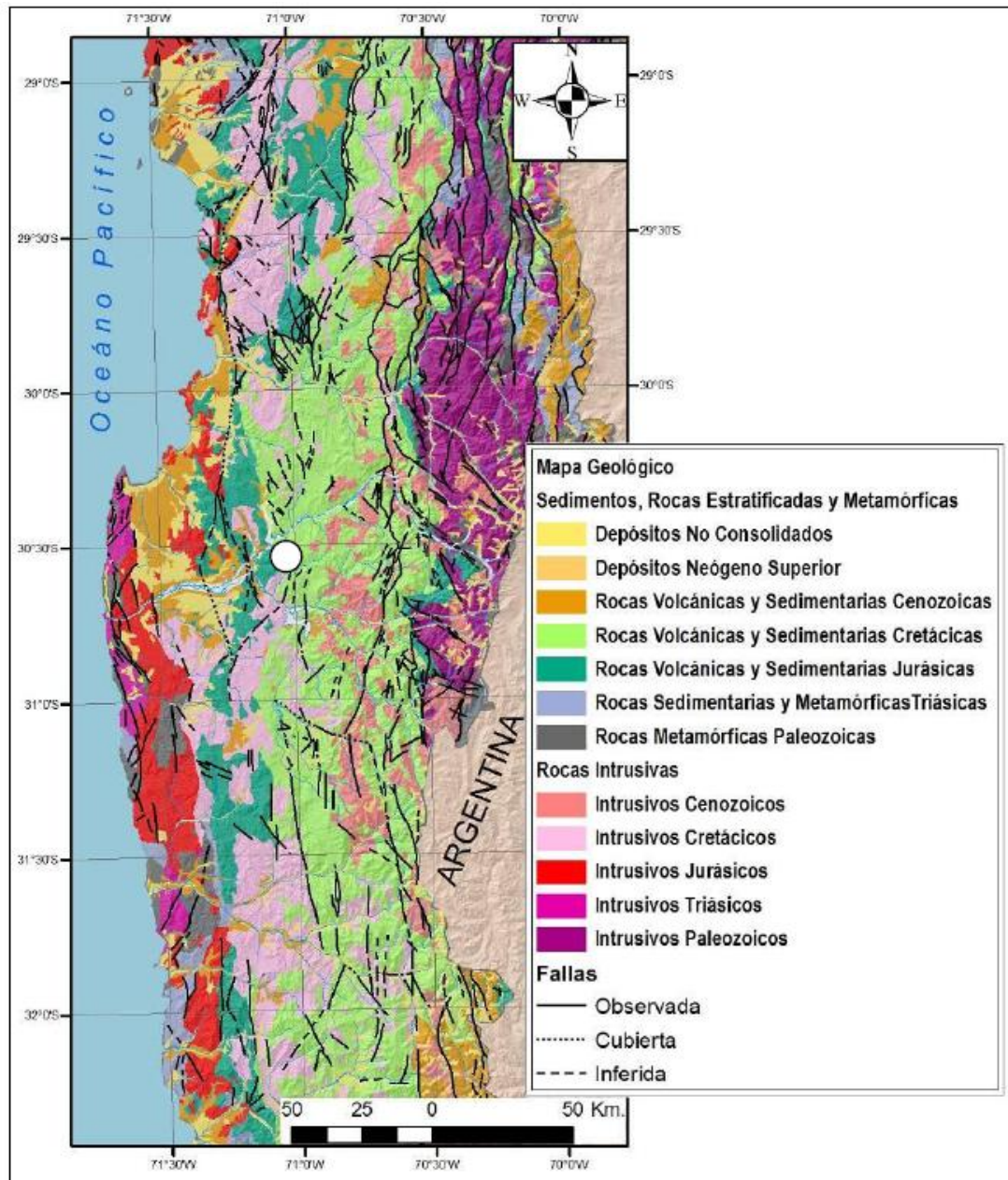
En general la zona se halla mayormente cubierta por sedimentos recientes constituidas mayormente por material aluvial y sedimentos continentales.

Los rasgos estructurales que afectan el distrito esta representado por esfuerzos de tensión y compresión, esto se refleja en una tectónica de orientación N-S, NW y E-W. Los lineamientos regionales controlan el emplazamiento los sistemas de mineralización con valores de cobre.

En términos generales se han detectado rocas de la formación Estratos El Reloj (Neocomiano) constituidas por brechas y conglomerados volcánicos al techo, Calizas y lutitas calcareas lenticulares y al piso andesitas porfíricas y ocoitas.

Las calizas y lutitas calcareas presentan un rumbo general de N-S, N10°W/45E, con una potencia de los estratos variable entre 0,20 y 0,70 m, son compactas y de coloración gris, en superficie constituyen crestones resistentes al intemperismo.

Al piso de los estratos de calizas se tiene rocas volcánicas andesíticas porfíricas de grano medio fino, ocasionalmente se presentan lentes de ocoitas. Alto de los estratos de calizas se emplazan lavas y brechas andesíticas de textura porfírica.



Fuente: Modificado a partir de SERNAGEOMIN. 2002.

Fig. n° 3: Carta geológica del sector de emplazamiento.

En relación con las propiedades geotécnicas del terreno de fundación en el sitio, según la clasificación de la NCh433.Of96, corresponde a un suelo Tipo II (Pizarro, 2008).

hipocentros de eventos ocurridos en un período de tiempo. El perfil de aproximadamente 317 eventos sísmicos de magnitud M_s mayor o igual a 5.0 que contiene el catálogo con hipocentros entre las latitudes 28° y 32° se muestra en la Figura 4. La distribución de focos caracteriza una actividad que se profundiza hacia el interior del continente, alcanzando sismos desde aproximadamente 4 kilómetros de profundidad en la costa, hasta alrededor de 292 kilómetros de profundidad en la longitud $68.7^\circ W$. La Figura 5 muestra la ubicación de los epicentros de los sismos más importantes ocurridos a partir de 1471 en la zona de mayor influencia en la amenaza para el sitio en estudio.

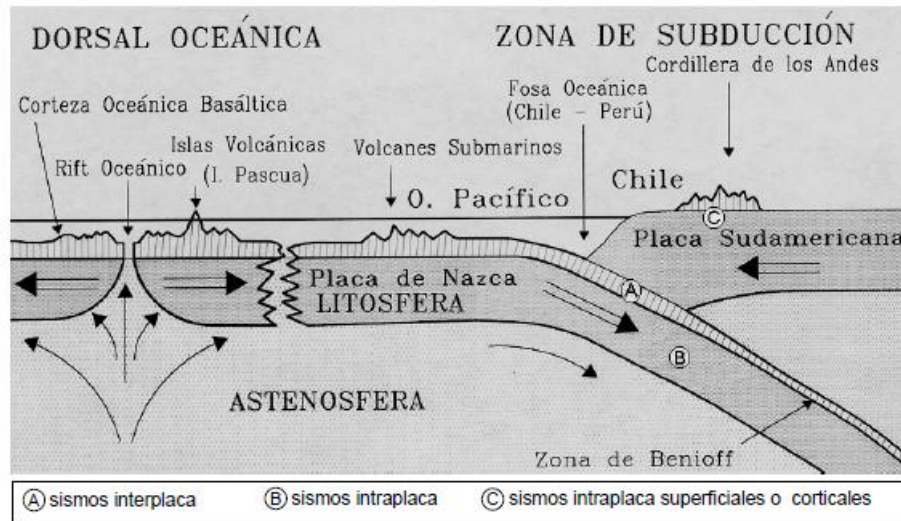


Fig. n° 5: Ambiente tectónico.

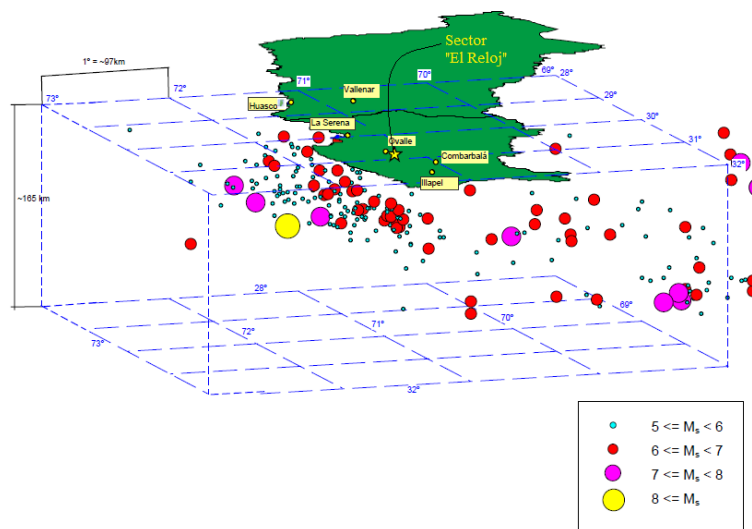


Fig. n° 6: Focos de eventos sísmicos.

La actividad más profunda está típicamente relacionada a rupturas asociadas al estado tensional de la placa subducente que se hunde en la astenósfera plástica (parte superior del manto), generando eventos intraplaca (zona B en Figura 3). Las solicitaciones sobre esta placa son complejas, por una parte existe un potencial estado de tracción por el peso de la porción frontal de la placa y por su eventual arrastre hacia el interior del manto, además, un eventual estado compresional debido a la oposición a sumergirse en un posible encuentro con material de mayor densidad, y finalmente, un estado flexural debido a la curvatura que debe adoptar la placa de Nazca al subducir bajo la placa sudamericana y al adoptar una condición de voladizo al introducirse al manto.

g) Descripción del método constructivo considerando lo establecido en el artículo 6 del presente Reglamento.

El proceso constructivo del muro se realizará en dos etapas.

Etapla I: Muro empréstimo de inicial construido antes de iniciar la depositación.

Etapla II: Muro empréstimo (final) construido en secuencia con el avance de la depositación, pero antes de iniciar la depositación en la fase V.

Ambos muros alcanzan una altura máxima de 11 metros. La diferencia entre uno y otro radica en el ancho de su coronamiento.

El proceso o método constructivo del muro se realizará en dos etapas considera los siguientes aspectos:

Se realizará un mejoramiento de 1 m de profundidad al terreno de fundación de la base del muro para formar una base sólida que reciba las sucesivas capas de material que conformarán el muro. Las calicatas realizadas en terreno muestran que a profundidad de 1 metros se encuentra roca “viva”.



Fig. n° 7: Calicatas / Profundidad roca viva.

El muro será construido con material de empréstito adecuado (estéril), previo tratamiento (granulometría), el cual deberá en todo momento mantener las características de la que se especifican en la siguiente tabla. Este material será dispuesto en capas sucesivas con un espesor máximo de 25 cm, cuidando que el tamaño máximo del material a depositar no sea mayor a 2". Las capas de relleno estéril deben ser continuas, de espesor uniforme y horizontal, compactadas hasta alcanzar un valor Proctor Modificado (PM) del 95% o una Densidad Relativa (DR) del 80% como valor promedio de cada capa.

Se controlará la compactación tomando dos muestras por cada capa de 25 cm.. Con el objetivo de verificar el grado de densificación alcanzado. De todo lo anterior deberán cumplirse las siguientes recomendaciones:

Como suelo apropiado para la ejecución de los rellenos se especifica el suelo granular con menos de 15% de finos pasando bajo la malla ASTM # 200 y un IP que no supere el 6%.

El punto de extracción del material constituyente del muro corresponde a desmontes ubicados dentro de la propiedad del titular.

Se adjunta en Anexo n°6 "Plano puntos de extracción de material muro".

Banda Granulométrica Recomendada

Todo material que quiera ser empleado como relleno compactado, debe cumplir con la siguiente banda granulométrica.

Tabla N° 4 "Banda Granulométrica"

Malla	% Que Pasa
2"	80-100
1"	60-100
3/8"	50-90
# 4	50-80
# 10	20-70
# 40	15-45
# 200	0-15

Plasticidad

LL no superior a 30%.

IP no superior a 6%.

Razón de Soporte California (CBR)

Porcentaje CBR a 0,2" de penetración no inferior a 20%.

El muro se construirá con paredes externas e internas con una pendiente de 37°.

➤ Etapa I (Muro final)

El muro inicial en su cara interna será impermeabilizado con una carpeta de HDPE de 1.0 mm, para lo cual, se establecerán especificaciones técnicas para dicha impermeabilización, por ejemplo, en los siguientes aspectos.

- Aprobación y aceptación de la superficie acondicionada (capa de material fino – arena) para la instalación de la geomembrana, cuidando que las láminas bajo la geomembrana estén correctamente instaladas, con sus traslapes bien ejecutados y no presenten deterioro alguno.

- Uniones en Terreno. La soldadura de uniones (termofusión) en terreno la realizará personal calificado, usando equipos, procedimientos y métodos adecuados (cuña caliente, máquina extrusora). Las uniones de ensayo en terreno se efectuarán en piezas de lámina de geomembrana para verificar con frecuencia condiciones de unión adecuadas.

Para preparar y soldar las uniones se adoptará un protocolo que incluye limpieza, tipo de materiales, método de soldadura de empalmes, y utilización, mantención e inspección de equipos. Todo esto a manera de que el procedimiento de instalación y soldadura del sello garantice la impermeabilización del terreno.

Tabla N° 5 “Configuración Muro Etapa I”

Configuración Muro Etapa I	
Ancho de coronamiento	5 m
Longitud de coronamiento	118 m
Volumen	15082 m ³
tonelaje	33030 ton
Superficie basal	2240 m ²
Ángulo Talud Interno	37 °
Ángulo Talud Externo	37 °

➤ Etapa II (Muro final)

El muro final, constituido también de material estéril con las mismas características de material constituyente del muro de inicio o de partida, será la prolongación del muro inicial hasta alcanzar en conjunto un ancho de coronamiento de 20 metros. Mantendrá en todo momento un ángulo de inclinación en su pared de 37° con la horizontal con una altura de 11 metros.

El muro será construido con material de empréstito adecuado (estéril), previo tratamiento (granulometría), el cual deberá en todo momento mantener las características de la que se especifican en la siguiente tabla. Este material será dispuesto en capas sucesivas con un espesor máximo de 25 cm, cuidando que el tamaño máximo del material a depositar no sea mayor a 2". Las capas de relleno estéril deben ser continuas, de espesor uniforme y horizontal, compactadas hasta alcanzar un valor Proctor Modificado (PM) del 95% o una Densidad Relativa (DR) del 80% como valor promedio de cada capa.

El diseño no contempla construir un muro de pie aguas abajo del depósito. El muro de pie en un tranque tradicional aguas abajo del prisma resistente tiene por función dar un límite físico al muro de arenas y evitar escape de material fuera de la traza del prisma, no se contempla en este diseño por lo siguiente:

- Por las características y disposición del material de empréstito utilizado en la confección del muro de partida, material diferente a las arenas gruesas constituyentes de los muros tradicionales.
- Por las características del depósito, el límite físico del material a depositar estará dado por la cara interna del muro, las laderas del sector y por las inclinaciones (hacia tras del muro) de las fases diseñadas.
- No habrá acumulación de aguas en las cercanías del muro, la superficies de las fases llevarán en todo momento las aguas de las posibles precipitaciones al extremo más alejado del muro. Los canales de contorno se mantendrán operativos en todo momento, el diseño de éstos está en función de los caudales máximos probables.

Por lo anterior, se descarta el escape de material fuera de la traza del prisma.

Tabla N° 6 “Configuración Muro Etapa II”

Configuración Muro Etapa II	
Ancho de coronamiento	15 m
Longitud de coronamiento	118 m
Volumen	19015 m ³
tonelaje	41643 ton
Superficie basal	2986 m ²
Ángulo Talud Interno	37 °
Ángulo Talud Externo	37 °

La configuración final del muro (Etapa I + Etapa II) se muestra en la siguiente tabla.

Tabla N° 7 “Configuración Muro Etapa Final”

Configuración Muro Final (Etapa I + Etapa II)	
Ancho de coronamiento	20 m
Longitud de coronamiento	188 m
Volumen	34097 m ³
tonelaje	74672 ton
Superficie basal	5226 m ²
Ángulo Talud Interno	37 °
Ángulo Talud Externo	37 °

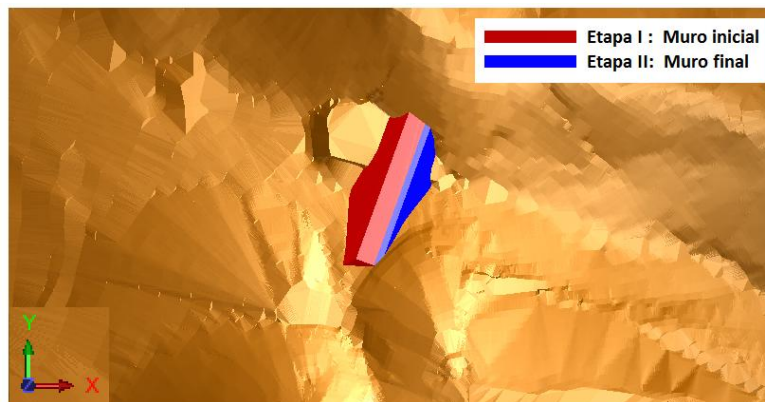


Fig. n° 8: “Vista planta de muros a construir”.

➤ Deposición de las fases

El relave filtrado como producto de descarte del proceso de extracción de mineral, será obtenido mediante el uso de filtros de prensa o de vacío, que tiene como característica principal su baja humedad, menor al 20%. Este material una vez obtenido, es transportado mediante el uso de camiones al lugar de depósito.

Este material para ser depositado e iniciar el desarrollo de una fase deberá reunir en promedio las siguientes características. Características que serán minuciosamente mantenidas de acuerdo a ensayos de laboratorio, análisis granulométricos, ensayos de compactación, etc.:

-Los valores de resistencia mecánica para el material de relave filtrado compactado a un 95% del ensayo Proctor Estándar, es decir una densidad seca compactada de 1,96 (g/cm³) y humedad de confección 12,3% permitirán proyectar un depósito estable.

El relave filtrado será dispuesto en capas con un espesor máximo de 25 cm, compactadas una a una hasta alcanzar un valor Proctor Modificado (PM) del 95%.

Para realizar la compactación del relave filtrado se utilizará un “Rodillo Compactador” de con capacidad de 234 - 133 kN.

Para asegurar el nivel compactación se realizarán pruebas de compactación con el Ensayo Cono de Arena.

Para definir los parámetros de una buena compactación se realizará una cancha de prueba para obtener los siguientes parámetros:

- % de humedad óptima para alcanzar la compactación del 95% del proctor modificado.
- Números de pasadas del rodillo por cada punto.

h) En el caso de un Tranque de Relaves:

No aplica. No es un tranque de relaves, es un depósito. El muro del depósito diseñado se construirá con material diferente a las arenas gruesas derivadas del proceso de beneficio.

Las características del material constituyente del muro serán las siguientes:

- El tamaño máximo de los agregados, no sea mayor a 2”.
- Proctor Modificado (PM) del 95% o una Densidad Relativa (DR) del 80% como valor promedio de cada capa.
- Porcentaje bajo la malla 200 –Tyler es de 0 a 15%.
- Plasticidad: LL no superior a 30%; IP no superior a 6%.
- Razón de Soporte California (CBR): Porcentaje CBR a 0,2” de penetración no inferior a 20%.
- El método de compactación será el tradicional mediante equipo rodillo.

i) Obras asociadas al depósito de relaves filtrados

Las obras asociadas al depósito de relaves filtrados son los canales de contorno y sentinas de aguas lluvias.

En el área en donde se ubicará el depósito de relaves no existen cursos naturales de agua. Independiente del escenario de producción, el sistema de manejo de aguas lluvias ha sido estructurado como un sistema de desvíos (canales de contorno), para tempranamente ser capaz de manejar eventos extremos, por efecto de fenómenos hidrometeorológicos adversos. Las aguas lluvias captadas ante una eventual precipitación serán devueltas a su cauce natural aguas abajo del muro.

- Sentina aguas lluvias: Sector en donde, en caso de precipitaciones, el agua escurrirá favorecida por la pendiente dada a la superficie de la fase. Se ubicará en la parte posterior del depósito. Es de carácter temporal, solo permitirá captar aguas lluvias frente a un evento meteorológico. Se desplazará en altura en secuencia con el desarrollo de las fases. El agua acumulada será bombeada al espesador de relaves.

Las características de las sentinas serán:

Se construirán en el eje del depósito en la parte posterior de cada fase siguiendo el siguiente orden:

- N° 1 se instalará para recolectar las aguas de las Fases I y II.
- N° 2 se instalará para recolectar las aguas de las Fases III.
- N° 3 se instalará para recolectar las aguas de las Fases IV
- N° 4 se instalará para recolectar las aguas de las Fases V.
- N° 5 se instalará para recolectar las aguas de las Fases VI.
- N° 6 se instalará para recolectar las aguas de las Fases VII.
- N° 7 se instalará para recolectar las aguas de las Fases VIII.
- N° 8 se instalará para recolectar las aguas de las Fases IX.

La instalación se realizará siguiendo los siguientes pasos:

- Se construirá con las siguientes características:
- Tres (3) metros desde el extremo de cada fase.
- Se realizará una excavación en el terreno natural el cual será revestida con HDPE para retener el agua en ella.
- El HDPE se fijará con una zanja de anclaje de 0,5 x 0,5 m.
- Sus dimensiones serán 10 m de largo por 3 m de ancho y 1 m de profundidad.
- Se instalará una bomba sumergible.

• Canales de contorno: Este sistema tiene por objeto interceptar las aguas lluvias, desviarlas y descargar aguas debajo de éste a su cauce natural. Todos los canales de contornos que contempla el proyecto serán inspeccionados y mantenidos periódicamente.

El procedimiento aplicado para delimitar el trazado de los canales de contorno para diferentes fases, se desprende de las bases de diseño, en el sentido de que cada fase de crecimiento del depósito de relaves filtrados tiene asociado un trazado de canales de contorno que interceptan los escurrimientos superficiales para evitar su contacto con los residuos mineros, y a su vez conducirlos e integrarlos a la red superficial de drenaje natural. En el caso de las fases 1 a 4, se contempla el mismo trazado de canal de contorno.

En función de esto, se superpuso el layout del depósito, donde se distingue cada una de las fases, y se trazó los canales de contorno en función de la topografía local, utilizando para ellos el software Google Earth. Se privilegio trazados comunes entre fases y se delimitó el área aportante. Los canales se proyectaron considerando los canales de contorno en el perímetro del depósito.

Se definió un canal de descarga norte y otro sur, los cuales cumplen la función de captar y conducir las aguas colectadas por los canales de contorno hasta su descarga a la red superficial de drenaje natural más próximo. En función de lo anterior, se definen dos corrientes, una norte y otra

sur, que evacuan las aguas lluvias de las microcuencas que son captadas por los canales de contorno al norte y al sur del depósito.

Se adjunta Informe "Diseño Conceptual Sistemas de Canales de Contorno", el que detalla las especificaciones técnicas de diseño de canales como longitud, pendiente de fondo, tipo de revestimiento, dirección de descarga y el caudal máximo de la cuenca aportante de aguas lluvias, para un periodo de retorno de 50 y 100 años. El mencionado informe fue realizado por un consultor externo a fin de dar una información más detallada de la descripción hidrogeológica del área de emplazamiento del depósito de relaves filtrados. El informe señalado presenta los planos de planta y trazados de los canales de contorno.

Se adjunta en Anexo n°7 "Diseño Conceptual Sistemas de Canales de Contorno".

Se adjunta en Anexo n°8 "Plano Canales de Contorno".

•Caminos: La ruta operacional de transporte de relaves desde la planta hasta el depósito de relaves tendrá una distancia lineal de 1.720 metros.

Con las siguientes características:

- Se utilizará en sus primeros 500 metros un camino minero existente,
- Los próximos 450 metros se construirá un camino nuevo por la ladera del cerro en el sector de la planta,
- El cual conectará con otro camino minero existente por 200 metros y
- Los últimos 570 metros se construirá un camino nuevo por la ladera del cerro en el sector del depósito.

Los caminos existentes mineros son propiedad del Titular del proyecto.

Este camino se realizará con las siguientes características y se utilizará los parámetros definidos por el manual de carretera del MOP.

Las condiciones de diseño serán:

- Ancho de la ruta 6 metros.
- Pendiente máxima 12%.
- Se realizará con una inclinación de 2% hacia el cerro.
- Se construirá una berma de 0,5 m.
- Se construirá una cuneta recolectora de aguas lluvias.
- Se construirá sifones de descarga de las aguas lluvias.
- Se construirá un pretil de contención en el lado de la quebrada.
- Para el traspaso de los canales de contorno se fabricará una alcantarilla de tubo de acero corrugado o tubo de polietileno de alta densidad PAD.

Se adjunta en Anexo n°9 “Plano Ruta Operacional – Caminos - Sentinas”.

j) Descripción de las dimensiones del depósito tanto en altura y largo de muro, como de área y volumen del depósito, como también su Plan de Crecimiento.

El plan de crecimiento de depósito considera la confección de una zona de depositación ubicada inmediatamente por detrás del muro inicial, la cual estará formada por nueve (9) fases, una ubicada inmediatamente encima de la otra.

Existirán bermas de desacople de 12 m., entre cresta de una terraza inferior y la línea basal (pata) de la superior. La cara superior de cada una poseerá una inclinación de menos 4° en dirección a la cola del depósito (sentina), con el propósito de favorecer el escurrimiento de las aguas lluvias alejado del muro hacia la parte posterior, todo esto frente a posibles precipitaciones.

El ángulo de talud de cada una estas terrazas será de 23° con respecto a la horizontal y permitirán alcanzar un ángulo de trabajo final de 13°.

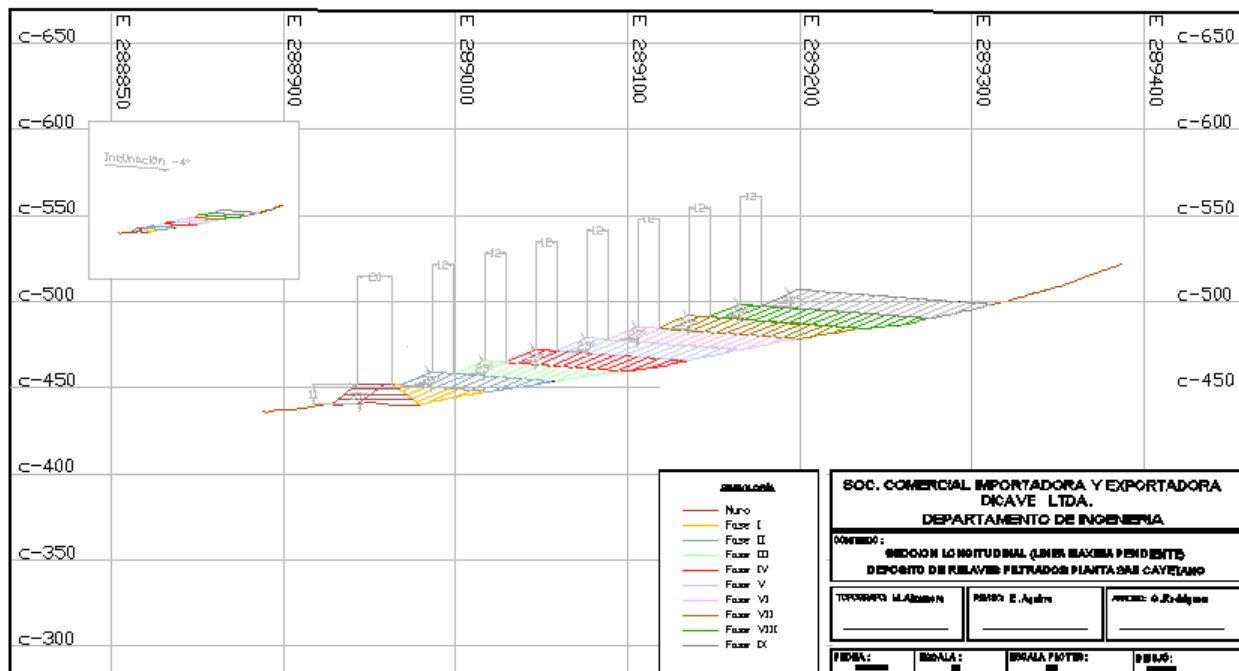


Fig. n° 11: “Perfil línea de máxima pendiente”.

En secuencia, una nueva fase será iniciada cuando se termine la anterior.

A continuación se detalla cada una de las fases a construir:

Tabla N° 7 “Tonelaje a depositar por fase”

FASE	VOLUMEN (m³)	MASA (ton)	TIEMPO (meses)
I	13.284	26.037	6
II	35.795	70.158	15
III	48.388	94.840	20
IV	61.470	120.481	26
V	70.743	138.656	30
VI	76.940	150.802	32
VII	82.546	161.790	35
VIII	84.182	164.997	35
IX	96.652	189.438	41
	570.000 m³	1.117.200 ton	240 meses

Tabla N° 8 “Desarrollo de fases en toneladas depositadas por año”

AÑO	VOLUMEN (m³)	MASA (ton)	DESARROLLO FASE EN TONELADAS DEPOSITADAS POR AÑO								
			Fase I	Fase II	Fase III	Fase IV	Fase V	Fase VI	Fase VII	Fase VIII	Fase IX
1	28500	55860	26037	29823							
2	28500	55860		40335	15525						
3	28500	55860			55860						
4	28500	55860			23456	32404					
5	28500	55860				55860					
6	28500	55860				32217	23643				
7	28500	55860					55860				
8	28500	55860					55860				
9	28500	55860					3293	52567			
10	28500	55860						55860			
11	28500	55860						42376	13484		
12	28500	55860							55860		
13	28500	55860							55860		
14	28500	55860							36586	19274	
15	28500	55860								55860	
16	28500	55860								55860	
17	28500	55860								34002	21858
18	28500	55860									55860
19	28500	55860									55860
20	28500	55860									55860
	570000 m³	1117200 ton	26037 ton	70158 ton	94840 ton	120481 ton	138656 ton	150802 ton	161790 ton	164997 ton	189438 ton

El tiempo aproximado que tomará la realización de la totalidad de las fases de crecimiento alcanzará los 20 años y permitirá almacenar 1.117.200 toneladas de relaves filtrados compactados en una área de 5.2 hectáreas, incluida la superficie basal ocupada por el muro.

En secuencia con el desarrollo de las fases, o zonas de depositación, el área (fundación, terreno natural) a cubrir será impermeabilizada en su totalidad con una carpeta de HDPE de 1.0 mm.

Para evitar el punzonamiento de la geomembrana se realizará de la siguiente manera:

- La superficie del muro en cada lugar de instalación, deberá encontrarse condiciones parejas, libres de toda protuberancia de rocas. Esto deberá eliminarse mediante pasadas con rastrillos, o bien sacándolos a mano, según resulte necesario.
- Se tiene contemplado la colocación de una capa protectora de arena de 10 cm., en el lado del muro que se impermeabilizará.
- A pesar de todas las indicaciones descritas, se instalará bajo la primera carpeta de geomembrana un geotextil de 150 gr/m² para soportar un posible punzonamiento de un material extraño.
- El material que se dispondrá sobre la geomembrana será el mismo que entrega la planta de flotación (relave).

Se adjunta en Anexo n°10 “Plano - Perfil Dimensiones del Depósito”.

k) Depósitos adyacentes y sus características principales.

No existe otros depósitos adyacentes o cercanos al lugar d emplazamiento del depósito de relaves a construir.

l) Descripción e ilustración de las características especiales de diseño:

El transporte desde el Concentrador al depósito, se realizará con camiones tolva después de ser filtrada y se descargará en el depósito. Los relaves productos de la operación serán espesados y filtrados con la recuperación del agua al procesos y los relaves irán con una humedad del 10% - 12%.

El trazado de los canales de contorno para diferentes fases, se desprende de las bases de diseño, en el sentido de que cada fase de crecimiento del depósito de relaves filtrados tiene asociado un trazado de canales de contorno que interceptan los escurrimientos superficiales para evitar su contacto con los residuos mineros, y a su vez conducirlos e integrarlos a la red superficial de drenaje natural. En el caso de las fases 1 a 4, se contempla el mismo trazado de canal de contorno. Las fases sucesivas a éstas contarán cada una con su propio canal de contorno. Se adjunta "Diseño Conceptual Sistemas de Canales de Contorno", el que detalla las especificaciones técnicas de diseño de canales como longitud, pendiente de fondo, tipo de revestimiento, dirección de descarga y el caudal máximo de la cuenca aportante de aguas lluvias, para un periodo de retorno de 50 y 100 años. El mencionado informe fue realizado por un consultor externo a fin de dar una información más detallada de la descripción hidrogeológica del área de emplazamiento del depósito de relaves filtrados. El informe señalado presenta los planos de planta y trazados de los canales de contorno.

m) Determinación de los parámetros de diseño geotécnicos:

Parámetros geomecánicos-geotécnicos del material a constituyente del muro.

El material constituyente del muro corresponde a desmonte mineros acopiados en botaderos antiguos ubicados dentro de la propiedad superficial del titular, es un material granular grueso cuya granulometría depende, entre otros factores, de la calidad de la roca, del método de

explotación, del tamaño de los equipos de transporte, entre otros. Sin embargo, para ser utilizados en la construcción del muro deberá ser tratado (condicionado, clasificado, etc.) hasta reunir las siguientes características:

- El tamaño máximo de los agregados, no sea mayor a 2”.
- Proctor Modificado (PM) del 95% o una Densidad Relativa (DR) del 80% como valor promedio de cada capa.
- Densidad Esponjada 1.81 ton/m³.
- Densidad Compactada 2.2 ton/m³.
- Porcentaje bajo la malla 200 –Tyler es de 0 a 15%.
- Plasticidad: LL no superior a 30%; IP no superior a 6%.
- Razón de Soporte California (CBR): Porcentaje CBR a 0,2” de penetración no inferior a 20%.
- El método de compactación será el tradicional mediante equipo rodillo.
- Desde el punto de vista geotécnico el estéril puede asimilarse a un enrocado de buena a regular calidad (clases 3 a 2 en el sistema de Bieniawski). Debido a la angulosidad, dureza y a la trabazón mecánica que se genera, estos materiales presentan una buena resistencia al corte, más aun considerando el grado de compactación al cual será sometido (PM 95%).

La literatura técnica da a conocer que en los materiales apilables con característica de compactación (por el mismo camión cargado como agente compactador) la cohesión puede aumentar en función de la altura de la plataforma de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla N° 9 “Comportamiento de la cohesión en función de la altura de la plataforma”

ALTURA (m)	Cohesión (KPa)
16	40
25	75
50	127
75	166
100	196

La cohesión lograda tras la compactación del material constituyente del muro, por la disposición en capas compactadas cada 25 cms, estará por encima de los valores descrito en la tabla anterior. Sin embargo, para efecto del análisis de estabilidad se consideró cohesión nula del material compactado constituyente del muro y un ángulo de fricción interna de 45 grados.

Control granulométrico

Para asegurar la granulometría del material graduado y el tamaño máximo menor a 2" se realizarán controles de la siguiente manera:

- El material que será utilizado para la construcción del muro se preparará utilizando la planta de chancado.
- Se tomará una muestra diaria del cortador de muestra automático, en la planta de chancado.
- Se realizará análisis granulométricos con las siguientes mallas:

Malla
2"
1"
3/8"
4
10
40
200

- Los cuales deberán tener el siguiente perfil granulométrico:

BANDA GRANULOMÉTRICA	
Malla	% Que Pasa
2"	80 – 100
1"	60 – 100
3/8"	50 – 90
# 4	50 – 80
# 10	20 – 70
# 40	15 - 45
# 200	0 - 15

Parámetros geotécnicos del relave filtrado

El relave filtrado es un producto de descarte del proceso de extracción de mineral, obtenido mediante el uso de filtros de prensa o de vacío, que tiene como característica principal su baja humedad, menor al 20%. Este material una vez obtenido, es transportado mediante el uso de camiones al lugar de depósito.

Este material para ser depositado e iniciar el desarrollo de una fase deberá reunir en promedio las siguientes características. Características que deberán ser minuciosamente mantenidas de acuerdo a ensayos de laboratorio y de compactación.

-Los valores de resistencia mecánica para el material de relave filtrado compactado a un 95% del ensayo Proctor Estándar, es decir una densidad seca compactada de 1,874 (g/cm³) y humedad de confección 12,3% permitirán proyectar un depósito estable.

Tabla N° 10 “Parámetros geotécnicos del relave filtrado”

Característica	Valor
Porcentaje Bajo Malla #200 (%)	75,0
Índice de Plasticidad IP	NP
Clasificación USCS	ML
Peso Específico de Sólidos, Gs	2,60
DMCS (g/cm ³)	1,874
Humedad Óptima (%)	12,3
Ángulo de Fricción Ø (°)	29,44 *
Cohesión c (kPa)	24,77 *

(*) : valores residuales.

Se adjunta en Anexo n°11, “Resultado Ensayos de Laboratorio”, los parámetros geotécnicos de material de relave y fundación.

n) Descripción de los sistemas de instrumentación y control que se usaran para monitorear el comportamiento estructural, hidráulico del depósito, incluyendo las variables:

Dadas las características del material constituyente del muro, como las del material filtrado compactado, la instrumentación considerada consiste en la instalación de piezómetros (cinco unidades), uno ubicado directamente aguas abajo del depósito y dos en muro, para poder monitorear el sistema de impermeabilización del depósito. Lo anterior se considera en el sentido de que, a través de éste instrumento, ver si se están produciendo fugas desde el depósito, por fallas del sistema de impermeabilización. Se instalaran dos piezómetros al interior del depósito.

El objetivo de los piezómetros es ver la existencia de posibles fugas que puedan existir, desde el depósito, por fallas en el sistema de impermeabilización. Por otra parte se descarta la posibilidad de que se produzca filtración de soluciones desde el depósito, esto debido a que tanto el muro

como las áreas de depositación de los relaves serán compactadas, en capas, con un proctor de 95%, realizando posteriormente un recubrimiento con geomembrana impermeable de HDPE (Polietileno de alta densidad) de un espesor de 1,0 mm en toda el área (fundación) de depositación de los relaves filtrados compactados. Del mismo modo los piezómetros instalados al interior del depósito permitirán advertir cualquier anomalía en el relave depositado.

Periódicamente se realizarán levantamiento topográficos que permitan determinar cualquier desplazamiento de la estructura.

Se adjunta en Anexo n°12 “Plano-Perfil Piezómetros” los siguientes archivos digitales:

-Plano Ubicación Piezómetros.

-Perfil Piezómetro 1, 2 y 3.

-Perfil Piezómetro 4 y 5.

o) Análisis de Estabilidad de Taludes, para el diseño del depósito de relaves en sus etapas de operación y cierre, de acuerdo al estado actual del conocimiento, incluyendo diferentes fases de precisión según la importancia y la evaluación de los riesgos que el depósito pueda presentar para las áreas adyacentes, como sigue:

Fase I: Simulación de estabilidad estática (Análisis pseudo-estáticos) asumiendo licuefacción total de los relaves de la cubeta.

No aplica el desarrollo de la simulación bajo un escenario de licuefacción total de los relaves. La operación de relaves filtrados compactados, estima que los relaves a depositar mantendrán una humedad mínima que permita una adecuada compactación.

Fase II: Simulación de estabilidad estática (Análisis pseudo-estáticos) con determinación simplificada de las presiones de poros.

Simulación de estabilidad estática (Análisis pseudo-estáticos) con determinación simplificada de las presiones de poros.

El análisis considera una condición estática y pseudo-estática, para lo cual, de acuerdo a la zona sísmica en la cual se ubicará el depósito se establecieron 2 tipos de eventos sísmicos:

- **Sismo de servicio u operación (SDO):**
Correspondiente a un sismo de intensidad moderada, pero con una alta probabilidad de ocurrencia durante la vida útil del proyecto. El SDO queda definido por un evento sísmico con un periodo de retorno de 75 años, y cuya intensidad tiene una probabilidad de excedencia del 50%, con una aceleración máxima horizontal de 0,369g.
- **Sismo Máximo Creible (SMC):**
Correspondiente a un sismo violento de gran intensidad, pero con una probabilidad de ocurrencia relativamente pequeña durante la vida útil del proyecto. El SMC corresponde a un evento sísmico con características similares al sismo del 27 de Febrero de 2010, con un coeficiente sísmico igual 0,2g. El periodo de retorno de 100 años, y cuya intensidad tiene una probabilidad de excedencia del 10%.

Conforme con esto, para evaluar la estabilidad en condición dinámica se utilizaran los coeficientes sísmicos horizontales descritos en la tabla siguiente. El coeficiente sísmico horizontal para el sismo máximo creible queda definido de acuerdo a las recomendaciones del Servicio y el coeficiente sísmico horizontal para el sismo de operación se define a partir de las recomendaciones de Bard et al. (2005) para este tipo de estructuras, las cuales proponen para estimar la expresión obtenida por Saragoni (1993), para sismos de aceleración máxima inferior a 0,67g ($k_h = 0.3 * a_{max} / g$).

Sismo de operación : $k_h = 0,1107 g$

Terremoto máximo probable : $k_h = 0,2 g$

Tabla N° 11 “Coeficientes sísmicos horizontales”

Condición		Coef. Horizontal (Kh)	Recomendaciones
Dinámica	Sismo Máximo Creible	Kh : 0,2g	Servicio: Observación punto 23. Sismo máximo creible queda definido con características similares al sismo (terremoto) del 27 de Febrero de 2010.
	Sismo de Operación	Kh : 0,1107	Bard et al. (2005) para este tipo de estructuras, las cuales proponen para estimar la expresión obtenida por Saragoni (1993), para sismos de aceleración máxima inferior a 0,67g ($k_h = 0.3 * a_{max} / g$). El sismo de operación queda definido por un evento sísmico con un periodo de retorno de 75 años, y cuya intensidad tiene una probabilidad de excedencia del 50%, con una aceleración máxima horizontal de 0,369g.
Estática		Kh : 0,0g	

Los criterios de aceptabilidad establecidos son los siguientes:

Cond. Estática	:	$FS \geq 1.20$	y	$P F \leq 10\%$
Cond. Sísmo de Operacional	:	$FS \geq 1.20$	y	$P F \leq 20\%$
Cond. Teremoto Máximo Probable)	:	$FS \geq 1.20$	y	$P F \leq 50\%$

Estos criterios de estabilidad equivalen a considerar que en una condición estática de este tipo de estructura debe ser bastante estable y con una baja probabilidad de falla, suficientemente baja como para permitir una operación segura. Por su parte, en condición sísmica (SDO – SMC) debe ser estable y con una probabilidad de falla media (20-50%).

Estos eventos sísmicos se definen en términos de una aceleración horizontal probable, correspondiente a una magnitud y distancia hipocentral dadas, de acuerdo a relaciones empíricas de atenuación (Ruiz y Saragoni, 2010).

El presente análisis considera la línea de máxima pendiente del terreno. Los factores de seguridad se establecen en base a las recomendaciones del Servicio. La sección analizada se realizó computando en el software SLIDE 5.0 mediante los métodos de Bishop Simplificado, Janbu Simplificado y Spencer, la tabla siguiente muestra los resultados del análisis.

Tabla N° 12 “Resultados del análisis de estabilidad”

RESULTADOS - NUEVO DISEÑO				
Condición	Criterio Aceptabilidad	Métodos de Análisis		
		Bishop Simplificado	Janbu Simplificado	Spencer
Estática	$FS \geq 1.2$ $PF \leq 10\%$	$FS = 3,10$ $PF = 0\%$	$FS = 3,04$ $PF = 0\%$	$FS = 3,10$ $PF = 0\%$
Sismo de Operación	$FS \geq 1.2$ $PF \leq 20\%$	$FS = 2,03$ $PF = 0\%$	$FS \geq 1,99$ $PF \leq 0\%$	$FS = 2,03$ $PF = 0\%$
Sismo Máximo Creíble	$FS \geq 1.2$ $PF \leq 50\%$	$FS = 1.57$ $PF = 0\%$	$FS = 1,54$ $PF = 0\%$	$FS = 1.57$ $PF = 0\%$

El muro y las nueve fases propuestas, de acuerdo al cálculo realizado, cumplen con los criterios de aceptabilidad establecidos para los casos estático, sismo de operación y sismo máximo probable. Las secciones analizadas, presentan factores de seguridad superiores a 1,2 y

probabilidades de falla iguales a cero para el caso estático, sismo operacional y sismo máximo creible.

Las superficies de falla visualizadas en los perfiles analizados presentan factores de seguridad mínimos de 1,54 para la condición sismo máximo creible, esto debido a las características del relave compactado y el escaso ángulo de talud de las fases.

Por todo lo anterior, el diseño propuesto es estable, bajo las configuraciones de diseño y características del material a depositar, en condición estática y pseudoestática.

Se adjunta en Anexo n°13 “Simulaciones_SLIDE”. En él se puede visualizar los factores de seguridad para cada fase en condición estática, sismo de operación y terremoto máximo probable.

Fase III: Análisis dinámicos basados en ensayos de propiedades dinámicas de los suelos, incluyendo cálculos de desplazamientos.

No aplica el desarrollo de la simulación bajo este escenario. La altura del muro es de 11 metros.

p) Estadísticas de las zonas sismogénicas de la región y estimar la aceleración máxima respectiva en la zona de emplazamiento del depósito.

En Chile se distinguen tres zonas sísmicas, cada zona sísmica está asociada a una determinada aceleración efectiva. El Depósito de Relaves Filtrados diseñado estará emplazado en la zona sísmica n° 3, zona que de acuerdo a la zonificación establecida en la Norma Chilena (NCh 433. Of. 96) establece una aceleración máxima efectiva (Ao) de 0,40g.

La literatura técnica permite por medio de una curva de probabilidad de excedencia de un cierto nivel de aceleración horizontal estimar las posibles aceleraciones máximas del suelo, considerando para ello el registro histórico de sismos interplaca subductivo tipo Thrust con magnitudes de Ms 8.4. El registro sísmico histórico identifica que los eventos de magnitud importante que han ocurrido más próximos a la zona, en las cercanías en donde se construirá el Depósito de Relaves Filtrados, son el terremoto de Illapel de 1943 de magnitud Ms=8.3, el terremoto de Vallenar de 1922, de magnitud Ms=8.4 y el Canela Baja (a 90 km. del sector en donde se emplazará el depósito), en septiembre pasado, de magnitud Ms=8.4.

Sin embargo, para efectos de diseño en la condición sismo máximo creible, de acuerdo a las recomendaciones del Servicio se considera el sismo del 27 de febrero de 2010, sismo con efecto “tsunami destructor y mayor “ (TD) según clasificación del Centro Sismológico Nacional de la Universidad de Chile.

De acuerdo a la zona sísmica asociada al Depósito de Relaves Filtrados se establecieron 2 tipos de eventos sísmicos:

- **Sismo de servicio u operación (SDO):**
Correspondiente a un sismo de intensidad moderada, pero con una alta probabilidad de ocurrencia durante la vida útil del proyecto. El SDO queda definido por un evento sísmico con un periodo de retorno de 75 años, y cuya intensidad tiene una probabilidad de excedencia del 50%, con una aceleración máxima horizontal de 0,369g.
- **Sismo Máximo Creible (SMC):**
Correspondiente a un sismo violento de gran intensidad, pero con una probabilidad de ocurrencia relativamente pequeña durante la vida útil del proyecto. El SMC corresponde a un evento sísmico con características similares al sismo del 27 de Febrero de 2010, con un coeficiente sísmico igual 0,2g. El periodo de retorno de 100 años, y cuya intensidad tiene una probabilidad de excedencia del 10%.

Tabla N° 13 “coeficiente sísmicos horizontales (k_h) para la zona de emplazamiento”

Condición		Coef. Horizontal (k_h)	Recomendaciones
Dinámica	Sismo Máximo Creible	$k_h : 0,2g$	Servicio: Observación punto 23. Sismo máximo creible queda definido con características similares al sismo (terremoto) del 27 de Febrero de 2010.
	Sismo de Operación	$k_h : 0,1107$	Bard et al. (2005) para este tipo de estructuras, las cuales proponen para estimar la expresión obtenida por Saragoni (1993), para sismos de aceleración máxima inferior a 0.67g ($k_h = 0.3 * a_{max} / g$). El sismo de operación queda definido por un evento sísmico con un periodo de retorno de 75 años, y cuya intensidad tiene una probabilidad de excedencia del 50%, con una aceleración máxima horizontal de 0,369g.
Estática		$k_h : 0,0g$	

Conforme con esto, para evaluar la estabilidad del muro en condición dinámica se utilizarán los coeficientes sísmicos horizontales descritos en la tabla anterior. El coeficiente sísmico horizontal para el sismo máximo creible queda definido de acuerdo a las recomendaciones del Servicio y el coeficiente sísmico horizontal para el sismo de operación se define a partir de las recomendaciones de Bard et al. (2005) para este tipo de estructuras, las cuales proponen para estimar la expresión obtenida por Saragoni (1993), para sismos de aceleración máxima inferior a 0.67g ($k_h = 0.3 * a_{max} / g$).

Sismo de operación : $k_h = 0,1107 g$
Terremoto máximo probable : $k_h = 0,2 g$

Los criterios de aceptabilidad establecidos son los siguientes:

Cond. Estática	:	$FS \geq 1.20$	y	$P F \leq 10\%$
Cond. Sísmo de Operacional	:	$FS \geq 1.20$	y	$P F \leq 20\%$
Cond. Teremoto Máximo Probable)	:	$FS \geq 1.20$	y	$P F \leq 50\%$

Los factores de seguridad se establecen en base a las recomendaciones del Servicio.

Estos criterios de estabilidad equivalen a considerar que en una condición estática de este tipo de estructura debe ser bastante estable y con una baja probabilidad de falla, suficientemente baja como para permitir una operación segura. Por su parte, en condición sísmica (SDO – SMC) debe ser estable y con una probabilidad de falla media (20-50%).

Estos eventos sísmicos se definen en términos de una aceleración horizontal probable, correspondiente a una magnitud y distancia hipocentral dadas, de acuerdo a relaciones empíricas de atenuación (Ruiz y Saragoni, 2010).

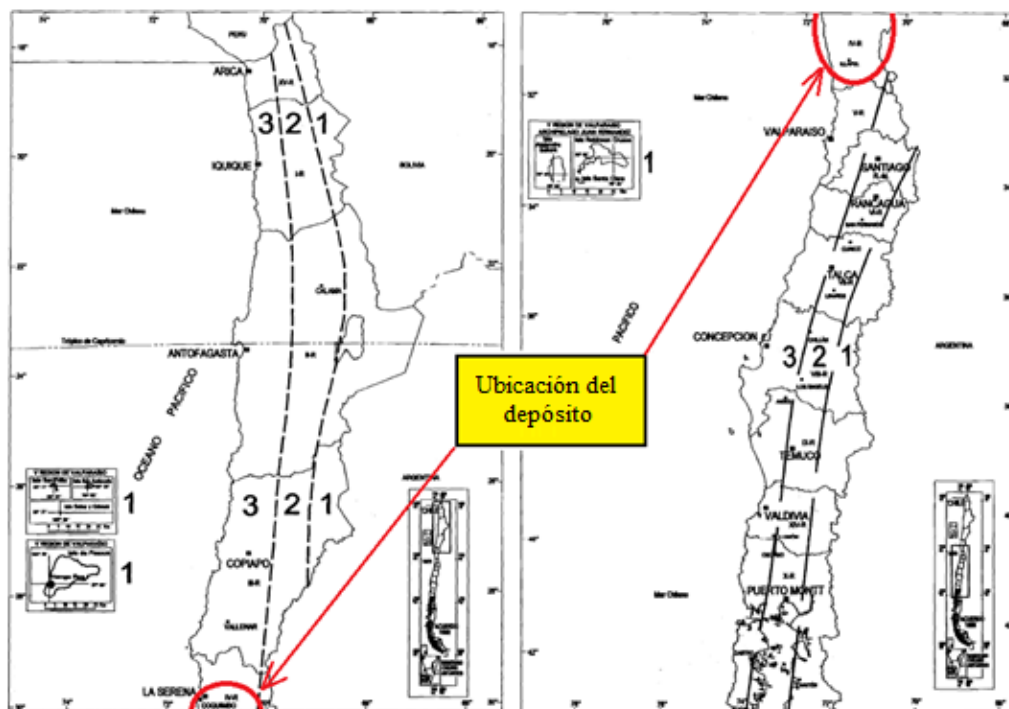


Fig. n° 21: Zonificación sísmica de las regiones I, II, III, IV , V, VI, VII, VIII, IX, X y Región Metropolitana

q) Distancia peligrosa

Considerando que el depósito de relaves de Planta San Cayetano:

- No corresponde a un depósito tradicional en donde el muro está compuesto de material de empréstito acondicionado y compactado en capas de 25 cm. a un valor proctor

modificado de 95% (material diferente a arenas gruesas constituyentes a muros tradicionales)

- Que el material a depositar corresponde a relaves filtrados compactados a un proctor de 95% (material diferente a los depositados en depósitos tradicionales).
- Que su pendiente constructiva es negativa (hacia el extremo opuesto del muro -4°).
- Que el material de muro final es de un material diferente al depositado en las fases (diferente a tranques convencionales)
- Que el depósito considera canales de contorno, manejo de aguas lluvias, se considera que el depósito se mantendrá estable ante eventos naturales.
- Que el análisis de estabilidad para la condición estática y pseudo estática otorga valores de factores de seguridad por encima del 1,2 exigidos para esta clase de depósito con probabilidad de falla igual a "0".

Debido a lo señalado su trayectoria es acotada a los límites del mismo depósito y no se considera distancia peligrosa.

Se adjunta Anexo n°14.

r) Manual de Emergencias

Se adjunta al presente proyecto el manual de emergencias del Depósito de relaves filtrados.

Se adjunta Anexo 15.