



Santiago, 22 de Febrero 2016
VPAC-2016-002

Superintendencia de Medio Ambiente

Dominique Hervé Espejo
Teatinos N° 280, piso 9
Santiago
PRESENTE

Ref.: Resolución Exenta N° 108, de fecha 5 de febrero de 2016

De mi consideración:

En relación a lo ordenado en el Resuelvo Segundo y Tercero de la Resolución de la referencia, por medio de la presente nos permitimos remitir a Ud., en tiempo y forma, documento consolidado "*Respuestas Resolución Exenta N°108 - SMA - Información Depósito de Relaves*" que da respuesta a cada uno de los requerimientos planteados en la mencionada resolución. Asimismo, como parte del documento, se entrega en anexo la siguiente información y antecedentes:

- **Anexo 1:** Medición de porcentaje de sólidos del relave espesado hasta el 20 de Febrero.
- **Anexo 2:** Registro fotográfico fechado: Superficie espejo de agua en cubeta del tranque de relaves (días 16, 17, 18 y 19 Febrero 2016).
- **Anexo 3.** Registro del caudal medio de agua bombeada a nivel diario en m³/día.
- **Anexo 4.** Procedimiento de Depositación.
- **Anexo 5.** Procedimiento de Medición % sólido y densidad Balanza Marcy – SG-GPC-MET-IM-PO-0048.
- **Anexo 6.** Características técnicas de sistemas de bombeo.
- **Anexo 7.** Informe E-700 Octubre – Diciembre 2015 e Informe Trimestral de Mantenimiento-Operación del Tranque de Relave, período Octubre-Noviembre-Diciembre año 2015.
- **Anexo 8.** Información de Pozos de monitoreo.

Sin otro particular, y esperando una buena acogida de los antecedentes, saludamos atentamente a Usted,

Ana Zúñiga Sanzana

Vicepresidente de Asuntos Corporativos y Sostenibilidad
Sierra Gorda SCM



Respuestas

Resolución Exenta N°108

SMA

Información Depósito de Relaves

Resuelvo Segundo:

1. Medición de porcentaje de sólidos del relave espesado con frecuencia a lo menos diaria se presentan en Anexo N°1.
2. (i) Registro fotográfico fechado, de la superficie del espejo de agua en la cubeta del tranque de relaves, Anexo N°2. Se indica que las fotografías registradas el día 16 Febrero del 21016 no indican la fecha correcta debido a una desprogramación de la cámara, mostrando erróneamente 05/28/2015. Los registro del días 17, 18 y 19 de Febrero 2016, cuentan con la programación adecuada.
2. (ii) Registro del caudal medio de agua bombeada a nivel diario en m³/día se acompañan en Anexo N° 3.

Resuelvo Tercero:

3.1 Identificar la totalidad de los pozos de la empresa, detallando para cada uno, los siguientes elementos: (i) nomenclatura o nombre utilizado; (ii) tipo de pozo (monitoreo de infiltración del tranque de relaves, monitoreo de acuífero, otro); (iii) compromiso ambiental asociado de acuerdo a RCA (identificar considerando v contenido asociados);

En la Tabla 1 se identifican los pozos de monitoreo acuífero y Tabla 2 pozos de observación operacionales depósito de relaves, detallando la información solicitada en relación a (i) nomenclatura; (ii) tipo de pozo; y (iii) compromiso ambiental asociado de acuerdo a RCA, identificando considerando. Archivo en formato Excel en Anexo N°8.

Tabla 1: Identificación de pozos monitoreo Acuífero

Nomenclatura o nombre utilizado	Tipo de pozo	Compromiso ambiental asociado de acuerdo a RCA	
CB-1	Monitoreo Acuífero	8.3.2 de la RCA137/11	<p>Para verificar que los resultados de la modelación hidrogeológica, detallado en el Anexo 1-5.1 de la Adenda N° 3 del EIA, evolucionen y se mantengan dentro de lo predicho, se implementará un plan de monitoreo que permita registrar a lo largo del tiempo los cambios que efectivamente ocurran en la dinámica del acuífero y en pozos de terceros</p>
CB-2			
CB-3			
CB-4			
CB-5			
CB-6			
CB-7			
CB-8			
CB-9			
CB-10			
CB-11			
CB-12			
QSCSG6-237			
QSG08-402			
QSG08-423			
QSG08-431			
QSG08-493			

Tabla 2: Monitoreo Operacional Depósito de Relaves.

Nomenclatura o nombre utilizado	Tipo de pozo	Compromiso ambiental asociado de acuerdo a RCA
#1	Monitoreo de infiltración Operacional Deposito de relaves	N/A
#2	Monitoreo de infiltración Operacional Deposito de relaves	N/A
#3	Monitoreo de infiltración Operacional Deposito de relaves	N/A
#4	Monitoreo de infiltración Operacional Deposito de relaves	N/A
Casa Grande Muro 3 Norte Muro 3 Sur	Monitoreo de infiltración Operacional Deposito de relaves	N/A
Casa Grande Muro 4 Noreste Muro 4 Sureste	Monitoreo de infiltración Operacional Deposito de relaves	N/A

3.2 Según lo indicado en la Adenda 1, Pregunta N° 1.3.1 respecto a la operación del tranque de relaves, se solicita entregar una descripción pormenorizada del procedimiento de deposición de relaves por capas finas y la periodicidad de Depositación.

En atención a los solicitado por la autoridad, Anexo N°4 Procedimiento de Depositación.

3.3 Detallar la metodología utilizada para determinar el porcentaje de sólidos informado en su carta SG HSE 084 2015 de fecha 16 de septiembre de 2015, considerando la frecuencia de muestreo.

En cada espesador de relaves existen dos bombas centrífugas horizontales de descarga de relaves Warman. Estas bombas son alimentadas mediante cuatro líneas de 18", dos por cada bomba en forma paralela.

Las tuberías de descarga de ambas bombas centrífugas recorren un túnel bajo tierra, para luego tener su punto de descarga en un cajón recolector de relaves.

Para la determinación del % sólidos, se utilizan densímetros ubicados en las líneas de descarga de las bombas de los espesadores de relaves, los cuales se calibran 1 vez por mes o cuando se detectan desviaciones de lecturas.

Para determinar el porcentaje de sólidos por día se procede a utilizar programa *PI-System*. *PI System*, es un producto que permite gestionar los datos y eventos a tiempo real, el cual extrae cada 5 minutos el valor de los densímetros durante las 24 horas de operación de las bombas. Una vez obtenido estos valores se informan como dato oficial promedio día.

Los valores de los densímetros se contrastan con valores obtenidos de muestreo manual en la descarga de los espesadores por el método de "balanza Marcy" con una frecuencia cada 2 horas.

En Anexo N°5, se entrega el documento SG-GPC-MET-IM-PO-0048, que corresponde al Procedimiento de Medición % sólido y densidad Balanza Marcy.

En la Figura N°3, se muestra el dispositivo densímetro en línea descarga de bombas de relaves tal como se indica anteriormente.



Figura 3: Densímetro en línea descarga de bombas de relaves

En la Figura N°4, se encuentran la planilla de control operacional de espesadores con registros cada una hora por el sistema PI System y el muestreo manual por método de balanza marcy que se realiza en terreno cada 2 horas.

		8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	
PI System	Treatmento Planta	TPH	5117	5384	5176	5336	5349	5248	5130	5184	5212	4483	5169	4813	5264	4535	5242	3624	4197	4191	4429	4504	3965	3777	3922	3718
	% Solido Bta PP-021	%S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	54	0	0	0	0	51	0	0	0	0	0	0	0	0
	Flujo PP-021	m3/hr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2398	1869	0	0	0	0	670	0	0	0	0	0	0	0	0
	% Solido Bta PP-021	%S	60,5	60,0	60,5	61,4	61,5	60,9	61,8	62,6	62,2	61,7	60,3	59,1	58,9	59,2	60,1	61,3	61,8	59,1	59,0	59,5	59,3	59,4	59,6	59,7
	Flujo PP-021	m3/hr	2374	2439	2541	2818	2969	2853	2845	2894	3022	3032	3062	2386	2877	2651	2637	2113	3021	3130	2866	2383	2388	1912	1797	1680
Marcy	% Solido Descarga	%S	60		61		61		61		63			58		59		61		60		60		60		

Figura 4: Planillas de control de espesadores.

3.4 Informe detallado de los equipos y procedimientos que comprende el sistema de espesamiento de relaves; su eficiencia; mecanismos de control y condiciones operativas que se implementaran para alcanzar el porcentaje de solidos comprometidos en la RCA N° 126/2011.

Las colas provenientes de la Flotación Primaria y de la Limpieza de Barrido Grueso del circuito colectivo Cu- Mo, son conducidas en forma gravitacional por una canaleta de recolección de relaves a un muestreador y posteriormente a un cajón distribuidor alimentador a los Espesadores de Relaves de alta capacidad (HRT).

El cajón distribuidor de 550 m³ de capacidad, está diseñado para alimentar a dos espesadores de alta capacidad de 86 metros de diámetro y 4 metros de altura c/u, así como también a dos espesadores adicionales, de las mismas dimensiones, que se instalarían considerando un aumento de capacidad de la Planta de Procesamiento.

Los espesadores serán alimentados por la parte superior mediante dos líneas cada uno, las que desembocan directamente a un Feedwell de alimentación circular, ubicado en la parte central de los espesadores.

A cada Espesador se adiciona floculante diluido a aproximadamente 0,026% para mejorar el nivel de sedimentación del sólido. El Feedwell está diseñado para producir una mezcla óptima entre la pulpa y el floculante, de manera de producir una dilución óptima que maximiza la sedimentación de sólidos y liberación de agua.

El relave se mezclará con el floculante diluido, el cual se adosa a las partículas sólidas para formar grandes “flóculos” que serán precipitados por la fuerza gravitacional.

Este precipitado se depositará en el fondo de los espesadores para formar una cama de relave produciéndose una interfaz bien definida entre esta cama y un líquido clarificado sobre ella.

El relave espesado se va acumulando en un cono central abajo de la base de los espesadores, producto del barrido producido por brazos de rastras equipadas con cuchillas que barren el fondo del espesador.

Estas rastras desplazan el sólido decantado hacia el centro del cono de descarga, ayudando también a mantener en movimiento la cama y compactando los sólidos en el mismo.

A medida que se llena el espesador con pulpa, se debe monitorear continuamente tanto la densidad de descarga como el torque del accionamiento de la rastra. Cuando la densidad se acerque al valor requerido, deberá aumentarse la velocidad de la bomba, regulándola para que la densidad de descarga mantenga su valor. Si no se puede lograr la densidad requerida incluso con una baja velocidad de bombeo, es posible que sea necesario aumentar la dosis de floculante. Si la densidad de descarga tiende a ser demasiado alta y el torque de la rastra es alto, esta condición puede aliviarse aumentando la velocidad de la bomba y/o disminuyendo la dosificación de Floculante.

La claridad del agua recuperada es influenciada por la dosificación de floculante. Si la claridad es insuficiente, aumente la dosificación de floculante. Recuerde que también la densidad de la descarga es influenciada por la dosificación de floculante y una mayor cantidad de floculante produce una mayor densidad de la descarga.

Los equipos que comprenden la operación de espesadores de relaves son:

- Espesadores 2 unidad.
- Bomba descarga de espesadores 2 bombas por espesador.
- Cajón distribuidor 1 unidad.

En las Tablas 3 y Tabla 4 siguientes, se entregan las especificaciones de los espesadores de relaves y de las bombas centrífugas de descarga de espesadores, respectivamente.

Los esfuerzos de SGSCM han estado concentrados en mejorar las condiciones de espesamiento de los relaves a depositar en la cubeta, para de esta forma disminuir los volúmenes de agua ingresados al sector del depósito de relaves. Para conseguir esto, por una parte SGSCM plantea un plan de muestreos de los relaves, monitoreo permanente de la concentración de sólidos en los relaves y pruebas de floculantes y aditivos, además de buscar la asesoría de empresas consultoras y de ingeniería de alcance internacional en la materia como Knight Piésold y Tailpro para que evalúen alternativas de mejoramiento de las condiciones de espesamiento y de mejora de las condiciones de depositación de los relaves que se producirán para manejar de la mejor forma cualquier desviación de la concentración de sólidos en los relaves. Considerando la variedad de unidades geológicas que serán explotadas durante la vida del proyecto, SGSCM considera un monitoreo continuo de las condiciones de los relaves para que ante potenciales desviaciones de las propiedades de los relaves en el futuro, se pueda asumir medidas eficaces y oportunas que permitan mantener restringidas potenciales infiltraciones.

Tabla 3: Especificaciones espesadores de relaves

Descripción	Especificación
Espesadores de Relaves de alta Capacidad	5111-TK-001 / 002
Fabricante	Outotec
Modelo	High Rate (HRT) Supaflo®
Dimensiones (m)	
Diámetro	86
Altura de la Pared	4
Pendiente de Fondo	Doble Pendiente - Primer Tramo 1:10 Segundo Tramo 1:6
Cantidad de Equipos	2
Cantidad de Líneas de Alimentación por Espesador	2
Sistema de Rastras	
Cantidad Rastras	4 (2 largas y 2 cortas)
Material Construcción	ASTM A35
Largo Rastras Largas (m)	42,82
Largo Rastras Cortas (m)	20,02
Parámetros Operacionales (Nominal / Diseño)	
Caudal de Alimentación por Espesador (m ³ /h)	3.208 / 5.769
Caudal de Descarga por Espesador (m ³ /h)	1.189 / 1.802
Rebose Caudal por Espesador (m ³ /h)	4.184 / 6.585
Gravedad Específica del Sólido	2,72
Dosificación Floculante (g/t)	15
Concentración de Floculante (% p/p)	0,026
% Sólidos en Alimentación	30,5
% Sólidos en Descarga	62
Área Unitaria Espesamiento (m ² /t/d)	0,1
Tasa de Sedimentación (t/h/m ²)	0,46
Yield Stress Descarga Espesador (Pa)	70 - 110
Torque Máximo (Nm)	6.500.000
Modo Operacional	Continuo

Tabla 4: Especificaciones Bombas centrifugas descarga de espesadores.

Descripción	Especificación
Bomba Centrifuga Horizontal	5111-PP- 011 / 012 / 021 / 022
Fabricante	WARMAN
Modelo	12 AHF / MF / LF
Dimensiones (mm)	
Descarga	305 (pulg.)
Succión	559 (pulg.)
Revestimiento del Polímero / metal	650 Norm Máx. r / min
Tipo sello	Sellos Glándula de Bombas
Impulsor	
N° de paletas	8
Diámetro paletas (mm)	1006
Material	Metal
Tipo	Abierta
Accionamiento	VSD
Modo Operacional	Continuo
Frame (Rating)	
ST	560 kW
STX	560 kW
G	600 kW
GG	900 kW
T	1.200 kW

3.5 Descripción y características técnicas de los equipos utilizados en el sistema de bombeo del agua acumulada en la cubeta del tranque de relaves.

En Anexo N°6 se detallan las características técnicas de sistemas de bombeo.

3.6 Formulario E-700 Informe Trimestral de Depósito de Relaves, del periodo Octubre-Diciembre 2015.

En Anexo °7, se adjunta informe E-700 correspondiente al periodo Octubre – Diciembre en. Además, se acompaña informe Trimestral de Mantenimiento-Operación del Tranque de Relave, período Octubre-Noviembre-Diciembre año 2015

3.7 Superficie actual del espejo de agua del tranque de relaves.

En Tabla N°5 se entregan los resultados de la última batimetría realizada en el mes de enero por empresa colaboradora Gesecoly en el cual nos indica que el volumen de la cubeta de agua es de 23.047,01 m³ y la superficie que esta comprende es de 97.052,46m².

En los Gráfico siguientes, se indica la variación del nivel del espejo de agua detectadas respecto a batimetrías anteriores, respondiendo al incremento de recuperación de aguas desde tranque de relaves.

Tabla 5: Resumen Batimetría enero 2016

Volumen Total	23.047,01 m3
Volumen Zona Profunda	15.430,99 m3
Volumen Zona Baja Profundidad	7.616,02 m3
Superficie Total Laguna	97.052,46 m2
Perímetro	2.119,97 m
Cota Pelo de Agua	1.621.66 m.s.n.m
Cota Máxima Profundidad	1.620.89 m.s.n.m
Profundidad máxima	0,77 m
Promedio Profundidad	0,44 m

	Relave Sumergido	Relave Expuesto	Total
Volumen m3	478.270,20	19.867.701,85	20.345.972,05
Área m2	97.052,46	3.283.759,25	3.380.811,71

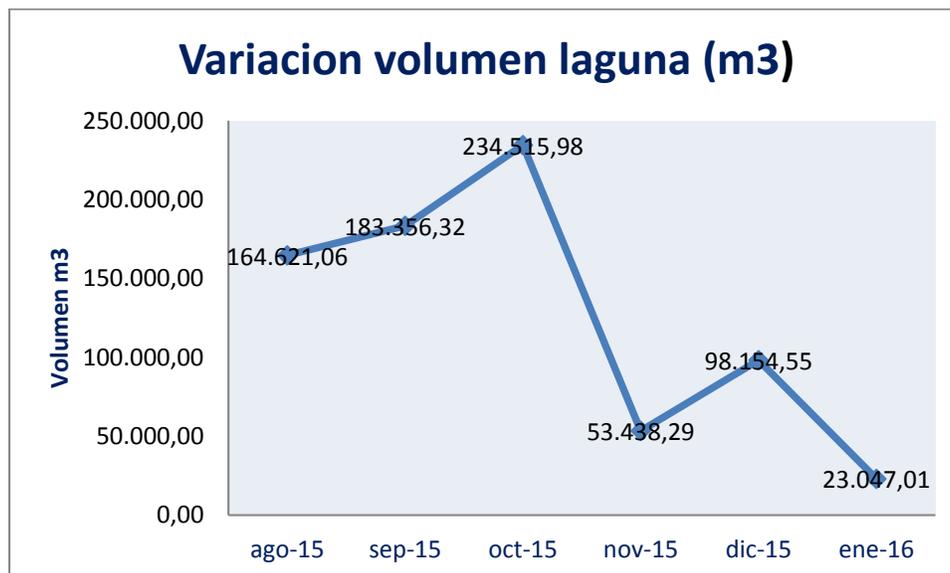


Grafico 1: Variación de agua de laguna.



Grafico 2: Variación superficie de laguna

3.8 Volumen actual estimado de agua (m³) en la cubeta del tranque de relaves.

Con el objeto de contar con información en tiempo real acerca de la variación volumétrica, y superficial, del relave depositado en el tranque, SG SCM cuenta con los siguientes controles:

- Superficie de Lagunas de Aguas Claras: Corresponde a la superficie que se encuentra inundada con agua recuperable.
- Superficie con Pulpa de relaves tipo Playa. Corresponde a los sectores que se encuentran cubiertos por relaves.

En las siguientes Figuras (N°5 y N°6) es posible observar la superficie de la laguna en el depósito de relaves y el área del depósito.

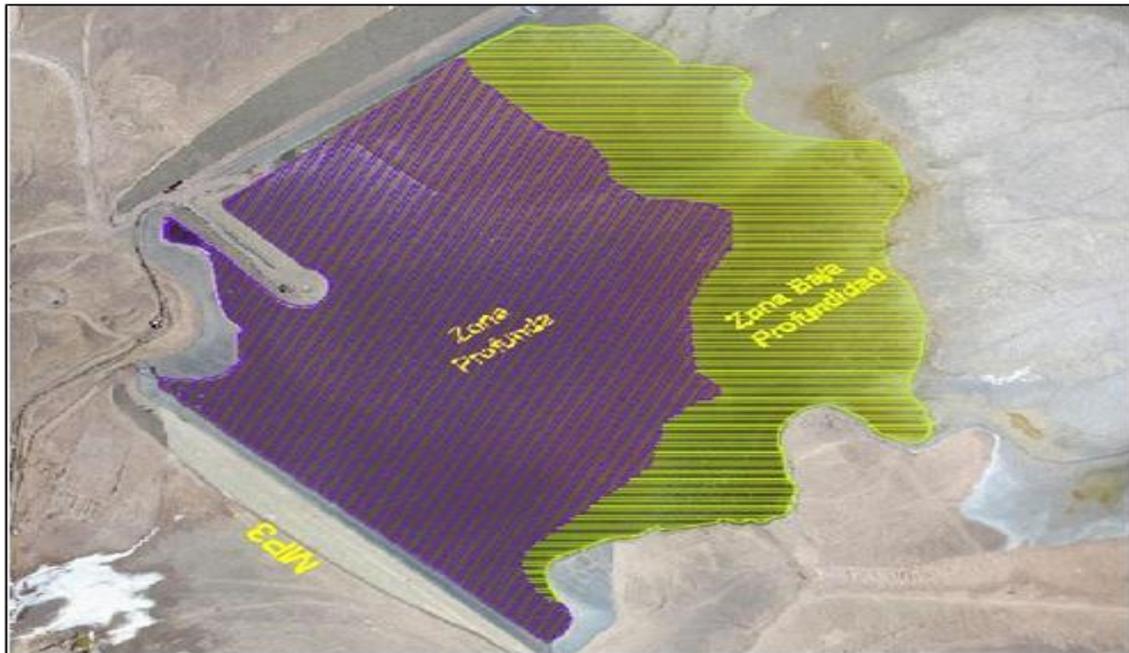


Figura 5: Superficie laguna utilizada en depósito de relaves.

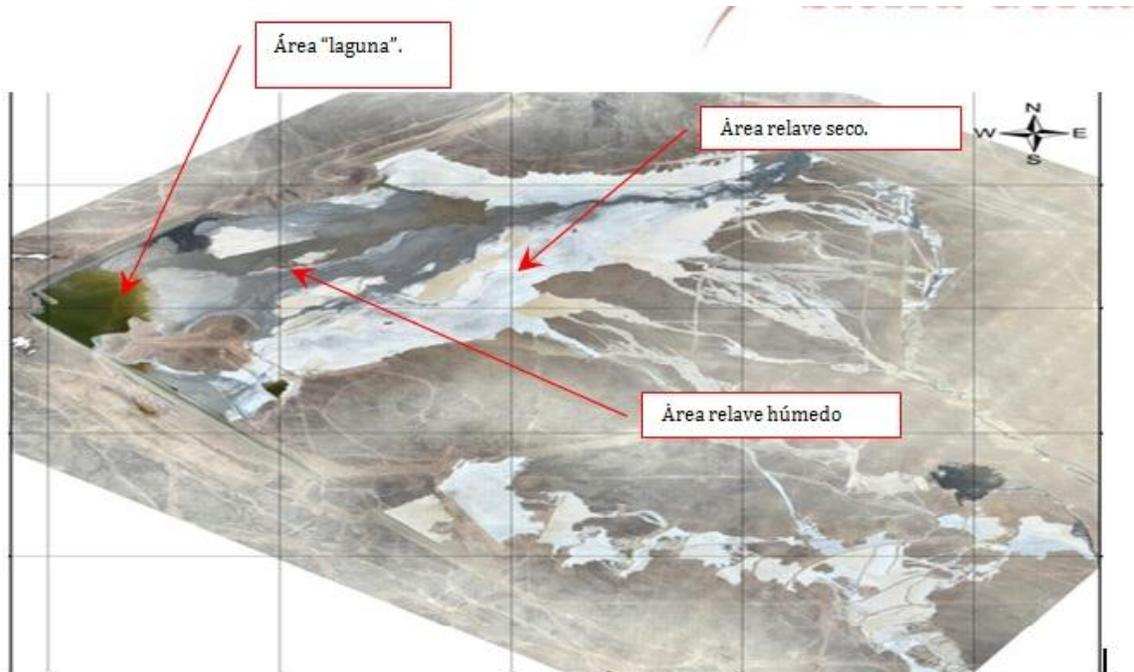


Figura 6: Área Deposito relaves.

3.9 Descripción de sistema de recuperación de aguas del tranque en funcionamiento actualmente, indicando también la capacidad de bombeo y horas de funcionamiento de dicho sistema.

El sistema de agua recuperada de procesos lo componen principalmente dos piscinas de 16.000m³ de capacidad cada una, que reciben las aguas recuperadas del proceso.

Previo al ingreso a las piscinas, existe un cajón distribuidor de estas aguas de proceso. El rebose del distribuidor posee cuatro canaletas que conducen el agua recuperada de proceso, a las dos piscinas de agua recuperada.

El agua recuperada de procesos está compuesta principalmente por las aguas recuperadas de:

- ▶ Espesadores de relaves y depósito de relaves.
- ▶ Circuito de enfriamiento de los molinos de bolas.
- ▶ Chancadores HPGR's.
- ▶ Rebose del estanque rechazo de la planta OR.
- ▶ Agua recuperada de los espesadores de concentrado colectivo y concentrado de Cu.
- ▶ Agua recuperada de la Planta de Flotación Selectiva de Mo .
- ▶ Corriente de reposición proveniente de la piscina de agua de mar.

Eventualmente, las piscinas de agua recuperada de proceso podrían recibir agua recuperada desde el tranque de relaves.

Para reducir el riesgo de precipitación de sales contenidas en estas aguas en los depósitos, sistemas de conducción, o cualquier superficie, se contempla adicionar al estanque distribuidor un reactivo anti incrustante.

Desde esta sentina, el agua es enviada a los diferentes puntos de consumo de la planta para su uso a la presión deseada.

El sistema de recuperación de aguas desde depósito de relaves, corresponde a línea de HDPE Ø710 mm y 9461 m de longitud, que permite la extracción permanente de agua.

Sierra Gorda SCM con el fin de disminuir volúmenes de requerimiento de agua de mar y asegurar mejor control de crecimiento laguna de aguas claras en depósito de relaves, ha efectuado la instalación bombas adicionales de recuperación. La incorporación de esta mejora permitió elevar a 2000 m³/hr (aumento del 100%) en las tasas de extracción de agua. Mejoras de esta índole, se preparan en directo beneficio de la sustentabilidad en el manejo de aguas al interior de faena, efectuando reutilización de las mismas.

Las aguas del depósito de relaves son impulsadas hasta piscina primaria y mediante sistema de bombeo con capacidad máxima de 2000 m³/h impulsar el agua a piscina intermedia para finalizar la impulsión a piscina proceso.

Actualmente el sistema de recuperación de agua funciona en promedio 8-12 h/día debido a la disminución del nivel y volumen de agua en cubeta, con una recuperación de 1000 m³/h. caudal recuperado de 8000-12000 m³/día.

Sistema de bombeo por balsa como se muestra en Figura N°7 (octubre del 2015), hay que mencionar que este tipo de bombas son de posición dinámica es decir que se pueden ubicar en distintos sectores del depósito de acuerdo a requerimiento operacional.



Figura 7: Sistema de bombeo Recuperación del depósito Relaves

Durante el mes de mayo, se da inicio a la implementación de tendido de línea HDPE 24", que se utilizará para el aumento de extracción de agua desde tranque de relaves. Para ello se instalan:

- 2 bombas XYLEM - 200 m³/hr.
- 2 bombas VOGT – 350 m³/hr. c/u.

Asimos, respecto de estos sistemas, en Figura N°8 se muestra el sistema de bombeo recuperación del depósito de relaves, en la Figura N°9 se entrega como antecedentes un esquema general de tendido de líneas provisionarias y en la Figura N°10 se pueden observar las líneas de recuperación Agua del depósito de relaves. Además, en la Tabla N°6 se indican las capacidades de las piscinas asociadas y en Tabla N°7 la capacidad de bombas en depósito relaves.



Figura 8: Sistema de bombeo recuperación del depósito de relaves.

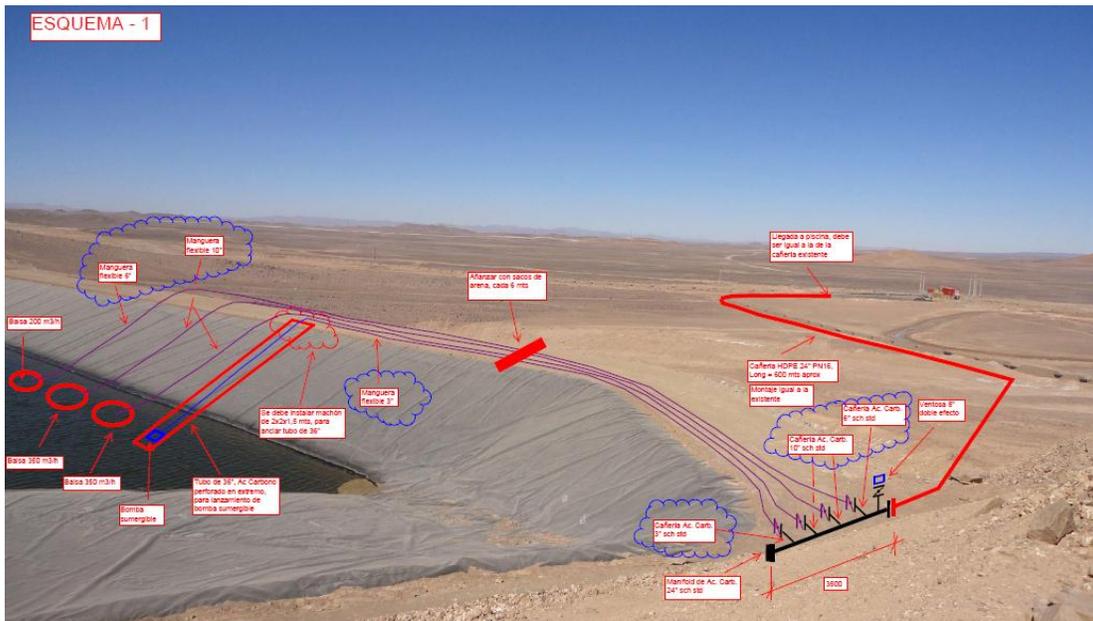


Figura 9: Esquema general de Tendido de Líneas Provisorias

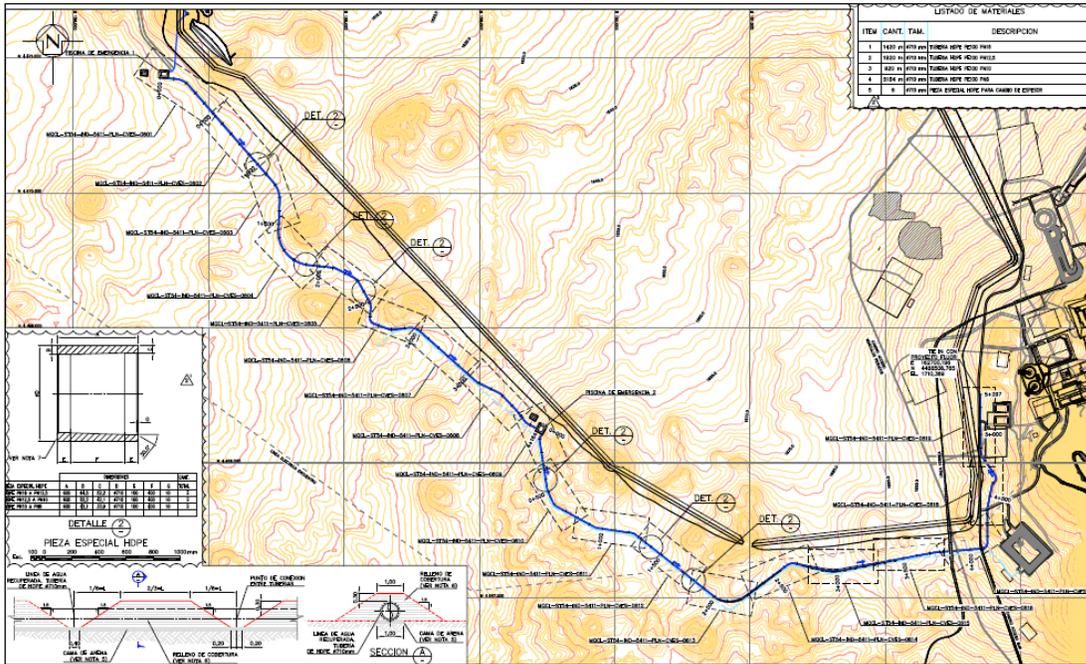


Figura 10: Línea de Recuperación Agua Deposito de Relaves

Tabla 6: Capacidad Piscinas.

PISCINA	UNIDAD	CAPACIDAD (m3)
MAR	1	750.000
PROCESOS	2	16.000
INTERMEDIA	1	8.000
PRIMARIA	1	8.000

Tabla 7: Capacidad de bombas en depósito relaves.

BOMBAS	UNIDAD	CAPACIDAD(m3/h)
Torre captacion	1	1.000
Sumergible	2	200
Vogt	2	350
Piscina primaria	2	1.000
Piscina intermedia	2	1.000

3.10 Capacidad total de acumulación y/o recirculación de agua bombeada desde el tranque considerando todas las piscinas de proceso.

Capacidad total de acumulación de agua bombeada desde el tranque considerando todas las piscinas de proceso, en Tabla N°8 nos muestra la capacidad real de las piscinas de Sierra Gorda y en Tabla N°9 nos indica el flujo de cada bomba del depósito de relaves, siendo la capacidad máxima de impulsión (recuperación de agua) de 2000m³/h, que corresponde a las estaciones de bombeo de piscina primaria. Puesto que bombas VOGT, Sumergibles y torres de captación alimentan dicha piscina.

Siendo la capacidad total de almacenamiento de 630.400 m³ y caudal de recuperación de agua de 2000 m³/h como máximo.

Tabla 8: Capacidad de Piscinas.

PISCINA	UNIDAD	CAPACIDA (m3)	Util	Capacidad Real (m3)
MAR	1	750.000	80%	600.000
PROCESOS	2	16.000	60%	19.200
INTERMEDIA	1	8.000	70%	5.600
PRIMARIA	1	8.000	70%	5.600
TOTAL				630.400

Tabla 9: Capacidad de impulsión de bombas.

BOMBAS	UNIDAD	CAPACIDAD(m3/h)
Torre captacion	1	1.000
Sumergible	2	200
Vogt	2	350
Piscina prmaria	2	1.000
Piscina intermedia	2	1.000