

INFORME SOBRE

**PLAN DE MANEJO DE AGUAS CONCEPTUAL
PARA LA ESCOMBRERA DE ESTERILES EL MORRO EN
EL PROYECTO PASCUA LAMA
(PLANES DE MINA DE JULIO DE 2004)**

Preparado para:
Compañía Minera Nevada Limitada
Ricardo Lyon 222, Piso 11
Providencia, Santiago

Preparado por:
Golder Associates S.A.
Av. 11 de Septiembre 2353, Piso 2
Providencia, Santiago
Tel. (56-2) 233 5868
Fax. (56-2) 334 5803

DISTRIBUCIÓN:

1 Copia -	Compañía Minera Nevada Limitada, Santiago, Chile
1 Copia -	Golder Associates Ltd., Vancouver, Canada
1 Copia -	Golder Associates S.A, Santiago, Chile

RESUMEN EJECUTIVO

Este informe presenta el diseño conceptual de los sistemas de manejo de aguas para la escombrera de estériles El Morro del Proyecto Pascua Lama basados en los planes de desarrollo de la mina de Julio de 2004. Se discuten además los requerimientos de acceso y mantenimiento de los sistemas de manejo de aguas así como las cantidades de material necesarias para su construcción.

El objetivo de los sistemas de manejo de aguas es el de minimizar la cantidad de agua de contacto (agua superficial y subterránea que ha entrado en contacto con los estériles depositados en escombreras o con las superficies excavadas del rajo) mediante el desvío del agua que no ha entrado en contacto (agua de “no contacto”) alrededor de las escombreras y al mismo tiempo, el manejo y recolección de las aguas de contacto. La estrategia de manejo de aguas propuesta para las escombreras, desde la etapa de operaciones a la de cierre, involucra tres sistemas: un sistema de intercepción de aguas de no contacto que consiste en una serie de canales de intercepción ubicados en el perímetro de la escombrera, un sistema de recolección de agua de contacto superficial que consiste en una serie de canales en la base de la escombrera para recolectar escorrentías e infiltraciones desde la misma y transferirlas a las instalaciones de manejo de estas aguas y un sistema de monitoreo y recolección de aguas subterráneas localizado aguas abajo de la escombrera y se utiliza para monitorear el agua subterránea aguas abajo de la misma y si fuese necesario, recolectarlas.

La calidad de las aguas de contacto será monitoreada en un punto aguas abajo de la escombrera El Morro. Si fuese necesario, esta agua será transferida a la laguna de la planta de molienda durante las operaciones, mientras que durante el cierre a las instalaciones de almacenamiento de agua de contacto y posteriormente a la planta de tratamiento.

Se propone la construcción de un muro de pie aguas abajo de la escombrera para proteger los pozos de recolección de aguas subterráneas de derrumbes menores y para limitar la cuenca aportante del sistema de recolección de aguas de contacto.

TABLA DE CONTENIDOS

	Página
1.0 INTRODUCCIÓN	1
2.0 ANTECEDENTES	2
2.1 Geología e Hidrogeología.....	2
2.2 Meteorología e Hidrología.....	2
2.3 Calidad de Aguas.....	3
3.0 RESUMEN DE LOS SISTEMAS DE MANEJO DE AGUAS	5
3.1 Objetivos del Manejo de Aguas.....	5
3.2 Estrategia de Manejo de Agua.....	5
3.3 Criterios de Diseño	6
3.4 Flujos de Diseño	10
4.0 MANEJO DE AGUAS EN LA ESCOMBRERA EL MORRO	12
4.1 General.....	12
4.2 Sistema de Intercepción de Agua de No Contacto	12
4.3 Sistema de Recolección de Agua Superficial de Contacto.....	16
4.4 Sistema de Monitoreo de Agua Subterránea y Sistema de Recolección	17
4.5 Instalaciones de Almacenamiento de Agua de Contacto.....	19
4.6 Muro de Pie	21
5.0 MANTENIMIENTO	23
5.1 Canales.....	23
5.2 Lagunas de Sedimentación	23
5.3 Instalaciones de Almacenamiento de Agua de Contacto.....	23
5.4 Remoción de Nieve de las Escombreras.....	23
6.0 ACCESO A LAS AREAS DE LA ESCOMBRERA	25
6.1 Acceso para Actividades de Construcción	25
6.2 Acceso para Actividades de Monitoreo e Inspección.....	25
7.0 CANTIDADES	27
8.0 CONCLUSIONES	28

TABLA DE CONTENIDOS **(continuación)**

Lista de Tablas

Tabla 1	Resumen de la Calidad de Aguas en LA-1	4
Tabla 2	Criterio de Diseño Recomendado para Sistemas de Manejo de Agua	7
Tabla 3	Criterios de Diseño Recomendados para las Instalaciones de Acopio de Agua de Contacto	8
Tabla 4	Estimaciones de Rendimiento Instantáneo Máximo de Cuenca para Diseño	11

Lista de Figuras

Figura 1	Ubicación del Proyecto
Figura 2	Sistema Conceptual de Manejo de Aguas Durante Operaciones para la Escombrera El Morro
Figura 3	Sistema Conceptual de Manejo de Aguas Durante Cierre para la Escombrera El Morro
Figura 4	Diseño Conceptual de Canal Perimetral de Intercepción
Figura 5	Diseño Conceptual de Canales de Entrada y Salida de Laguna de Sedimentación
Figura 6	Diseño Conceptual de Reconstrucción de Canal Perimetral de Intercepción
Figura 7	Diseño Conceptual de Canal de Recolección de Agua de Contacto
Figura 8	Diseño Conceptual de la Tubería de HDPE de Agua de Contacto

Lista de Fotografías

Foto 1	Valle del Arroyo Turbio
--------	-------------------------

Lista de Anexos

Anexo I	Balance de Agua de Instalaciones Conceptuales de Almacenamiento de Agua de Contacto
Anexo II	Cómputos Métricos (take offs)

1.0 INTRODUCCIÓN

Pascua Lama es un Proyecto bi-nacional desarrollado por Barrick Exploraciones Argentina S.A. (BEASA) en Argentina y la Compañía Minera Nevada Limitada (CMN) en Chile. El proyecto que está localizado en los Andes altos, se encuentra sobre el límite de la Provincia de San Juan en Argentina y la III Región de Chile como se muestra en la Figura 1.

Durante el 2004 CMN ha desarrollado y actualizado el plan de explotación de la mina (Julio de 2004) el cual consiste en el desarrollo de rajo Pascua Lama con dos escombreras de estériles; la escombrera Nevada Norte en Chile ubicada al norte del rajo en el valle del Río Estrecho y la escombrera El Morro en Argentina ubicada al este del rajo en la cabecera del valle del Río Turbio. La escombrera Nevada Norte será desarrollada al inicio de las operaciones. La escombrera El Morro será desarrollado a los 8 años de operación de la mina.

Este informe presenta el diseño conceptual para el manejo y control de las aguas superficiales y subterráneas para la escombrera El Morro propuesta en el plan de explotación de mina de Julio de 2004. Los alcances de este informe excluyen el diseño conceptual del sistema de manejo de aguas del rajo, el diseño de las instalaciones de tratamiento de aguas y las predicciones de calidad de agua.

2.0 ANTECEDENTES

2.1 Geología

La escombrera El Morro está localizada en la cabecera del Arroyo Turbio. La pendiente natural del terreno varía entre 10° y 12°. Los muros del valle en el sector de la escombrera presentan inclinaciones de hasta 32° con un promedio de aproximadamente 20°.

Un mapa de la geología superficial desarrollado por CMN indica que rocas graníticas con una leve alteración argílica y leve meteorización predominan en el sector de El Morro. El mapeo superficial identificó surgencias de roca en la huella de la escombrera las que se observan mayoritariamente como cordones. Se han efectuado 15 perforaciones en la huella de la escombrera, encontrándose la roca basal entre 3 y 18 metros de profundidad en zonas que no presentan surgencias. Los depósitos superficiales se muestran como materiales coluviales no saturados compuestos por grava arenosa y guijarros.

2.2 Meteorología e Hidrología

Existe una limitada cantidad de información hidrológica y meteorológica de las áreas de escombreras y las cuencas aguas arriba de éstas. Jones (2004a y b) ha efectuado un análisis de los caudales que pasan a través de la escombrera El Morro como también de los arroyos ubicados en la vecindad a esta instalación.

El clima en el área del proyecto es el típico de áreas de gran altura en los Andes Centrales. Bajas precipitaciones anuales, grandes vientos y temperaturas bajo cero son condiciones típicas durante gran parte del año en el área. La dirección del viento predominante es desde el noroeste. Las precipitaciones se observan mayoritariamente en invierno (desde abril hasta septiembre). Los meses de verano (desde octubre a marzo) son muy secos aunque ocurren ocasionalmente tormentas eléctricas de corta duración y gran intensidad. La precipitación sigue típicamente un patrón de un año húmedo seguido de varios años secos. Se ha estimado que la precipitación media anual varía entre 182 mm (equivalente agua) en el campamento

Pascua a una altura de 3700 msnm a 252 mm (equivalente agua) a una altura de 5400 msnm (Golder Associates, 2004).

La temperatura promedio anual decrece en aproximadamente 0.8°C por cada aumento de 100 metros en altura. La precipitación aumenta con la altura y cambia gradualmente de lluvia a nieve. La altura en la cual la precipitación cambia de lluvia a nieve varía en función del período de retorno y ha sido estimada en 4000 msnm para un período de retorno de 100 años (SRK, 2000). Esta elevación es menor que el pie inferior de la escombrera y el rajo y por ende se estima que la mayoría de las precipitaciones en estas instalaciones serán de nieve. La reducción de la nieve acumulada ocurre mayoritariamente desde octubre a marzo por sublimación y luego por derretimiento y evaporación.

2.3 Calidad de Aguas

Desde 1993, CMN ha efectuado monitoreos del agua subterránea y superficial en el área de Pascua Lama para establecer las condiciones base de cantidad y calidad de éstas. La Tabla1 presenta un resumen de la calidad de agua registrada en la estación LA-1 ubicada en el Arroyo Turbio a aproximadamente 3.0 km aguas abajo de las instalaciones finales de la escombrera El Morro. Estos datos indican que el agua del Arroyo Turbio es naturalmente muy ácida con altas concentraciones de sulfatos y algunos metales como aluminio, cobre, manganeso y zinc.

Tabla 1 Resumen de la Calidad de Aguas en LA-1

Parámetro	Valor
pH	3
Aluminio (mg/L)	200
Cobre (mg/L)	10
Manganeso (mg/L)	10
Sulfatos (mg/L)	2500
Zinc (mg/L)	8

Nota: Datos provistos por CMN.

Water Management Consultants (WMC, 2004) estimó que el agua que entre en contacto con la roca estéril (agua de contacto) tendrá una gran acidez con altas concentraciones de sólidos totales disueltos, sulfatos y metales, de igual forma que la calidad de aguas de línea base observadas en el Arroyo Turbio en la estación LA-1- El agua que emerja de las escombreras podría requerir de tratamiento antes de ser descargada al medio ambiente.

3.0 RESUMEN DE LOS SISTEMAS DE MANEJO DE AGUAS

3.1 Objetivos del Manejo de Aguas

En general el agua en el área de la escombrera de estériles puede ser clasificada en dos categorías, agua de “contacto” y de “no contacto”. El agua de contacto incluye agua superficial y subterránea que ha sido expuesta a la roca estéril o a las superficies del rajo que son potenciales generadores de acidez. El agua de no contacto es agua superficial que ha sido desviada alrededor de la escombrera o el rajo o agua subterránea que no emerge dentro de la escombrera o del rajo. El agua de no contacto que se mezcla con agua de contacto de considerada como la última. Los objetivos de los sistemas de manejos de agua para las escombreras desde la operación al cierre son:

- Minimizar la cantidad de agua de contacto (minimizar la cantidad de aguas que requieran manejo/tratamiento) interceptando las aguas superficiales y subterráneas antes de su entrada a la escombrera o se mezcla con agua de contacto y,
- Recolectar y manejar el agua de contacto (minimizar la cantidad de agua que requiere de manejo/tratamiento) dirigiendo, por medio de canales de recolección, escorrentías e infiltraciones desde e la escombrera a instalaciones de manejo de esta agua.

3.2 Estrategia de Manejo de Agua

La estrategia que se propone desde la operación al cierre incluye tres sistemas:

- Un sistema de intercepción de aguas de no contacto que consiste de canales de intercepción en el perímetro de la escombrera para limitar el flujo de escorrentía a la roca estéril o el flujo a lo largo de la interfase de la roca estéril y el suelo natural;
- Un sistema de recolección de aguas de contacto que consiste en canales al pie de la escombrera para recolectar escorrentías e infiltraciones provenientes de la misma y para transferir esta agua a las instalaciones de manejo de agua de contacto; y,

- Un sistema de monitoreo y recolección de agua subterránea para permitir el monitoreo del agua subterránea aguas abajo de la escombrera y si se considera necesario, recolectar y transferir el agua de contacto a las instalaciones de manejo de agua de contacto.

Se propone el monitoreo de la calidad del agua de contacto en un punto aguas abajo de la escombrera El Morro. Si fuese necesario, esta agua será transferida a la laguna de la planta molienda durante las operaciones y durante el cierre, a las instalaciones de almacenamiento de agua de contacto y posteriormente a la planta de tratamiento.

En general los sistemas de manejo de aguas serán construidos en etapas para minimizar las alteraciones a las sendas de drenaje naturales y los esfuerzos de construcción. Cada etapa sería desarrollada cuando fuese necesaria para asegurar que agua de no contacto y de contacto sean separadas cuando sea posible. Para este diseño conceptual, se asume que la construcción de estos sistemas para la escombrera El Morro será efectuada en dos etapas (etapa de operación y etapa de cierre) como se muestra en las Figuras 2 y 3. Debe notarse que el sistema de manejo de las aguas de la escombrera El Morro no será necesario hasta dentro de 8 años del inicio de las operaciones de la mina.

Se propone la construcción de un muro de pie aguas abajo de la escombrera para proteger los pozos de recolección de aguas subterráneas de derrumbes menores y para limitar la cuenca aportante del sistema de recolección de aguas de contacto.

3.3 Criterios de Diseño

3.3.1 Sistemas de Manejo de Aguas

El criterio de diseño recomendado para el diseño conceptual de los planes de manejo de agua durante las operaciones y el cierre para la escombrera El Morro se resumen en la Tabla.2. Los componentes de los sistemas de la etapa de operación que serán utilizados como parte del cierre serán diseñados bajo los criterios de cierre o de tal forma que puedan ser fácilmente modificables para cumplir con los criterios de cierre.

Tabla 2 Criterio de Diseño Recomendado para Sistemas de Manejo de Agua

Sistema	Componente	Criterios de Diseño de Operación	Criterios de Diseño de Cierre
Sistema de Intercepción de Agua de No Contacto	Capacidad de Flujo	Flujo instantáneo máximo de 1 en 100 años producto de deshielos	Mayor que: <ul style="list-style-type: none">Flujo instantáneo máximo de 1 en 100 años producto de deshielos con 0.6 m de resguardoFlujo instantáneo máximo de 1 en 1000 años producto de deshielos sin resguardo
	Resguardo	0.3 m	
		Protección contra Erosión	Flujo instantáneo máximo de 1 en 100 años producto de deshielos
Sistema de Recolección de Agua de Contacto	Capacidad de Flujo	Flujo instantáneo máximo de 1 en 20 años producto de deshielos	
	Resguardo	0.3 m	0.6 m
	Protección contra Erosión	Flujo instantáneo máximo de 1 en 20 años producto de deshielos	
Sistema de Recolección de Agua Subterránea	Capacidad de Flujo	Descarga máxima de agua subterránea del valle	

3.3.2 Instalaciones de Almacenamiento de Agua de Contacto

Los criterios de diseño recomendados para las instalaciones de almacenamiento de agua de contacto se resumen más abajo y en la Tabla 3. Como durante la etapa de operación se propone transferir el agua de contacto a la laguna de agua de la planta de molienda, las instalaciones de almacenamiento de agua de contacto de El Morro no serán requeridas hasta la etapa de cierre.

Tabla 3 Criterios de Diseño Recomendados para las Instalaciones de Almacenamiento de Agua de Contacto

Componente	Criterios de Diseño de Cierre
Capacidad	Volumen de un 1 en 10 años húmedos
Revestimiento	Membrana de HDPE colocada sobre morrenas glaciales compactadas (material de fundaciones in situ o de empréstito)
Caudales de Entrada	La suma de los caudales de diseño de los sistemas de recolección de agua superficial y agua subterránea
Caudales para Salidas Controladas	Laguna con una capacidad de vaciado de 5 días
Caudales para Vertedero de Emergencia	½ de la Crecida Máxima Probable (PMF)

El volumen de diseño para las instalaciones de acopio de agua de contacto será calculado basándose en los siguientes supuestos:

- el agua recolectada por el sistema de recolección de agua de contacto superficial no será adecuada para su descarga y por ende será almacenada en las instalaciones de almacenamiento de agua de contacto;
- no habrá agua recolectada por los sistemas de recolección de agua subterránea;
- no habrá entrada de agua de contacto del rajo a las instalaciones de almacenamiento de agua de contacto;
- no se dará uso industrial al agua;
- se utilizará evaporación mejorada para reducir el volumen embalsado sin pérdida de capacidad de embalse por la formación de precipitados; y,
- la planta de tratamiento tendrá una capacidad de 13 l/s para el cierre para la escombrera El Morro

3.3.3 Muro de Pie

Esta sección resume las bases para el desarrollo de los criterios de diseño para el muro de pie propuesto aguas abajo de la escombrera El Morro. La siguiente lista resume los cuatro tipos de movimientos de material que pueden ocurrir, incluyendo la frecuencia esperada para cada uno en las escombreras de Pascua Lama.

- **Rodados:** Los rodados son movimientos de rocas de gran tamaño por la cara de la escombrera hasta el suelo, mas allá de la huella de la escombrera. Los rodados son eventos que ocurren frecuentemente en escombreras activas. Típicamente las rocas no caen lejos de la escombrera y el área de riesgo esta definida por una línea inclinada en 23° con respecto a la horizontal desde el coronamiento de la escombrera.
- **Erosión:** La erosión es el movimiento de material estéril en la superficie y cara de la escombrera producto del flujo de agua. Se espera poca erosión en las escombreras ya que los canales de intercepción limitarán el flujo de la escorrentía superficial hacia la superficie de la roca y se limitará a los eventos de deshielo durante el año.
- **Fallas Planares o “Sliver”:** las fallas “sliver” son fallas de poco volumen que ocurren en el coronamiento de la superficie de la escombrera y las fallas planares son fallas de poco volumen que ocurren en capas poco profundas de la cara de la escombrera. Este tipo de fallas ocurren frecuentemente en escombreras activas.
- **Fallas de Fundación o de Pie a Coronamiento:** Estas son fallas profundas, que involucran grandes volúmenes de la escombrera. Este tipo de fallas es infrecuente, especialmente en escombreras bien manejadas. Se implementará un programa completo de monitoreo de la escombrera para proveer anticipadamente la generación de condiciones que puedan llevar a este tipo de fallas y su corrección para disminuir probabilidad de ocurrencia.

El muro de pie propuesto tiene por objetivo la protección del sistema de recolección de agua subterránea debido a los primeros tres tipos de movimientos de roca mencionados y para limitar la cuenca aportante del sistema de recolección de agua de contacto. Para la protección contra fallas de fundación se requeriría de una estructura económicamente ineficiente considerando la escala de la escombrera propuesta. Por lo tanto desde un punto de vista de

manejo de aguas, los criterios de manejo para el muro de pie de las escombreras son los siguientes:

- Proveer de una obra que contenga los rodados, erosión y pequeñas fallas planares o “sliver” protegiendo así las instalaciones de manejo de agua aguas abajo; y.
- Proveer de una obra que limite el área aportante para la recolección de escorrentía, de tal forma que limite los volúmenes de agua de contacto que requieran acopio y tratamiento.

3.4 Flujos de Diseño

Los flujos de diseño fueron estimados utilizando un método similar al utilizado en estudios hidrológicos desarrollados anteriormente en la región (WMC, 2000 y SRK, 2000). Este método (DGA-AC) se aplica a escorrentía derivada de deshielos e implica la estimación de la superficie de la divisoria cubierta por nieve y la latitud de la cuenca.

Este método puede ser utilizado para determinar caudales de diseño para períodos de retorno de hasta 100 años por medio de la estimación de períodos de retorno de 10 años y aplicando factores regionales para estimar caudales en períodos de retorno mayor. Para estimar los períodos de retorno de 1000 años se utilizó un factor de 2.1 sobre los períodos de retorno de 100 años de forma similar a lo efectuado por WMC, 2000 y SRK, 2000. Los autores del método recomiendan no extrapolar las estimaciones a períodos de retorno de más de 100 años, pero basándose en la limitada información de largo plazo disponible, se consideró este método por ser el mejor se dispone actualmente.

Se efectuó una revisión de las estimaciones de caudales de diseño en relación a los caudales medidos en la estación NE-2a y a las estimaciones de caudales desarrolladas recientemente por Golder Associates (2004). Se estimó un factor de corrección para tomar en cuenta las diferencias encontradas entre las estimaciones de caudales de diseño y las estimaciones de caudales en NE-2a. El factor de corrección promedio fue estimado en 1.7, el mismo factor utilizado para las estimaciones de caudales en la mina El Indio ubicada 50 km al sur del Proyecto Pascua Lama (WMC, 2000). El caudal de diseño instantáneo máximo por unidad de

área obtenido y corregido con el factor de 1.7 se resume en la Tabla 4 para los períodos de retorno aplicables a este estudio.

Tabla 4 Estimaciones de Rendimiento Instantáneo Máximo de Cuenca para Diseño

Período de Retorno	Estimación de Rendimiento Instantáneo Máximo para Diseño (l/s/km²)
20 años	25
100 años	55
1000 años	120

4.0 MANEJO DE AGUAS EN LA ESCOMBRERA EL MORRO

4.1 General

Esta sección presenta el diseño conceptual para los sistemas de manejo de agua para la escombrera El Morro, ubicada en la cabecera del valle del Río Turbio. La disposición de roca estéril comenzará en el Año 8 de operación basándose en los planes de explotación de la mina de Julio de 2004.

En los planes de explotación de mina de Julio de 2004 se muestran dos rajes ubicados entre 500 m y 1500 m al sureste de la escombrera El Morro dentro de la cuenca aportante del Río Turbio como se muestra en la Figura 2. Estos dos rajes tendrán sus propios sistemas de manejo de aguas y, por lo tanto, el plan de manejo de aguas de la escombrera El Morro ha sido preparado asumiendo que no existirá transferencia de agua de contacto de estos dos rajes al sistema de manejo de aguas de la escombrera El Morro.

4.2 Sistema de Intercepción de Agua de No Contacto

Durante la etapa de operación, el sistema de intercepción de agua de no contacto consistirá en canales perimetrales construidos aguas arriba de la escombrera como se muestra en la Figura 2. Durante la etapa de cierre, los canales perimetrales serán modificados para que funcionen como drenajes franceses (tubería de HDPE perforada colocada en un túnel excavado y relleno con roca), ver Figura 3. Los canales de intercepción son ubicados a grandes alturas donde se espera una gran acumulación de hielo. De tal forma, el diseño del canal puede ser modificado basándose en el desempeño observado de los canales de desvío para la escombrera Nevada Norte. El diseño conceptual de los canales de intercepción para El Morro se discute en las siguientes secciones.

4.2.1 Alineación de los Canales de Intercepción Perimetrales

Como se muestra en las Figuras 2 y 3, dos canales de intercepción perimetrales, uno en el lado norte de la escombrera y otro en el lado sur, serán construidos previos a la disposición

de roca. Los canales norte y sur tienen una longitud de 940 m y 1200 m respectivamente con aproximadamente un 2% de pendiente. El área aportante para el canal norte es de 0.52 km^2 y el área aportante del canal sur es de 1.2 km^2 . Las paredes del valle sobre los canales presentan pendientes de aproximadamente 1.5H:1V. Ambos canales descargarán a quebradas sin nombre ubicadas fuera de la huella de la escombrera. A su vez las quebradas descargarán a canales construidos que llevan a una laguna de sedimentación previo a la descarga a la cabecera del Río Turbio.

4.2.2 Caudal de Diseño para Canales de Intercepción Perimetrales

El criterio utilizado para establecer el caudal de diseño para los canales de intercepción de El Morro durante las operaciones es el caudal máximo instantáneo con un tiempo de retorno de 1 en 100 años. Se recomiendan caudales de diseño preliminar de 30 l/s para el canal interceptor perimetral norte y de 70 l/s para el canal de intercepción perimetral sur.

4.2.3 Diseño de Sección del Canal de Intercepción Perimetral

Se propone una sección de zanja (swale) para los canales perimetrales de El Morro, ver Figura 4. La zanja (swale), que tiene un ancho total de 6 m, tiene una pendiente del 10% hacia el muro del valle, el canal serviría como canal de drenaje y de camino de acceso de mantenimiento.

4.2.4 Requerimientos de Recubrimiento de los Canales de Intercepción Perimetrales

Porciones discretas de los canales de intercepción perimetrales podrían cruzar zonas de roca fracturada o coluvios. De tal forma podría ser necesario recubrimiento de baja permeabilidad o una tubería de intercepción para llevar el agua de forma más efectiva a través de estas áreas. En áreas de fracturas minoritarias donde se esperan algunas infiltraciones se recomienda usar shotcrete o lechada de cemento proyectada (slush grout) como recubrimiento. El agua en el área es naturalmente ácida por lo que se recomienda utilizar Cemento Pórtland resistente a sulfatos para el diseño de mezclas y se deben realizar inspecciones periódicas y mantenimiento.

Para áreas de roca altamente fracturada o coluvios, donde se esperan filtraciones significativas, se recomienda utilizar una sección de tubería de HDPE con estructuras de entrada. En estas áreas, sería necesario enterrar la tubería para prevenir el daño durante las operaciones de mantenimiento.

4.2.5 Estructuras de Entrada de los Canales Interceptores

Cuando el canal cruza quebradas, se podría requerir de excavaciones menores o el uso de gaviones para canalizar el flujo desde las quebradas al la zanja (swale) interceptora. Una estructura de gaviones ubicada a lo largo del borde externo de una sección ensanchada de la zanja (swale) adyacente a los puntos de descarga de las quebradas actúa como borde de protección y para prevenir que flujos salgan de la zanja (swale). En estas secciones, el ancho de plataforma es de 9 m para acomodar la unidad de gaviones y para proveer de más área de contención de caudal. La sección ensanchada será de aproximadamente 7 m de longitud y se estrechará a los 6 m de la zanja (swale) interceptora a través de una longitud de transición de 5 m.

Si la roca expuesta a lo largo del canal en los puntos de entrada de las quebradas es de mala calidad tal que el flujo de la quebrada pueda erosionar la superficie del canal, será necesario ya sea colocar una capa protectora de concreto sobre el área de descarga o construir disipadores de energía en los canales de la quebrada.

4.2.6 Sistema de Descarga de los Canales Interceptores Perimetrales

Los canales interceptores descargarán a quebradas ubicadas fuera de la huella de la escombrera final, con las quebradas dirigidas al curso de cabecera del Arroyo Turbio. El caudal desde las quebradas será transportado a través de canales a ser construidos hacia una laguna de sedimentación aguas abajo del pie de la escombrera final. Estos canales seguirán la pendiente de la topografía natural y serán construidos en canales existentes cuando sea posible. Los canales serán armados con rip-rap no generador de acidez y tendrán una profundidad y ancho de fondo de 1 m con las paredes laterales con taludes 2H:1V como se muestra en la Figura 5.

Una laguna de sedimentación de 100 m de largo por 20 m de ancho y 3 m de profundidad será construida en un área relativamente plana de la base del valle a aproximadamente 1 km aguas abajo del pie final de la escombrera como se indica en las Figuras 2 y 3. El agua de no contacto del área de la escombrera El Morro será descargada al Arroyo Turbio y luego dirigida a través del bypass de agua fresca (o agua cruda) del depósito de colas ubicado aguas abajo de la escombrera El Morro.

4.2.7 Sistema de Intercepción de Agua de No Contacto para Cierre

En la etapa de cierre, los canales de intercepción perimetrales norte y sur serán reconstruidos aumentando el tamaño de la excavación y colocando una tubería perforada de HDPE de 450 mm rodeada de gravilla gruesa no generadora de acidez, ver Figura 6. Sobre este material se dispondrá un relleno de roca grueso, durable y no generador de acidez. El área de relleno del canal reconstruido ha sido escalada para transportar el flujo diseñado para cierre (caudal instantáneo máximo de 1 en 1000 años) como un dren como contingencia en caso que la tubería quede bloqueada. La superficie del relleno de roca será contorneada como una zanja (swale) para contener el caudal cuando la superficie del terreno se congele. El ancho de sección del canal será aumentado en los cruces con quebradas para proveer captación del caudal entrante. Es probable que porciones discretas de los canales de cierre reconstruidos crucen zonas de roca fracturada o coluvios. Es por esto que se podría requerir de un recubrimiento de baja permeabilidad como GCL para conducir el caudal de forma adecuada a través de estas zonas.

Durante el cierre se recomienda que la superficie de la escombrera ubicada en la vecindad a los canales sea nivelada hacia los canales para reducir la cantidad de agua de no contacto que corre a través de la escombrera durante la ocurrencia de caudal máximo. La configuración final de la escombrera será modificada para incluir una pendiente hacia el canal y sólo se requerirá nivelación y compactación menores durante el cierre.

4.3 Sistema de Recolección de Agua Superficial de Contacto

Todas las escorrentías e infiltraciones que fluyen a través de la escombrera de roca excavada de los rajes de Pascua Lama son consideradas como agua de contacto. Esta agua de contacto será recolectada para analizarla y si es necesario, contenida o tratada previo a su descarga al Arroyo Turbio. Esta sección provee la descripción de los componentes del sistema de recolección de agua de contacto superficial.

4.3.1 Caudal de Diseño del Sistema de Recolección de Agua Superficial de Contacto

El sistema de recolección de agua superficial está diseñado para recolectar del caudal de escorrentía e infiltraciones de la escombrera. Los caudales de diseño fueron desarrollados como se describe en las siguientes secciones.

4.3.1.1 Escorrentía de Roca Estéril

Debido a la relativamente alta permeabilidad de la cara de la escombrera y relativamente baja precipitación en el sitio, se espera muy poca escorrentía en la cara de la escombrera.

4.3.1.2 Infiltración en Roca Estéril

Jones (2004a) estimó la razón de descarga de infiltración desde la escombrera propuesta. La descarga anual promedio de infiltración a través de canalizaciones preferenciales en la escombrera El Morro durante la etapa de post cierre ha sido estimada en menos de 1 l/s para un año hidrológico normal.

4.3.1.3 Determinación de Flujo de Diseño

El sistema de recolección de agua de contacto será construido antes del comienzo de la disposición de roca en el área de El Morro. Al parecer la estimación de infiltración anual promedio de la escombrera estimada por Jones (2004a) está basada en supuestos razonables. Sin embargo, el sistema de recolección de agua de contacto superficial recolectará además escorrentía producto de deshielos aguas abajo del pie de la escombrera. El sistema de recolección de agua de contacto de El Morro tendrá un área aportante de aproximadamente

2.8 km². Se recomienda un caudal de diseño para el sistema de recolección de agua de contacto superficial de 70 l/s, lo que corresponde a un flujo máximo instantáneo derivado de un deshielo de 20 años de recurrencia.

4.3.2 Sistema de Recolección de Agua de Contacto Superficial

El sistema de recolección de agua de contacto superficial incluirá tres canales de recolección interconectados e impermeabilizados con geomembrana de HDPE ubicados aguas abajo de la escombrera. Estos canales estarán conectados a un canal central impermeabilizado con HDPE ubicado a lo largo de la base del valle. Estos canales tendrán una profundidad de 2 m y un ancho de base de 1 m, como se muestra en la Figura 7.

Durante la etapa de operaciones, el agua de contacto será descargada al Arroyo Turbio o enviada a la laguna de proceso de la planta de molienda, dependiendo de la calidad del agua. Para conducir el agua de contacto hasta la laguna de proceso de la planta de molienda, la que está ubicada a 7 km aguas abajo de la escombrera, se utilizará un tubo de HDPE de 300 mm de diámetro, SDR. La tubería estará enterrada a 1.5 m bajo suelo (profundidad estimada de penetración de frío), ver Figura 8. Durante cierre, la tubería de HDPE será reemplazada por una sección de canal abierto dirigido hacia las instalaciones de almacenamiento de agua de contacto descrita en la sección 4.5

4.4 Sistema de Monitoreo de Agua Subterránea y Sistema de Recolección

Aunque el diseño conceptual presentado en este documento ha sido desarrollado para evitar la mezcla de agua de contacto con agua de no contacto, es posible que agua de contacto se infiltre a través de suelos superficiales al régimen de aguas subterráneas de la escombrera. En general la infiltración de agua desde la escombrera será mínima durante los inicios del desarrollo la misma, aumentando con el paso del tiempo.

Se requiere de un sistema de monitoreo de aguas subterráneas aguas abajo de la escombrera. Si la calidad de las aguas se degrada, podría ser necesario interceptarla y transportarla a la laguna de proceso de la planta de molienda durante la etapa de operaciones y a las

instalaciones de almacenamiento de agua de contacto durante el cierre para contención y/o tratamiento previo a la descarga. Esta sección contiene la descripción conceptual de los componentes para el sistema de monitoreo de recolección de agua subterránea propuesto.

4.4.1 Caudal de Diseño del Sistema de Monitoreo y Recolección de Aguas Subterráneas

No hay información sobre los flujos de agua subterránea en el área de El Morro. Basándose en los supuestos de conductividad hidráulica y geología del valle del Arroyo Turbio, se recomienda un caudal de diseño conceptual de 20 l/s para el sistema de monitoreo y recolección de agua subterránea de la escombrera El Morro. El caudal de diseño debe ser verificado durante las próximas etapas de diseño cuando la caracterización hidrogeológica del área de El Morro se haya completado.

4.4.2 Desarrollo del Sistema de Monitoreo de Recolección de Agua Subterránea

Se propone la instalación de pozos de recolección de agua subterránea en el sitio de El Morro. Los canales de intercepción serán construidos afuera de la traza de la escombrera, a aproximadamente 450 m aguas abajo del pie de la escombrera final. Más allá de este lugar el valle se ensancha y la recolección de agua subterránea se torna más difícil.

Para propósitos de diseño conceptual, se ha asumido que las profundidades de los pozos son de aproximadamente 40 metros incluyendo 10 metros dentro de la roca, con dos pozos espaciados en concordancia con la topografía. El régimen de agua subterránea en el cual los pozos serán instalados probablemente será moderado a altamente ácido y por ende, los pozos deben ser construidos utilizando materiales resistentes a la corrosión como acero inoxidable, HDPE o equivalente. Se recomienda la construcción de pozos de monitoreo aguas arriba y aguas abajo de los pozos de recolección para monitorear la calidad de el agua. El número de pozos propuestos y su ubicación debe ser verificado durante las próximas etapas de diseño cuando la caracterización hidrogeológica del área de El Morro se haya completado.

Como la parte superior del valle del Río Turbio aparece como relativamente confinada y donde la roca se encuentra cercana a la superficie una pared de corte podría ser un medio

efectivo para controlar el flujo de agua subterránea desde el área del proyecto durante las etapas de operación y cierre. Esta alternativa podría ser evaluada durante las próximas etapas de diseño. Se requiere de investigaciones en terreno para efectuar el diseño del sistema de monitoreo y recolección de agua subterránea.

4.5 Instalaciones de Almacenamiento de Agua de Contacto

Durante la etapa de operaciones no se requiere de instalaciones de almacenamiento de agua de contacto para la escombrera El Morro ya que si fuese necesario, esta agua sería transferida a la laguna de proceso de la planta de molienda. Sin embargo, durante la etapa de cierre, el agua de contacto sería transferida a instalaciones de almacenamiento de agua donde la calidad del agua sería analizada. Si el agua es apta para su descarga, sería descargada al Arroyo Turbio y luego dirigida a través del depósito de colas por el bypass de agua fresca ubicado aguas abajo de la escombrera El Morro. Si el agua de contacto no es apta para descarga, se harán esfuerzos para consumir el agua mediante evaporación mejorada. El agua de contacto sobrante será tratada hasta que sea apta para descarga y si es necesario será descargada al Arroyo Turbio.

Esta sección provee la descripción de los componentes de las instalaciones de almacenamiento propuestas.

4.5.1 Balance de Agua

El criterio de diseño de almacenamiento para las instalaciones de almacenamiento de agua de contacto, establecido por CMN, es de 1 en 10 años húmedos de volumen de agua de contacto. Se ha desarrollado un modelo de balance de agua mensual para estimar el volumen de la laguna de almacenamiento.

Para este diseño conceptual se recomienda que para la etapa de cierre las instalaciones de almacenamiento de agua tengan una capacidad de 150.000 m³. Esta estimación esta basada en los supuestos que se describen a continuación. Como no se requerirá de las instalaciones de almacenamiento de agua hasta la etapa de cierre, la recolección de datos hidrológicos

permitirá comprobar los supuestos, previo al diseño final de las instalaciones. Detalles adicionales sobre el balance de agua se incluyen en el Anexo I.

- El modelo fue desarrollado con una escala de tiempo mensual.
- La planta de tratamiento de agua construida en la etapa de cierre tiene una capacidad de 13 l/s.
- Se enviará flujo a tratamiento cuando se hayan superado los 20.000 m³ embalsados en la laguna.
- Una evaporación mejorada con un máximo de 9 l/s durante el período de Noviembre a Abril incluido.
- No hay salidas de la laguna para utilización industrial como mojado de caminos, lavado de camiones, etc.
- La evaporación natural mensual estimada por Arcadis Geotécnica (2000) ocurre entre Noviembre y Abril incluido.
- El rendimiento mensual de cuenca (i.e. l/s/km²) basado en las estimaciones en la estación de monitoreo de caudales LA-1 de Jones (2004b).
- Los valores de precipitación mensual que fueron utilizados para determinar las entradas por precipitación directa están basados en las estimaciones a en el Arroyo Turbio de Jones (2004b).
- Cuencas de drenaje basadas en los planes de explotación de mina de Julio de 2004.
- El 10% de la escorrentía proveniente de los canales de desvío del agua de no contacto reportan al sistema de recolección de agua de contacto (i.e. se desvía de los canales).
- La infiltración de la traza de la escombrera se asume como el 5% del deshielo en la escombrera (Jones 2004a). Se asume que el resto del deshielo reportará al sistema de recolección de agua superficial como escorrentía de la escombrera.
- La escorrentía que reporta al sistema de recolección de agua superficial de contacto se recolecta y transporta a la laguna de almacenamiento para tratamiento. El caudal recolectado no será apto para descarga y requerirá de tratamiento o almacenamiento.
- No hay entradas a las instalaciones de almacenamiento de agua de contacto producto del sistema de recolección de agua subterránea o desde los sistemas de recolección de agua del rajo.

- Un volumen mínimo de 40.000 m³ para proveer de volumen para almacenamiento temporal y ecualización de los flujos para el sistema de evaporación mejorada y la planta de tratamiento.
- No hay agua en las instalaciones al inicio del año 0 de la etapa de cierre.
- No hay pérdida de capacidad en las instalaciones producto de precipitación y sedimentos.

4.5.2 Diseño Conceptual de las Instalaciones de Almacenamiento

SNCL recomendó una ubicación preliminar para las instalaciones de almacenamiento como se muestra en la Figura 3. Durante las próximas etapas de diseño, esta ubicación será evaluada ante riesgos de avalancha de nieve. Las instalaciones de almacenamiento de agua de contacto incluirán tres lagunas. Un sistema de bombas y una red de tubería y válvulas permitirían la descarga de una laguna a la otra, a la planta de tratamiento o al Arroyo. Se recomienda que las instalaciones de almacenamiento de agua estén impermeabilizadas con geomembrana de HDPE para prevenir filtraciones de agua de contacto al sistema de aguas subterráneas o a sistemas fluviales y que incluyan un sistema de detección de filtraciones.

La selección del tipo de revestimiento (de una o dos capas) estará basada en el desempeño de las geomembranas dispuestas en la instalaciones de almacenamiento de agua de la escombrera Nevada Norte. Se construirán dos pozos de monitoreo de agua abajo de las instalaciones de almacenamiento de agua para monitorear la calidad de las aguas subterráneas. Si se detectan filtraciones en alguno de los pozos de monitoreo de las instalaciones de almacenamiento se requerirá de bombas sumergibles de agua subterránea para recolectar las aguas contaminadas.

4.6 Muro de Pie

Como se describe en la sección 3.3.3, se recomienda un muro de pie aguas abajo de la escombrera. Para el diseño conceptual se ha considerado para la escombrera El Morro un muro de pie con ancho de coronamiento de 20 m, altura de 20 m y taludes 2H:1V. La

ubicación del muro de pie y las instalaciones de manejo de agua aguas abajo debe ser ajustada en las próximas etapas de diseño.

5.0 MANTENIMIENTO

5.1 Canales

Los canales requerirán de inspecciones regulares y mantenimiento a lo largo de la vida de la mina y posterior al cierre. El mantenimiento incluirá la remoción de nieve, hielo y escombros producto de derrumbes como también la reparación de los sistemas de recubrimiento. Los daños a los sistemas de recubrimiento de los canales deben ser reparados inmediatamente para prevenir la erosión potencial. Será crítico para la efectividad del sistema asegurar que el sistema de desvío esté libre de escombros y hielo, particularmente durante la temporada de altos caudales.

5.2 Lagunas de Sedimentación

Se requerirá de inspecciones rutinarias y la remoción de sedimentos en las lagunas de sedimentación y los canales aguas arriba de las lagunas de sedimentación. Por lo tanto se requerirá de acceso a las lagunas de sedimentación aguas abajo de la escombrera El Morro.

5.3 Instalaciones de Almacenamiento de Agua de Contacto

Podría requerirse de inspección y mantenimiento de las instalaciones de almacenamiento de agua de contacto durante la etapa de cierre. Por lo tanto será necesario contar con acceso a las instalaciones de almacenamiento de agua en el valle del Arroyo Turbio.

5.4 Remoción de Nieve de las Escombreras

Es posible reducir la escorrentía e infiltraciones de la roca limitando la cantidad de nieve en la roca y la superficie de la escombrera. Por lo tanto se recomienda que se hagan esfuerzos para restringir la cantidad de nieve transportada a la escombrera junto con la roca. Además, la nieve acumulada en la plataforma de la escombrera debe ser removida lo más prácticamente posible y la nieve removida de otras instalaciones como caminos, no debe ser depositada en la escombrera.

La nieve removida de las escombreras, rajo y otras área alrededor del sitio debe ser transportada a una ubicación donde el deshielo no entre en contacto con la roca estéril.

6.0 ACCESO A LAS AREAS DE LA ESCOMBRERA

Se implementará un programa de monitoreo de las escombreras en Pascua Lama. La siguiente discusión destaca los puntos clave del programa de monitoreo propuesto con respecto a la construcción y monitoreo de las instalaciones de manejo de agua. Las recomendaciones incluidas en este informe deben ser revisadas y modificadas cuando sea necesario una vez que la escombrera y los procesos de operación relacionados sean completados.

6.1 Acceso para Actividades de Construcción

El acceso a las áreas de la escombrera para propósitos de manejo de agua será controlada para evitar riesgos a personal del sitio. Se delinearán un área restringida aguas abajo de cada escombrera. Previo al inicio de cualquier construcción o actividad de mantenimiento en el área restringida se recomienda el siguiente procedimiento:

- La depositación de material se debe detener 24 horas antes y las tasas de desplazamiento de los coronamientos debe ser medida periódicamente.
- Si el desplazamiento del coronamiento se mantiene bajo los valores límite y son estables o decrecientes, la construcción puede efectuarse en el área restringida.
- Un vigía debe situarse en la escombrera mientras el personal esté trabajando en el área restringida para asegurar que no se efectúen actividades de depositación y para registrar visualmente las condiciones de la escombrera. El vigía debe estar comunicado por radio con el personal que esté trabajando en el área restringida.

6.2 Acceso para Actividades de Monitoreo e Inspección

Como las actividades de monitoreo son rápidas, se propone un criterio menos restrictivo que para las actividades de construcción en el área restringida. Para que personal entre al área restringida a recolectar muestras de los pozos de agua o los canales, se recomiendan los siguientes procedimientos:

- Que la medición del desplazamiento de coronamiento, medida cada 4 horas 48 horas previo a la actividad esté bajo los valores límite y sea estable o decreciente.
- La depositación de roca dentro de 50 m del coronamiento sobre el área restringida debe ser detenida por 4 horas y el desplazamiento de coronamientos debe ser medido cada hora durante este período.
- Si los desplazamientos de coronamientos se mantienen bajo los valores límite y son estables o decrecientes, el personal puede ingresar al área.
- Un vigía debe situarse en la escombrera mientras el personal esté trabajando en el área restringida para asegurarse que no se efectúen actividades de depositación dentro de 50 m del coronamiento sobre el área restringida y para registrar visualmente las condiciones de la escombrera. El vigía debe estar comunicado por radio con el personal que esté trabajando en el área restringida.

Estas recomendaciones deben ser revisadas a lo menos una vez al año a medida que se obtienen datos del comportamiento de la escombrera.

7.0 CANTIDADES

Se han calculado cantidades de material para las etapas de operación y cierre del sistema de manejo de aguas para la escombrera El Morro. Los cálculos métricos (take-offs) se presentan en el Anexo II. Las plantas de tratamiento y trabajos asociados como tuberías desde las instalaciones de almacenamiento de agua a las plantas de tratamiento y lagunas de sedimentación no se incluyen en estas cantidades.

8.0 CONCLUSIONES

Se ha presentado un sistema de manejo de aguas conceptual para la escombrera El Morro basado en los planes de explotación de mina de Julio de 2004. Se han calculado las cantidades de material del sistema de manejo de agua para las etapas de operación y cierre. Se han presentado además los requerimientos de acceso y mantenimiento para las instalaciones de manejo de agua.

GOLDER ASSOCIATES S.A.

Mike J. Wilton, M.A.Sc.
Gerente de Proyecto

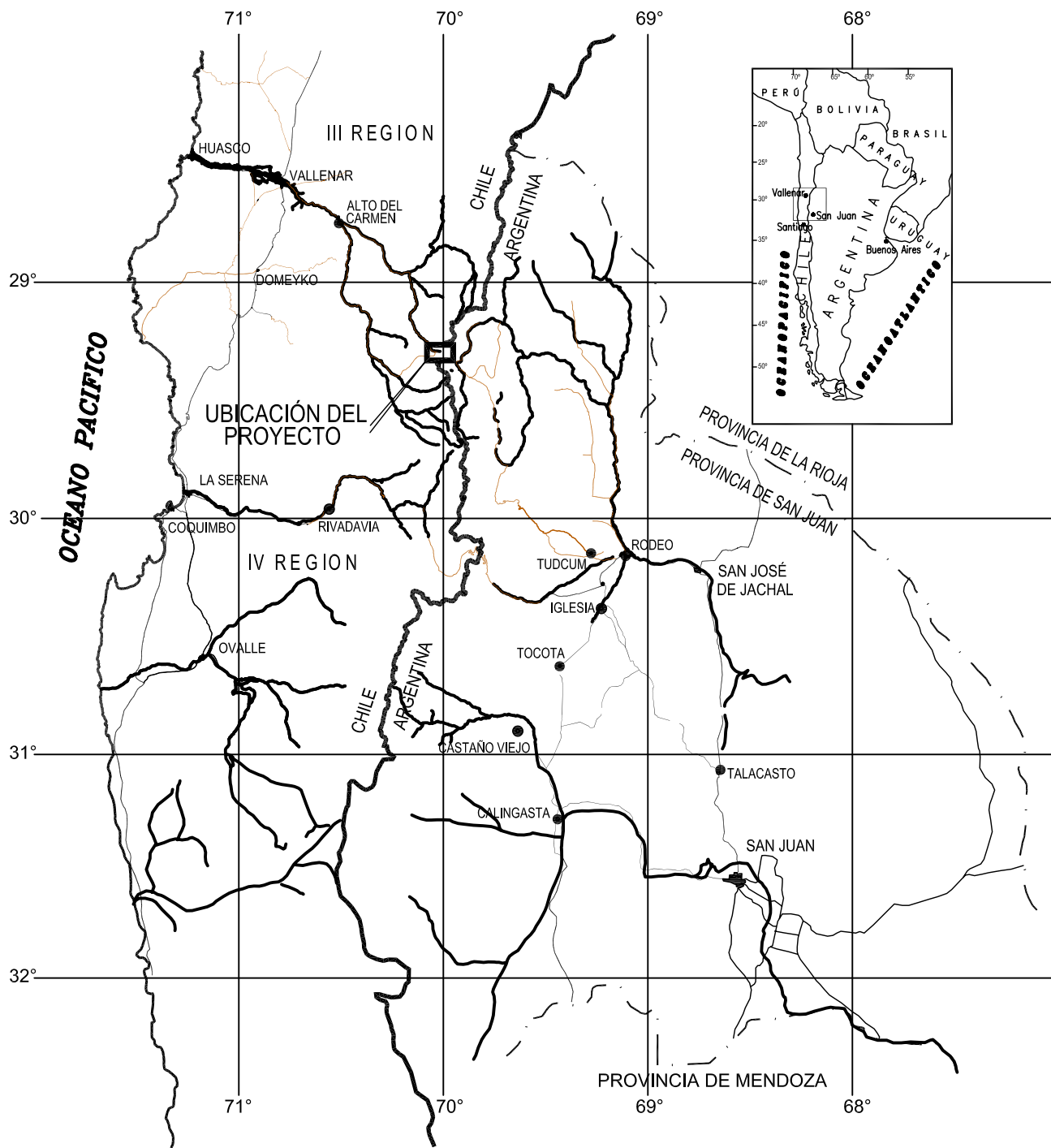
Troy Jones
Ingeniero de Recursos Hídricos

Terry L. Eldridge, P.Eng.
Principal

T:\049\Activos\049-2028 Revised Water Mngt. Plan,CMN\Informacion Tecnica\El Morro Report\Spanish Version\El Morro Water Management October 2004 Spanish.doc

REFERENCIAS

- Arcadis Geotécnica, 2000. Estudio de Impacto Ambiental, Proyecto Pascua Lama, Revisión 0. Informe preparado para Barrick. Agosto, 2000.
- Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, República de Chile, 1995. Manual de Cálculo de Crecida y Caudales Mínimos en Cuencas sin Información Fluiométrica, Agosto 1995.
- Golder Associates S.A., 2004. Report on Hydrology Update for the Chilean Side of the Pascua Lama Project. Informe preparado para la Compañía Minera Nevada S.A., Julio 2004.
- Jones, Michael A., 2004a. Estimation of Long Term Flows near the Veladero and Pascua Lama Projects. Memorandum preparado para la Compañía Minera Nevada Ltda. 23 de Junio, 2004.
- Jones, Michael A., 2004b. Hydrologic Model of the Upper Rio de las Taguas Basin, 2004 Update. Informe preparado para la Compañía Minera Nevada Ltda. 10 de Mayo, 2004.
- Province of British Columbia, 1997. Draft Guidelines for Assessing the Design, Size and Operation of Sedimentation Ponds Used in Mining. Agosto 1997.
- SRK Consulting, 2000. Pascua Lama Project Hydrologic Analysis for Tailings Disposal Facility and Diversion Ditch Design, San Juan Province, Argentina, S.A. Informe Borrador preparado para la Compañía Minera Nevada, 3 de Octubre, 2000.
- Water Management Consultants, 2000. El Indio Closure Plan Estimation of Design Flows. Informe preparado para la Compañía Minera El Indio, Febrero 2000.
- Water Management Consultants, 2004. Pascua Lama Investment Study: Water quality criteria for use in treatment plant design for the Estrecho and El Morro waste rock facilities. Memorando preparado para Barrick, Marzo 2004.



DATE: SEPTIEMBRE 2004

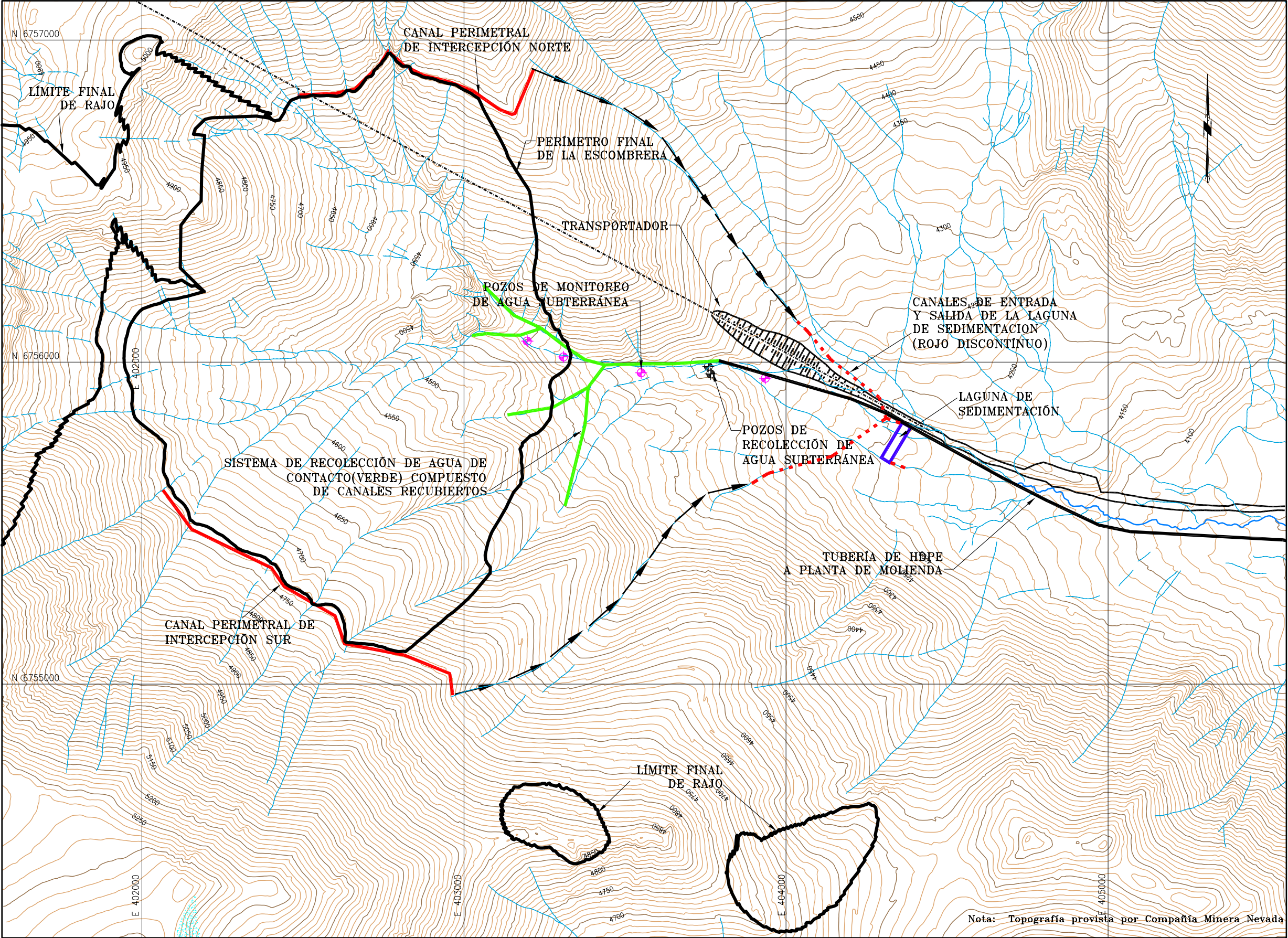
SCALE: NO A ESCALA

PLAN DE MANEJO CONCEPTUAL DE AGUA, PASCUA LAMA

UBICACIÓN DEL PROYECTO

FIGURA

1



Project No 049-2028

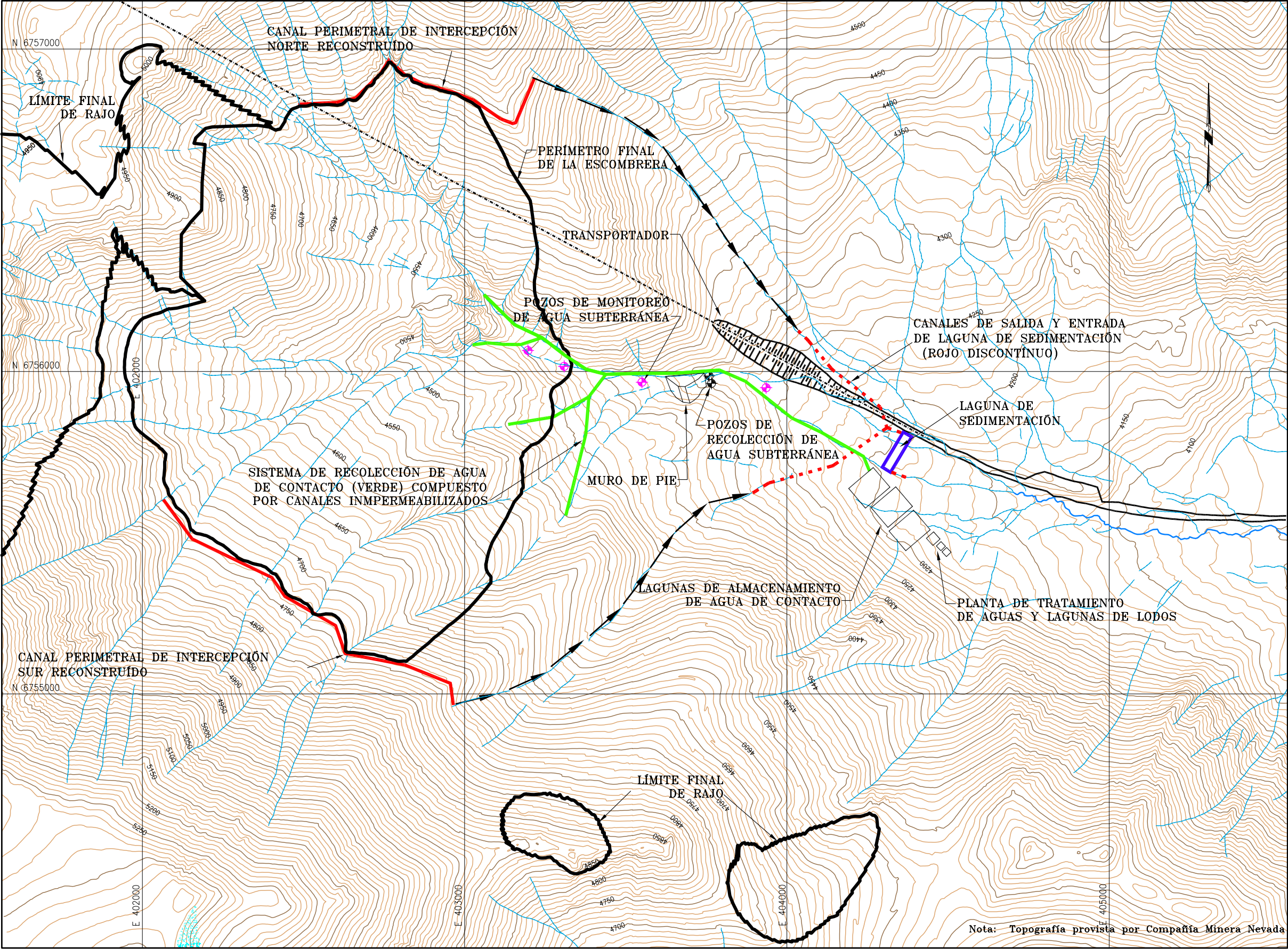
Scale 1 : 12 500

Date Septiembre 2004

Figure 2

PROYECTO PASCUA LAMA
Sistema Conceptual de Manejo de Agua durante Operaciones
para la Escombrera El Morro

PATH : X:\Activos\049-2028 Revised Water Mngt. Plan\CMN\Informacion Tecnica\Report\Figures\Figure 3.Dwg



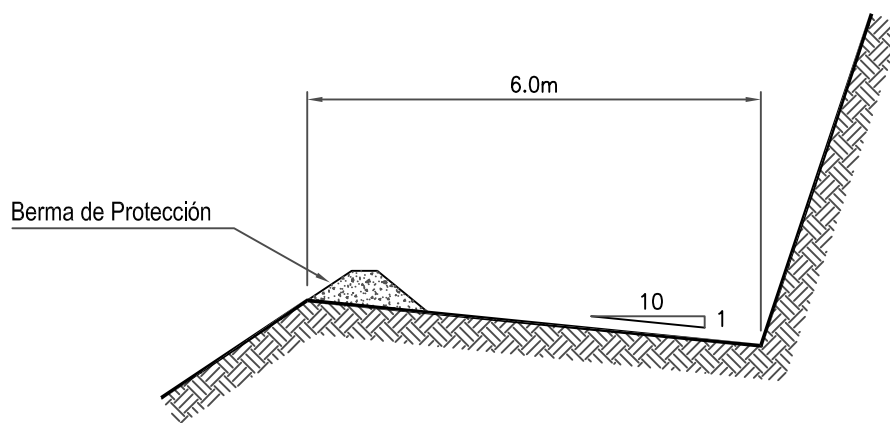
Project No
049-2028

PROYECTO PASCUA LAMA
Sistema Conceptual de Manejo de Aguas Durante Cierre
para la Escombrera El Morro

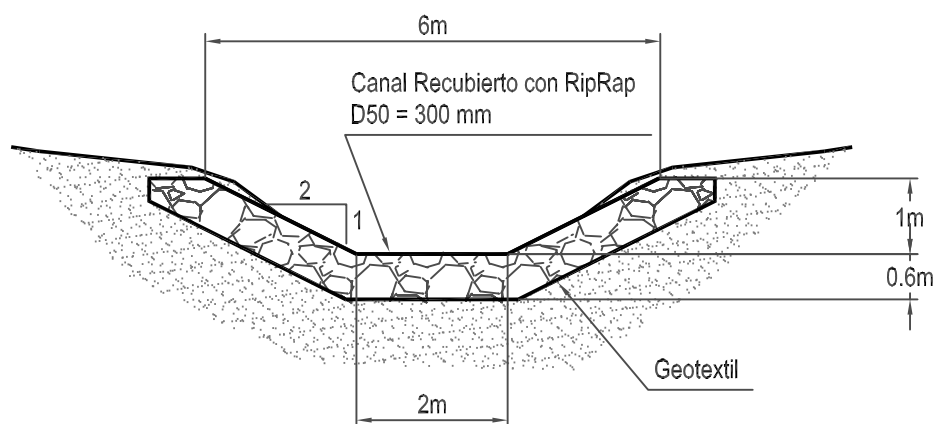
Scale
1 : 12 500

Date
Septiembre 2004

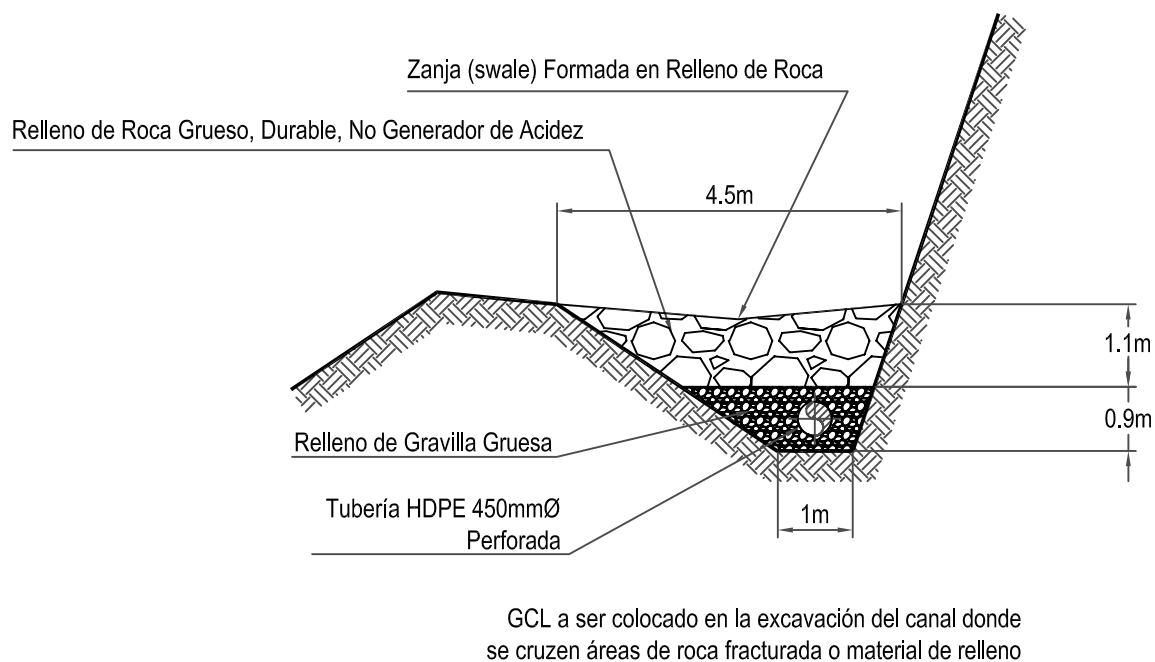
Figure
3



SECCIÓN
Canal Perimetral de Intercepción El Morro
 ESCALA 1 : 100



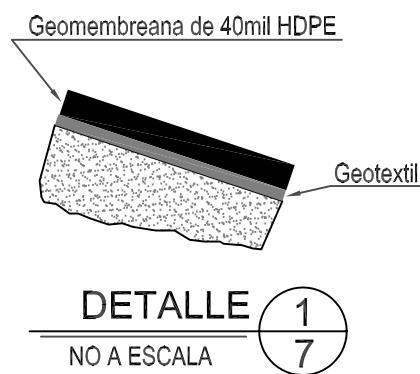
SECCIÓN
Canales de Entrada y Salida de Laguna de Sedimentación
 ESCALA 1 : 100

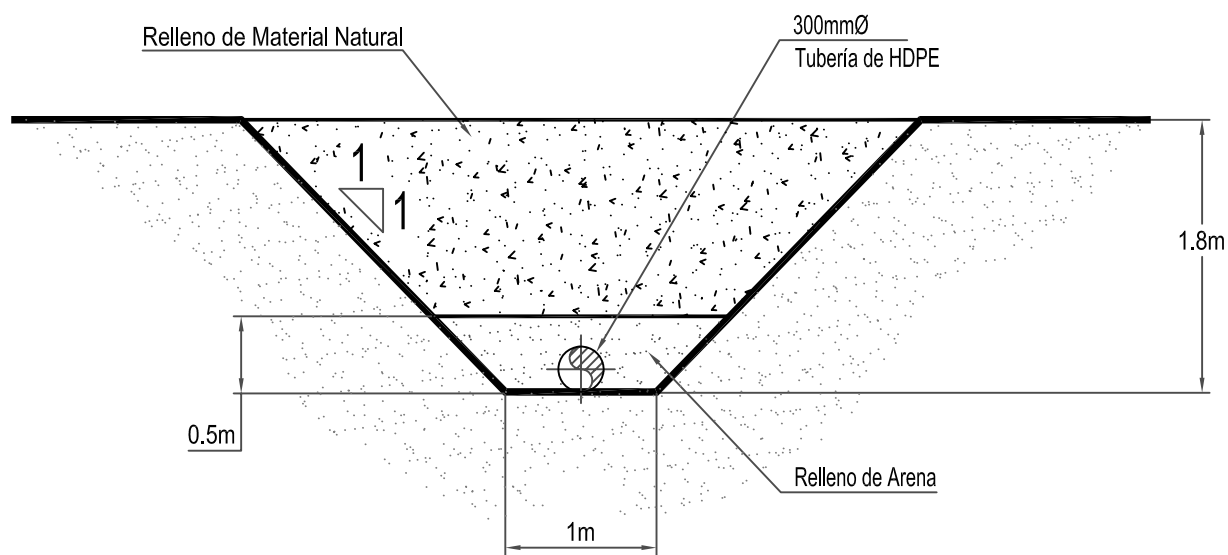


SECCIÓN

Reconstrucción de Canal Perimetral de Intercepción El Morro

ESCALA 1 : 100





SECCIÓN
Zanja de Tubería de HDPE
ESCALA 1 : 50

VALLE DEL ARROYO TURBIO

Proyecto Pascua Lama

FOTO 1



Photo entregada por CMN

Vista de las aguas de cabecera del Valle del Arroyo Turbio, foto mirando aguas arriba (Oeste)

Fecha: Septiembre 2004

Proyecto: 049-2028

Golder Associates

ANEXO I

BALANCE DE AGUA DE INSTALACIONES CONCEPTUALES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA DE CONTACTO

ANEXO I – BALANCE DE AGUA DE INSTALACIONES CONCEPTUALES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA DE CONTACTO

I-1.0 Entradas

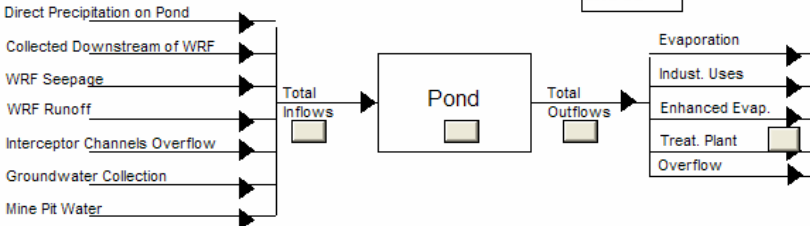
WATER BALANCE FOR EL MORRO CLOSURE CONTACT WATER STORAGE PONDS PASCUA LAMA PROJECT			
Pond Characteristics Inputs Initial Volume in Ponds (m³) <input style="width: 100px;" type="text" value="0"/> Capacity of Ponds (m³) <input style="width: 100px;" type="text" value="150000"/> Total Lined Area of Ponds (km²) <input style="width: 100px;" type="text" value="0.05"/> Average Pond Water Area (km²) <input style="width: 100px;" type="text" value="0.02"/>		Hydrology Inputs 1 = 5-yr Dry Year, 2 = Normal Year, 3 = 5-yr Wet Year, 4 = 10-yr Wet Year, 5 = 20-yr Wet Year Closure Year 1 <input style="width: 50px;" type="text" value="2"/> Closure Year 2 <input style="width: 50px;" type="text" value="2"/> Closure Year 3 <input style="width: 50px;" type="text" value="4"/> Closure Year 4 <input style="width: 50px;" type="text" value="2"/> Closure Year 5 <input style="width: 50px;" type="text" value="2"/>	
Inflow Inputs Area Collected Downstream of Waste Rock Facility (km²) <input style="width: 100px;" type="text" value="0.66"/> Area of Waste Rock Facility (km²) <input style="width: 100px;" type="text" value="1.71"/> Seepage Through WRF (%) <input style="width: 50px;" type="text" value="5"/> Runoff From WRF (%) <input style="width: 50px;" type="text" value="95"/> Diverted Upstream Non-Contact Catchment Area (km²) <input style="width: 100px;" type="text" value="2.12"/> Efficiency of Interceptor Channels (%) <input style="width: 50px;" type="text" value="90"/> Flow Collected by Groundwater Collection System (l/s) <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/> Flow from Mine Pits to Ponds (l/s) <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>		Model Results Maximum Volume in Ponds (m³) <input style="width: 100px;" type="text" value="1.5e5 m3"/> Water Balance Chart for Ponds <input style="width: 50px;" type="button" value="Chart"/>	
Outflow Inputs Max. Industrial Water Uses (l/s) <input style="width: 50px;" type="text" value="0"/> Max. Enhanced Evaporation (l/s) <input style="width: 50px;" type="text" value="9"/> Max. Treatment Plant Flow (l/s) <input style="width: 50px;" type="text" value="13"/> Treatment Trigger (% Pond Capacity) <input style="width: 50px;" type="text" value="13"/>		Max. Overflow (l/s) <input style="width: 100px;" type="text" value="0 l/s"/> Average Treatment (l/s) <input style="width: 100px;" type="text" value="2.75 l/s"/> 	

Figura I-1: Panel de Entrada GoldSim

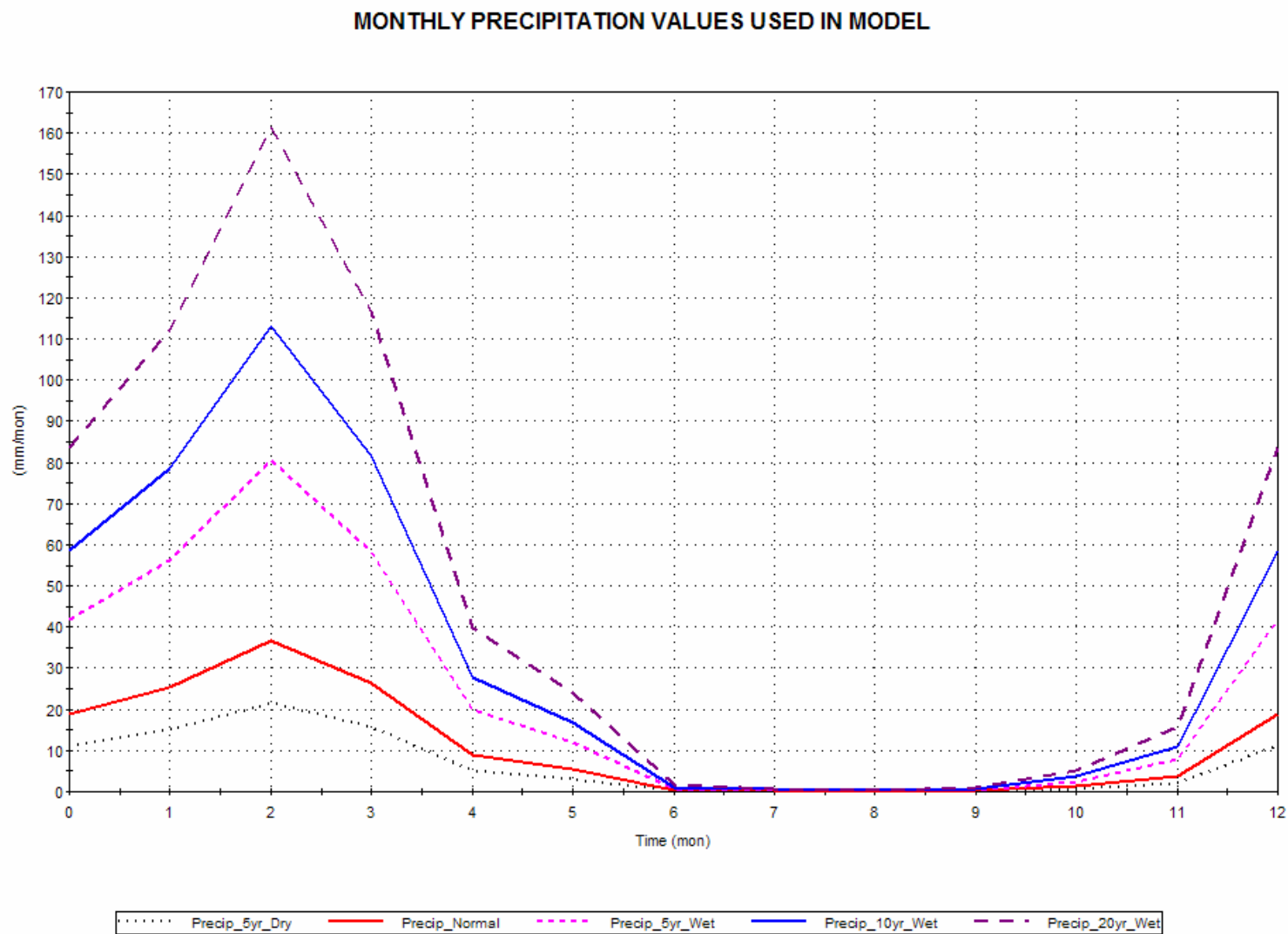


Figura I-2: Valores de Precipitación Mensual Usados en el Modelo

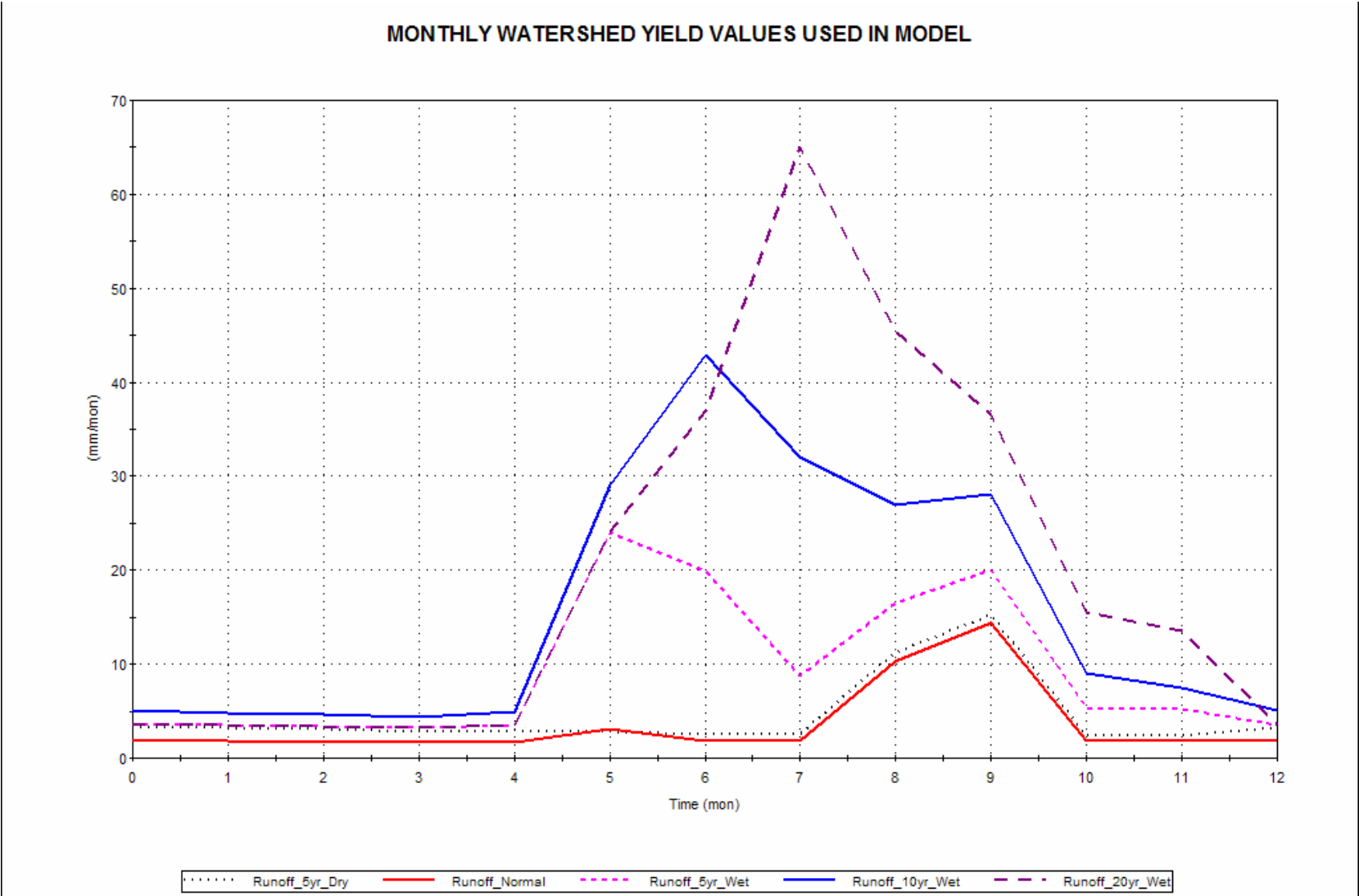


Figura I-3: Valores de Rendimiento de Cuenca Utilizados en el Modelo

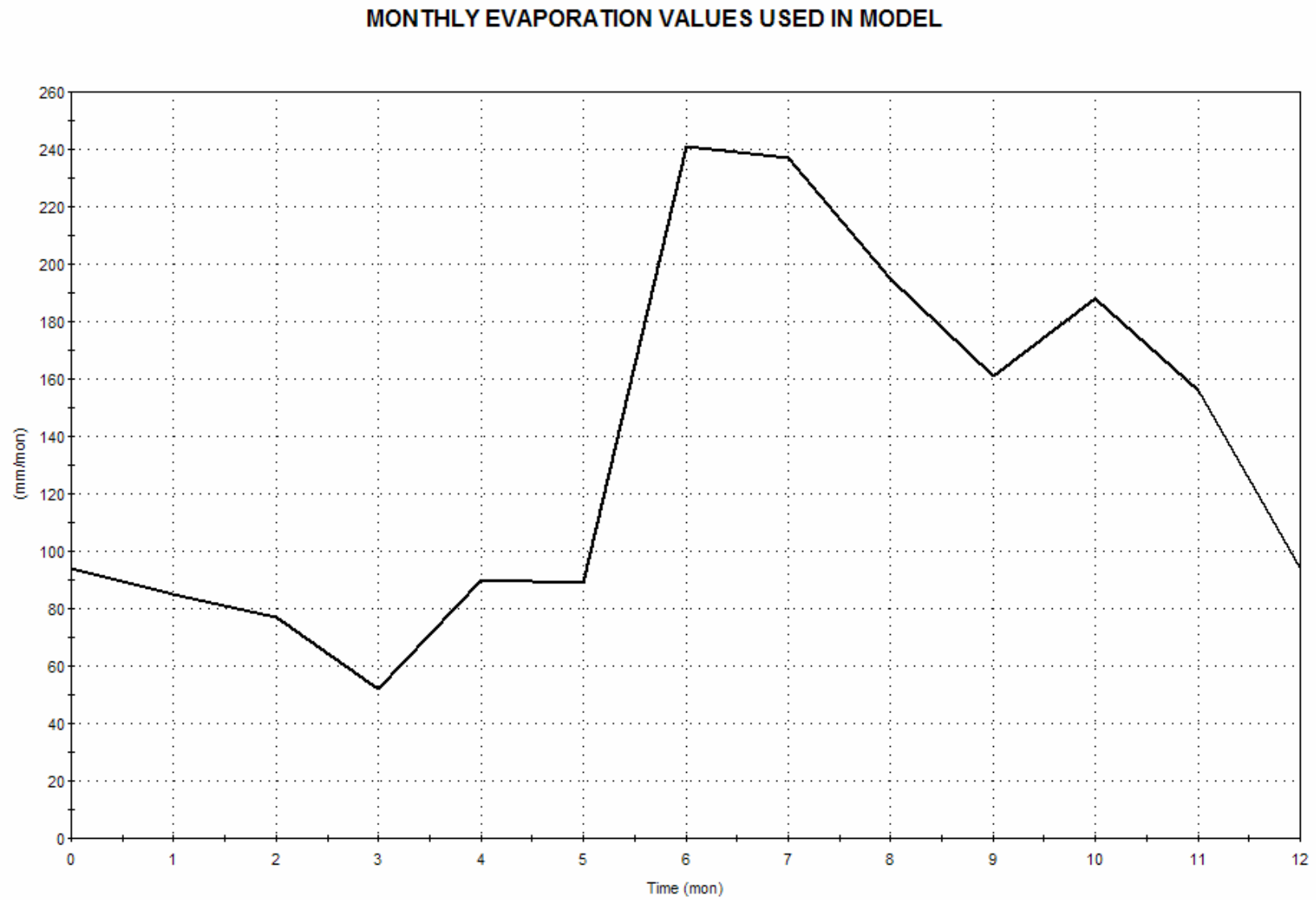


Figura I-4: Valores de Evaporación Mensual Utilizados en el Modelo

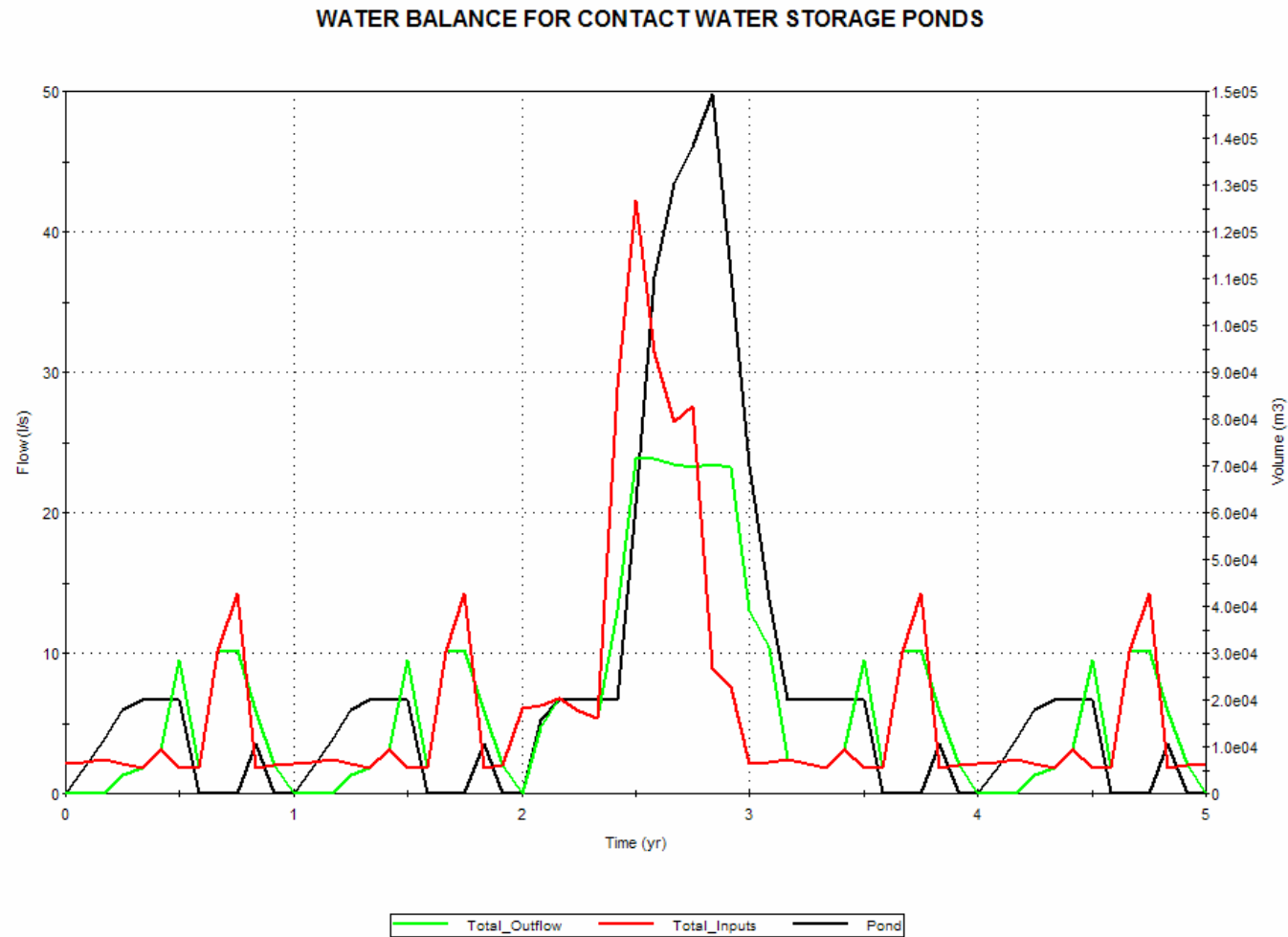
I-2.0 Resultados

Figura I-5: Resultados de Balance de Agua de las Lagunas de Almacenamiento de Agua de Contacto de la Escombrera El Morro

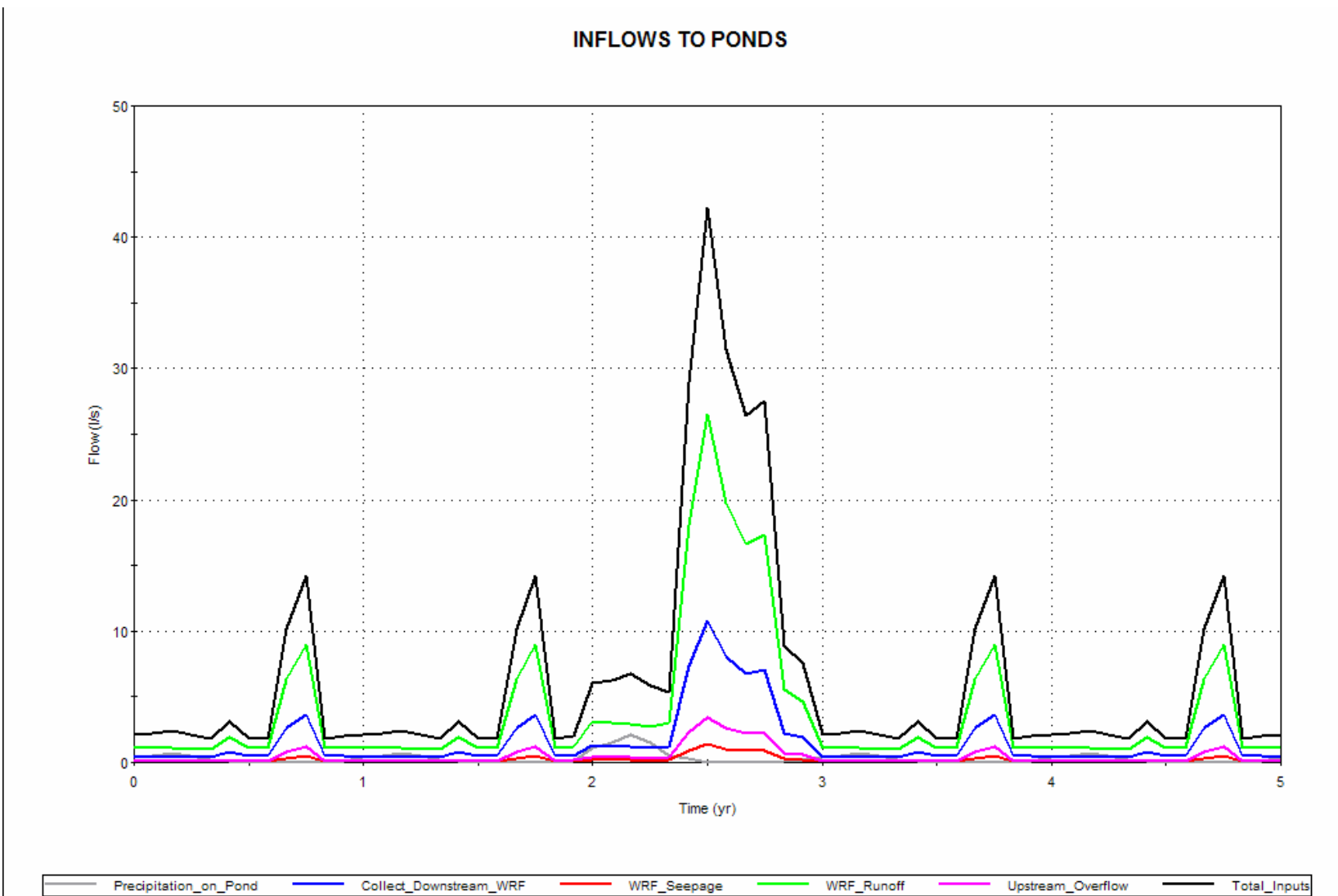


Figura I-6: Entradas a la Lagunas de Almacenamiento de Agua de Contacto de la Escombrera El Morro

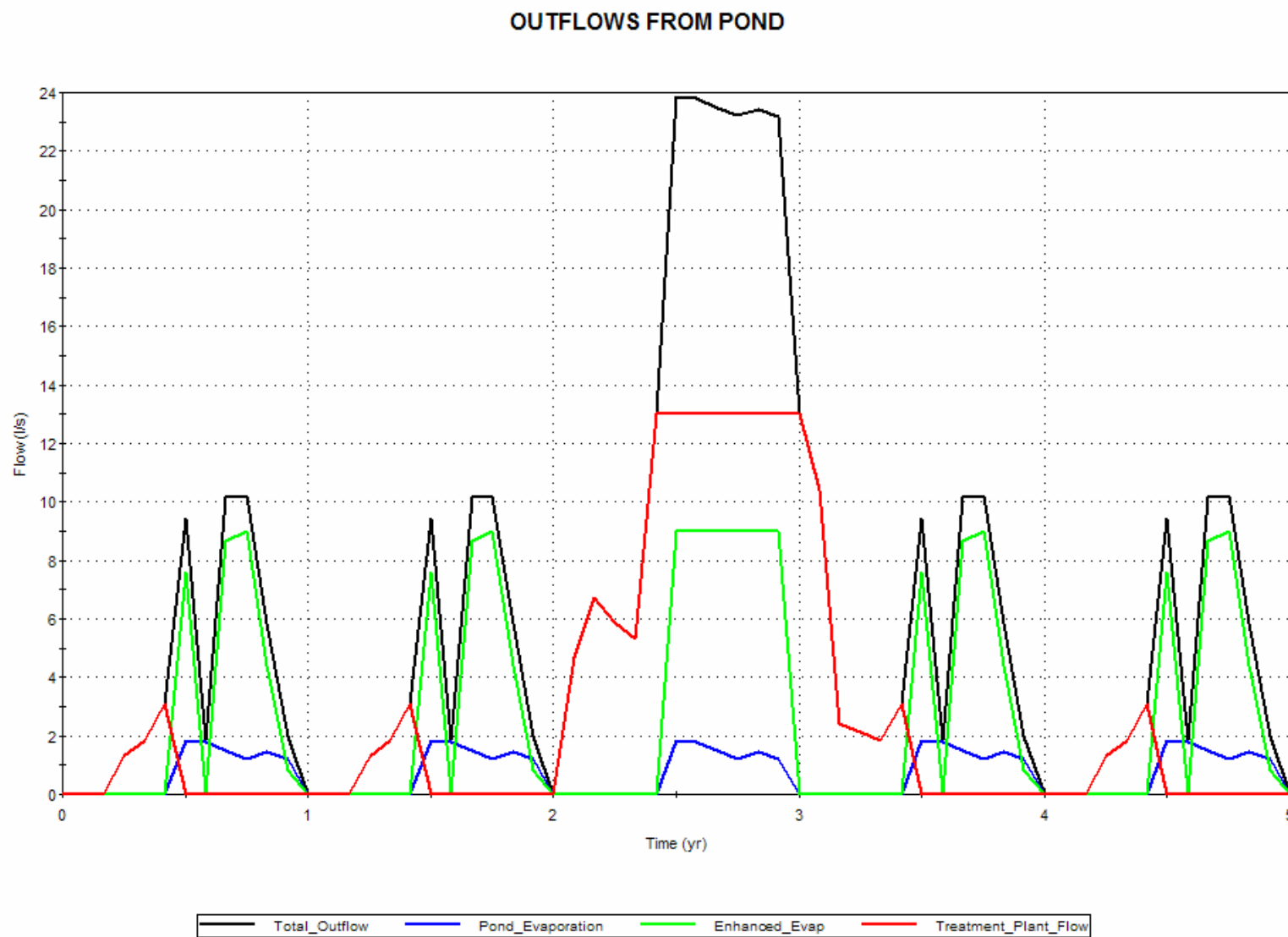


Figura I-7: Salidas de la Lagunas de Almacenamiento de Agua de Contacto de la Escombrera El Morro

ANEXO II

COMPUTOS METRICOS (take offs)

**ANEXO II - COMPUTOS METRICOS (take offs) PARA
EL SISTEMA DE MANEJO DE AGUA CONCEPTUAL DE LA ESCOMBRERA DE ESTERILES EL MORRO DEL PROYECTO PASCUA LAMA**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDADES	NOTAS
2.0	LA ESCOMBRERA DE ESTERILES EL MORRO			
2.1	Operación Inicial del Sistema de Manejo de Agua (A Contruirse Antes de la Deposición de Roca en la Escombrera a 8 años de Operaciones de la Mina)			
2.1.1	<u>Canales Perimetrales de Intercepción Norte y Sur</u>			
2.1.1.1	Excavaciones en Roca	m ³	43,000	Zanja (swale) de 6 metros de Ancho
2.1.1.2	Gabiones	gabiones	30	Gabion Rectangular de 3.6 m por 1.8 m por 0.2 m
2.1.1.3	Enrocado para Gabiones (D ₅₀ = 75 mm)	m ³	20	Material No Generador de Acidez
2.1.1.4	Excavaciones en Suelo	m ³	11,000	La quebrada de descarga.
2.1.1.5	Riprap (D ₅₀ = 300 mm)	m ³	4,400	Para reforzar la quebrada de descarga. Material no generador de acidez.
2.1.1.6	Geotextil	m ²	10,000	No Tejido, masa mínima por unidad de área = 540 g/m ² , grosor mínimo = 3.5 mm.
2.1.2	<u>Laguna de Sedimentación</u>			
2.1.2.1	Excavation in soil	m ³	2,800	Si el material excavado es aceptable puede ser utilizado para la construcción de bermas o desechado en la vecindad a la laguna.
2.1.2.2	Relleno Granular Compactado	m ³	2,300	Arena y Grava (menor que 50 mm) compactda en capas de 300 mm a 95% Proctor Estándar.
2.1.2.3	CMP Tipo 2 Aluminizado (0.9 m diam.)	m	25	"14 gauge, aluminized, perforated in riser section, and fitted with trash rack constructed of rebar."
2.1.2.4	Roca Limpia para Drenaje (D50 = 75 mm)	m ³	140	Colocado alrededor de la tubería (riser pipe) y para formar un sumidero de sedimentos gruesos. Material no generado de acidez.
2.1.2.5	Riprap (D50 = 300 mm)	m ³	40	Para disipación de energía en la entrada de la laguna de sedimentación. Material no generador de acidez
2.1.2.6	Geotextil	m ²	100	No Tejido, masa mínima por unidad de área = 540 g/m ² , grosor mínimo = 3.5 mm.
2.1.3	<u>Sistema de Recolección de Agua Superficial de Contacto</u>			
2.1.3.1	Excavación en Suelo para Canal	m ³	33,000	El material excavado puede ser desechado a los costados del canal y nivelado para permitir que la escorrentía entre al canal
2.1.3.2	Geomembrana de HDPE (1.0 mm)	m ²	15,000	40 mil (1.0 mm) con zanjás de anclaje a cada lado del canal
2.1.3.3	Geotextil	m ²	15,000	No Tejido, masa mínima por unidad de área = 540 g/m ² , grosor mínimo = 3.5 mm.
2.1.4	<u>Sistema de Recolección de Agua Subterránea</u>			
2.1.4.1	Perforación	m	80	Pozos perforados a través de material de relleno en la base del valle y 10 metros dentro de roca
2.1.4.2	Filtro de Acero Inoxidable (200 mm diam.)	m	40	Grosor de pared = 6 mm, abertura de ranuras = 1 mm.
2.1.4.3	Envoltura de Cobre (200 mm diam.)	m	50	Grosor de pared = 6 mm, largo de elemento "sacrificial" 1 m (grosor de pared = 19 mm) sobre y bajo filtro.

**ANEXO II - COMPUTOS METRICOS (take offs) PARA
EL SISTEMA DE MANEJO DE AGUA CONCEPTUAL DE LA ESCOMBRERA DE ESTERILES EL MORRO DEL PROYECTO PASCUA LAMA**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDADES	NOTAS
2.1.4.4	Empaque de Grava	m ³	3	A 5 m bajo superficie de suelo.
2.1.4.5	Sello de Bentonita	m ³	0.4	Desde 5 m a 1 m bajo nivel del suelo.
2.1.4.6	Masa de Hormigón	m ³	0.2	Para sello superficial
2.1.4.7	Bombas de Agua Subterránea (y energía asociada)	bombas	2	Calculado para bombear aproximadamente 10 l/s a una cabeza total de aproximadamente 50 m.
2.1.4.8	Tubería de HDPE (300 mm diam.)	m	100	SDR 32.5, con accesos cada 100 m.
2.1.4.9	Excavación para tubería de HDPE	m ³	500	Tubería en zanja con un recubrimiento mínimo de 1.5 m.
2.1.4.10	Relleno de arena alrededor de tubería de HDPE	m ³	60	Como material de apoyo de la tubería.
2.1.4.11	Relleno general alrededor de tubería de HDPE	m ³	400	Para rellenar sobre arena.
2.1.6	<u>Sistema de Monitoreo de Agua Subterránea</u>			
2.1.6.1	Perforación para Sistema de Agua Subterránea	m	160	Cuatro pozos perforados a traves de depositos en el fondo del valle y 10 metros en roca
2.1.6.2	Filtro de PVC (100 mm de diámetro)	m	80	Schedule 40, abertura de ranura = 1 mm.
2.1.6.3	Casing de PVC (100 mm de diametro)	m	280	Schedule 40.
2.1.6.4	Empaque de Grava	m ³	10	Hasta 5 m bajo superficie del suelo.
2.1.6.5	Sello de Bentonita	m ³	2	Desde 5 m a 1 m bajo superficie del suelo.
2.1.6.6	Masa de Hormigón	m ³	1	Para sello superficial.
2.1.8	<u>Tubería a Planta de Molienda</u>			
2.1.8.1	Tubería de HDPE (300 mm diam.)	m	7,500	SDR 32.5, con accesos cada 100 m.
2.1.8.2	Excavación para tubería de HDPE enterrada	m ³	33,000	Tubería en zanja con un recubrimiento mínimo de 1.5 m.
2.1.8.3	Relleno de arena alrededor de tubería de HDPE	m ³	4,400	Como material de apoyo de la tubería.
2.1.8.4	Relleno general alrededor de tubería de HDPE	m ³	29,000	Para rellenar sobre arena.
2.2	Sistema de Manejo de Agua Durante Cierre			
2.2.1	<u>Reconstrucción de Canales Perimetrales de Intercepción</u>			
2.2.1.1	Excavación en Roca	m ³	9,300	Para agrandar el canal perimetral de intercepción.
2.2.1.2	Tubería de HDPE perforada (450 mm)	m	2,100	Una tubería instalada en el canal excavado y recubierta con relleno de grava.
2.2.1.3	Geomembrana Sintética de Arcilla (GCL)	m ²	2,400	Se asume que el 20% del canal requiere impermeabilización cuando pasa sobre material de relleno y roca fracturada
2.2.1.4	Relleno de Grava (Pea Gravel)	m ³	3,200	o drenaje libre similar, fino y no generador de acidez.
2.2.1.5	Relleno de Roca Gruesa	m ³	8,300	Material no generador de acidez.
2.2.2	<u>Sistema de Recolección de Agua Superficial de Contacto</u>			
2.2.2.1	Excavación en suelo para canal	m ³	17,000	El material excavado puede ser desechado a los costados del canal y nivelado para permitir que la escorrentía entre al canal
2.2.2.2	Geomembrana de HDPE (1.0 mm)	m ²	5,000	40 mil (1.0 mm) con zanjass de anclaje a cada lado del canal
2.2.2.3	Geotextil	m ²	5,000	No Tejido, masa mínima por unidad de área = 540 g/m ² , grosor mínimo = 3.5 mm.

**ANEXO II - COMPUTOS METRICOS (take offs) PARA
EL SISTEMA DE MANEJO DE AGUA CONCEPTUAL DE LA ESCOMBRERA DE ESTERILES EL MORRO DEL PROYECTO PASCUA LAMA**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDADES	NOTAS
2.2.3	<u>Instalaciones de Almacenamiento de Agua</u>			
2.2.3.1	Excavaciones en suelo para instalaciones de almacenamiento de agua	m ⁵	310,000	Si el material excavado es aceptable puede ser utilizado para la construcción de bermas o desechado en la vecindad a la laguna.
2.2.3.2	Relleno granular compactado	m ³	250,000	Arena y Grava (menor que 50 mm) compactada en capas de 300 mm a 95% Proctor Estándar.
2.2.3.3	Impermeabilización con HDPE (1.5 mm)	m ²	76,000	60 mil (1.5 mm), texturizada en ambos lados, con zanjas de anclaje
2.2.3.4	Lecho de till glacial compactado	m ³	24,000	Capa de 0.3 m de grosor para lecho, superficie aplanada con aplanadora libre de material superficial granular mayor que 6 mm.
2.2.3.5	Capa de recubrimiento de material aluvial	m ³	24,000	Capa de 0.3 m de grosor sobre el HDPE, libre de rocas afiladas.
2.2.3.6	Tubería de HDPE (300 mm diam.)	m	1,600	SDR 32.5, con accesos cada 100 m, cabezal para sistema almacenamiento de agua de subdren
2.2.3.7	Válvulas	válvulas	12	Válvulas de cierre para tubería de HDPE de 300 mm.
2.2.3.8	Bomba sumergible	bombas	1	Potátil, de acero inoxidable o material resistente a la corrosión equivalente, caudal máximo 200 l/s, cabeza dinámica = 20 m.
2.2.3.9	Sistema de descenso y levantamiento de la bomba	unidades	3	Winche manual o motorizado para elevar la bomba sobre un riel inclinado
2.2.3.10	Unidades de Evaporación (y trabajos asociados)	unidades	2	Evaporador SMI 320 Evaporator o equivalente - se asume dos unidades inicialmente
2.2.3.11	Riprap (300 mm)	m ³	260	Material no generador de acidez
2.2.3.12	Geotextil	m ²	650	No Tejido, masa mínima por unidad de área = 540 g/m ² , grosor mínimo = 3.5 mm.
2.2.3.13	Perforación para sistema de monitoreo de agua subterránea	m	80	Dos pozos perforados a traves de depositos en el fondo del valle y 10 metros en roca
2.2.3.14	Filtro de PVC (100 mm de diametro)	m	40	Schedule 40, abertura de ranura = 1 mm.
2.2.3.15	Casing de PVC (100 mm de diametro)	m	140	Schedule 40.
2.2.3.16	Empaque de Grava	m ³	5	A 5 m bajo superficie de suelo.
2.2.3.17	Sello de Bentonita	m ³	1	Desde 5 m a 1 m bajo nivel del suelo.
2.2.3.18	Masa de Hormigón	m ³	0.5	Para sello superficial
2.2.3.19	Relleno de Grava (Pea Gravel)	m ³	3,100	Grava para laterales para subdren
2.2.3.20	Tubería de HDPE perforada (150 mm diam.)	m	12,000	Laterales para subdren
2.2.4	<u>Muro de Pie</u>			
2.2.4.1	Relleno compactado granular	m ³	86,000	
2.2.5	<u>Regrading of Dump Platform</u>			
2.2.5.1	Nivelado de Roca Estéril	m ³	140,000	Se asume que el botadero esta configurado durante operaciones de tal forma de reducir los trabajos de nivelación en la etapa de cierre
2.2.5.2	Compactación de Roca Estéril	m ²	480,000	Se asume que una superficie plana de roca estéril se compacta a una distancia de 150 metros del canal.

Notas:

1. Las estimaciones no han incluido contingencias como bulking, sobre excavación, pérdida de materiales, etc.
2. Las cantidades de la planta de tratamiento a ser estimadas por otros (incluyendo trabajos asociados como lagunas de lodos).
3. Sistemas de manejo de aguas del rajo a ser estimados por otros.