



# REPORTE

## REPORTE DE DISEÑO DE PRE-FACTIBILIDAD PARA LAS INSTALACIONES DE PATIO DE LIXIVIACIÓN Y BOTADERO DE ROCA ESTÉRIL

PROYECTO CERRO QUEMA

Provincia Los Santos, Panamá

**Preparado para:** Pershimco Resources, Inc.  
11, Perreault Street East  
Rouyn-Noranda, QC J9X 3C1

**Preparado por:** Golder Associates Inc.  
595 Double Eagle Court, Suite 1000  
Reno, NV 89521 USA

**Distribución:** 3 Copias – Pierre Bureau, Pershimco Resources, Inc.  
1 eCopia – Pierre Bureau, Pershimco Resources, Inc.  
1 Copia – Golder Associates, Reno

Junio de 2014, Revisión 0

Número de Proyecto 1300709

**A world of  
capabilities  
delivered locally**





**Informe de Diseño de Pre-factibilidad**  
**Instalaciones de Patio de Lixiviación y Botadero de Roca Estéril**  
**Proyecto Cerro Quema**  
**Provincia Los Santos, Panamá**

El siguiente reporte de diseño ha sido preparado por el personal de Golder Associates Inc., bajo la supervisión profesional de los ingenieros, cuyas firmas aparecen en este documento.

Los resultados, diseño y recomendaciones presentadas en este reporte se presentaron dentro de los límites descritos por Pershimco Resources, Inc. después de estar preparado de acuerdo con las prácticas y los principios de ingeniería profesional generalmente aceptados por un diseño al nivel de pre-factibilidad.

Gene R. Tortelli, PE  
Gerente de Proyecto

Christopher J. MacMahon, PE  
Ingeniero Civil Principal

Russell A. Browne, PE  
Líder de Práctica Minería, Ingeniero Principal



## Tabla de Contenido

1.0	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1	Historial .....	3
1.2	Alcance de Trabajo .....	4
1.3	Base de Diseño .....	4
2.0	ESCENARIO FÍSICO .....	5
2.1	Clima .....	5
2.1.1	Eventos de Tormentas Sintéticas Utilizados para el Diseño .....	8
2.2	Topografía, Drenaje y Vegetación .....	8
2.3	Geología Regional y del Área de la Mina .....	9
2.3.1	Geología Regional .....	9
2.3.2	Geología del Área del Proyecto .....	9
2.4	Condiciones Geotécnicas .....	11
2.4.1	Investigaciones Geotécnicas Anteriores .....	11
2.4.2	Investigación Geotécnica de 2013 .....	12
2.4.3	Pruebas Geotécnicas del Laboratorio .....	14
2.4.4	Condiciones de la Subsuperficie en la HLF Maricela .....	15
2.4.5	Condiciones de la Subsuperficie en el WRD Chontal Superior .....	16
2.4.6	Condiciones de la Subsuperficie en el WRD al Sur de la Pava .....	17
2.4.7	Resultados de la Fuente Potencial de Préstamo de Grava .....	17
2.5	Aguas Subterráneas Regionales y del Sitio .....	18
2.6	Evaluación Sísmica y de Riesgos de Fallas .....	18
3.0	DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DEL PATIO DE LIXIVIACIÓN .....	21
3.1	Resumen .....	21
3.2	Desarrollo y Resumen de Cronograma de la HLF .....	21
3.3	Subdrenes .....	22
3.4	Nivelación y Diseño del Sistema de Recubrimiento para el Patio de Lixiviación .....	22
3.5	Diseño del Sistema de Colección de Solución por Gravedad .....	23
3.5.1	Celdas de Colección de Solución Interna .....	24
3.5.2	Sistema de Colección de Solución .....	24
3.6	Balance de Agua .....	27
3.6.1	General .....	27
3.6.2	Evaporación realizada .....	30
3.6.3	Agua de re-emplazo .....	30
3.6.4	Tratamiento de Agua .....	31
3.7	Estanques de Proceso de Solución .....	32
3.7.1	Sistema de Recubrimiento para los Estanques de Solución Rica y de Evento .....	33
3.7.2	Descripciones de los Estanques .....	33



3.7.3	Requisitos de Capacidad de Flujo del Estanque .....	34
3.8	Sistemas de Detección de Fugas .....	35
3.8.1	Detección y Colección de Fugas en el Patio de Lixiviación .....	35
3.8.2	Detección de Fugas en los Estanques de Solución Rica y de Evento .....	36
3.8.3	Detección de Fugas de la Losa de Concreto de Contención .....	37
3.9	Sistema de Manejo de Aguas Pluviales.....	37
4.0	DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE BOTADERO DE ROCA ESTÉRIL.....	39
4.1	Resumen .....	39
4.2	Despeje y Remoción .....	40
4.3	Subdrenes .....	40
4.4	Apilamiento.....	40
4.5	Sistema de Manejo de Aguas Pluviales.....	41
5.0	CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS.....	42
5.1.1	Propiedades de los Materiales Seleccionados .....	42
5.1.2	Resultados de Estabilidad .....	43
5.2	Asentamiento del Patio de Lixiviación .....	44
6.0	DESPUÉS DE OPERACIÓN Y CIERRE .....	46
6.1	Instalación del Patio de Lixiviación Maricela.....	46
6.2	Botadero de Roca Estéril Chontal superior.....	47
7.0	ESTUDIOS ADICIONALES Y RECOMENDACIONES.....	48
7.1	Consideraciones Geotécnicas .....	48
7.2	Peligros Sísmicos y de Falla .....	48
7.3	Hidrogeología .....	48
7.4	Control de Aguas Superficiales.....	49
7.5	Datos Climáticos .....	49
7.6	Optimización de la Instalación .....	49
7.7	Recuperación y Cierre .....	50
8.0	REFERENCIAS.....	51





## Lista de Figuras

Figura 1: Mapa de Ubicación del Sitio

Figura 2: Diagrama de Flujo de Proceso en Condiciones Climáticas de un Año Promedio

## Lista de Tablas

Tabla 1: Precipitación Mensual Promedio de Diseño	6
Tabla 2: Tasas de Precipitación Mensual Extremo de Diseño	6
Tabla 3: Evaporación de Bandeja Promedio Mensual de Diseño	7
Tabla 4: Estimación de Intervalos de Recurrencia de Precipitación	8
Tabla 5: Resumen de las Pruebas Geotécnicas de Laboratorio	15
Tabla 6: Capacidad de Tuberías Terciarias de Colección de Solución	25
Tabla 7: Resumen del Área de Recubrimiento	29
Tabla 8: Volúmenes de Agua de Reemplazo Durante Condiciones Climáticas Secas de 1 en 100 Años	30
Tabla 9: Caudales de la Planta de Tratamiento de Agua – Condiciones Climáticas Húmedas de 1 en 100 Años	32
Tabla 10: Volúmenes de Almacenamiento de los Estanques	35
Tabla 11: Resumen de las Propiedades de los Materiales Usados para el Análisis de Estabilidad de la Pendiente	43
Tabla 12: Comparación de los Valores de FS Calculados a los Criterios de Estabilidad de Diseño	43

## Lista de Apéndices

Apéndice A	Base de Diseño
Apéndice B	Programa de Investigación Geotécnica del Campo
Apéndice C	Programa de Pruebas Geotécnicas del Laboratorio
Apéndice D	Evaluación de Peligros Sísmicos
Apéndice E	Sistema de Tuberías de Colección de Solución por Gravedad
Apéndice F	Balance de Agua y Medición de los Estanques de Proceso
Apéndice G	Análisis Hidrológico y Desviación de Aguas Pluviales
Apéndice H	Análisis de Estabilidad
Apéndice I	Estimación de las Cantidades de Construcción



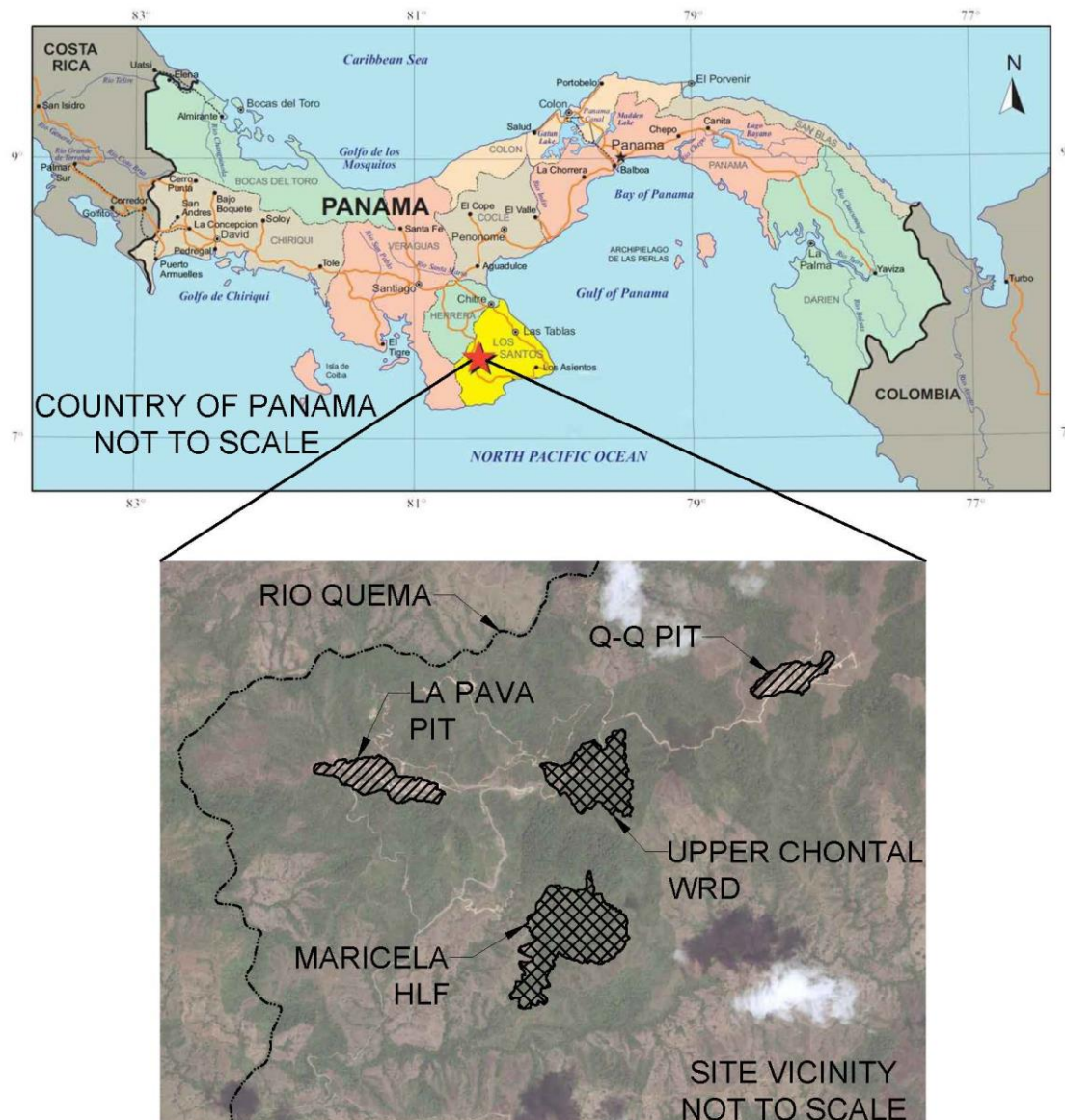
## 1.0 INTRODUCCIÓN

Pershimco Resources, Inc. (PRO) está realizando actualmente un Estudio de Pre-Factibilidad (PFS por sus siglas en inglés) para las instalaciones del patio de lixiviación de mineral e instalaciones del área de botadero de roca estéril en el Proyecto Cerro Quema en Panamá. Este sitio del Proyecto está a unos 200 kilómetros al sureste de la Ciudad de Panamá en la provincia de Los Santos al suroeste de Panamá. Este reporte presenta el diseño preliminar para las instalaciones de lixiviación de mineral y depósito de desechos para soportar el PFS para el Proyecto Cerro Quema.

Golder Associates Inc. (Golder) ha sido contratado para preparar un diseño preliminar de ingeniería que incluye las investigaciones del campo, pruebas de laboratorio, análisis de ingeniería, preparación de planos de diseño preliminares, preparación de una estimación de la cantidad de capital y preparación de este reporte de resumen. La ingeniería adicional será necesaria para el diseño final e ingeniería en detalle que serán completados fuera del alcance descrito a continuación. Las ubicaciones, el tamaño de la instalación y/o la geometría de las instalaciones para el patio de lixiviación de mineral (HLF por sus siglas en inglés) y el botadero de roca estéril (WRD por sus siglas en inglés) podrían ser revisados cuando sea disponible nueva información y el proyecto vaya progresando. La Figura 1 presenta un mapa de proximidad y la ubicación del sitio del Proyecto Cerro Quema en relación con la zona de los alrededores.

El mineral triturado de las minas a cielo abierto La Pava y Quema-Quema será procesado utilizando lixiviación de pila convencional vía apilamiento por transportadora. El mineral será procesado por la HLF Maricela mientras el material que no contenga oro será depositado en el WRD Chontal superior como se muestra en la Figura 1.

Las referencias a los planos de diseño en este informe se refieren al *Pre-feasibility Study, Heap Leach and Waste Rock Dump Facilities, Cerro Quema Mine, Los Santos Province, Panama* (Estudio de Pre-Factibilidad, Instalaciones de Patio de Lixiviación y Botadero de Roca Estéril, Mina Cerro Quema, Provincia Los Santos, Panamá, fechado el 11 de junio de 2014, Revisión 0, preparado por Golder Associates Inc. (Golder, 2014).

**Figura 1: Mapa de Proximidades y Ubicación del Sitio**

El trabajo de Golder consiste en el diseño al nivel del estudio de prefactibilidad de la HLF Maricela y el WRD Chontal superior. Los aspectos principales de cada instalación son:

**Maricela HLF:**

- Una pila de lixiviación con recubrimiento de geomembrana que cubre aproximadamente 310,000 metros cuadrados (m<sup>2</sup>) que proporcionará una capacidad aproximada de 20 millones de toneladas métricas (t) de mineral
- Una plataforma de instalación del proceso de HLF incluyendo estanques de solución rica y evento forrados con geomembrana
- Un canal de desviación de aguas pluviales al norte de la HLF



- Una estructura de control de sedimentos aguas abajo de la HLF

#### **WRD Chontal superior:**

- Un WRD sin forro para proporcionar almacenamiento de hasta 14 millones de toneladas de material de roca estéril
- Un canal de desviación de aguas pluviales al este del WRD
- Una estructura de control de sedimento aguas abajo del WRD

Las discusiones en detalle, información adicional, y los análisis de soporte de ingeniería están incluidos como anexos en este informe.

Kappes, Cassiday & Associates (KCA) ha sido contratado por PRO para diseñar las instalaciones de proceso que incluyen la trituración, el transportador, la planta de adsorción-desorción-recuperación (ADR por sus siglas en inglés) y los sistemas de bombeo para el proceso del fluido y de tuberías. Se presentan los arreglos esquemáticos y las configuraciones de la instalación preparadas por KCA en los planos de diseño de Golder sólo para referencia.

## **1.1 Historial**

El Proyecto Cerro Quema ha sido evaluado activamente para desarrollarse como una mina de oro desde principios de 1990. Los límites de la propiedad y concesión han variado entre estudios. A continuación son las descripciones breves de los propietarios y estudios anteriores del Proyecto Cerro Quema:

- **CEMSA, 1990 - 1944** – Perforación de exploración avanzada de la mineralización La Pava, Quema, y Quemita.
- **AMAX Gold, 1994** – Evaluación de una HLF, el WRD e instalaciones de proceso activado/desactivado para acomodar 1.5 millones de toneladas por año. Knight Piésold LLC (Knight Piésold) de Denver, Colorado, EEUU, fue contratado para realizar una investigación limitada de campo y un programa de pruebas de laboratorio.
- **Campbell Resources, 1996** – Evaluación de la HLF de relleno de valle convencional, y las instalaciones WRD y de proceso para acomodar 1.5 millones toneladas de mineral por año. Knight Piésold fue contratado para realizar una investigación geotécnica de campo y un programa de pruebas de laboratorio (Knight Piésold, 1996). Campbell empezó la construcción de la HLF y desviación de aguas pluviales en 1997 pero se detuvo poco después.
- **RNC Resources, 2002 – 2004** – Estudio de factibilidad bancable de las instalaciones de HLF sobre-fuera del patio, WRD, y proceso para acomodar 1.5 millones toneladas de mineral por año. No se realizó ninguna investigación geotécnica adicional de campo o programa de prueba de laboratorio. Knight Piésold fue contratado para proporcionar un informe actualizado de viabilidad ambiental.
- **Bellhaven, 2007** – Un estudio de alcance y diseño de planta de prueba piloto de proceso continuo de lixiviación en bateas e instalaciones de WRD para acomodar entre 5,000 y 10,000 toneladas de mineral por día. INNOVAT de Ontario, Canadá y Tetra Tech de Denver, Colorado, EEUU, fueron contratados para proporcionar soporte de diseño de ingeniería.



- **Pershimco, 2008** – Presente – Preparación de un Informe Técnico NI 43-101 para apoyar el diseño al nivel de pre-factibilidad de una HLF y un WRD convencional (este informe). KCA, Golder y P&E Mining Consultantes de Ontario, Canadá (P&E) fueron contratados por PRO para proporcionar servicios para este estudio.

Varios estudios técnicos se han llevado a cabo en el pasado para apoyar el desarrollo de la mina. Cuando sea apropiado, los datos técnicos incluyendo los registros de exploración y pruebas del laboratorio han sido incorporados en los análisis presentados en este informe. El área del Chontal superior ha sido evaluada extensamente en estudios anteriores. El sitio de la propuesta HLF Maricela no ha sido evaluada en estudios anteriores debido a las limitaciones de los límites de concesión. Estudios técnicos anteriores se discuten en detalle en la Sección 0.

## 1.2 Alcance de Trabajo

Golder realizó las siguientes tareas para el diseño al nivel PFS para la propuesta HLF Maricela y WRD Chontal superior:

- Estudios de compensación de selección del sitio
- Diseño civil y diseño
- Investigación geotécnica limitada de campo y un programa de pruebas de laboratorio para el sitio de la HLF
- Revisión y actualización de la evaluación existente de riesgos sísmicos y de fallas
- Análisis de estabilidad de talud y asentamiento de cimentación
- Diseño de los estanques de solución rica e evento, incluyendo modelación de balance de agua
- Diseño del sistema de tuberías de colección de solución por gravedad
- Diseño de los canales de desviación de aguas pluviales
- Volumetría preliminar de la pila y un plano conceptual de apilamiento
- Preparación de los planos de diseño de pre-factibilidad
- Preparación de este informe de diseño de pre-factibilidad

## 1.3 Base de Diseño

La base de diseño para el Proyecto fue desarrollado en conjunto con PRO y KCA para planear y diseñar una instalación que cumpla con la metas de producción de PRO cumpliendo con los estándares de práctica de la industria. Se recolectaron los datos de todos los aspectos del diseño, de clima y eventos de tormenta de diseño, la geología y características esperadas del mineral. La adquisición de datos incluyó una revisión de los planos construidos (as-built) y reportes, coordinación con PRO, y la realización de investigaciones de campo. Se incluye una lista completa de los parámetros usados por Golder para diseñar la instalación en el Apéndice A.



## 2.0 ESCENARIO FÍSICO

### 2.1 Clima

La provincia panameña de Los Santos se ubica en una zona de clima tropical situado entre los océanos Pacífico y Atlántico en la península Azuero como se muestra en la Figura 1. El clima es tropical con una temporada de lluvias prolongada de alta humedad hacia mediados de mayo y noviembre. Una temporada seca relativamente cálida ocurre entre diciembre y mediados de mayo. La mayoría de la precipitación ocurre durante tormentas torrenciales durante la temporada de lluvias. La precipitación promedio anual en el sitio de Cerro Quema es alrededor de 1,850 milímetros (mm).

Varias estaciones meteorológicas se encuentran en y alrededor del sitio. Los datos climáticos poco frecuentes coleccionados de la estación meteorológica in-situ (Estación Meteorológica Cerro Quema) empezó en 1994 incluyendo temperatura, precipitación, velocidad del viento y dirección. El conjunto de los datos climáticos coleccionados entre 1994 hasta el presente no proporcionan un conjunto de datos meteorológicos a largo plazo confiable para su uso directo y para diseño.

Hay algunas estaciones meteorológicas a largo plazo ubicadas en las proximidades del proyecto. Estas incluyen las estaciones meteorológicas Santiago, Los Santos Tonosi, La Miel, y La Llana. Aunque las estaciones meteorológicas Santiago, Los Santos, y Tonosi son las más cercanas al sitio, su precipitación es considerablemente más alta que la precipitación medida a la estación meteorológica Cerro Quema debido a su elevación más baja y proximidad a la costa.

Un análisis de regresión de frecuencia de doble entrada fue utilizado para determinar la estación meteorológica a largo plazo que se correlacionó más fuertemente a las condiciones medidas en el sitio. Los resultados del análisis indicaron que la estación meteorológica La Llana proporcionó la correlación más fuerte ( $R^2=0.97$ ) a las condiciones medidas al sitio. Generalmente, hay 25 por ciento menos precipitación mensual en el Cerro Quema que la grabada en La Llana. Para este estudio, los datos de la precipitación mensual de La Llana fueron reducidos en un 25 por ciento para uso como precipitación mensual de diseño. El Apéndice F presenta una discusión detallada de las relaciones entre las estaciones meteorológicas. La siguiente tabla presenta los valores promedios mensuales de precipitación ajustados utilizados para el diseño.



**Tabla 1: Precipitación Mensual Promedio de Diseño**

Mes	Precipitación Ajustada de La Llana (mm)
Enero	14.0
Febrero	5.6
Marzo	10.8
Abril	50.7
Mayo	200.1
Junio	237.9
Julio	201.9
Agosto	251.8
Septiembre	273.4
Octubre	309.0
Noviembre	228.0
Diciembre	69.6
<b>TOTAL</b>	<b>1852.7</b>

Nota: \*Precipitación promedio se calculó entre 1967 y 2012.

Para obtener las tasas de precipitación mensual para el 1 en 100 años húmedos y secos, los valores de precipitación promedio ajustada de La Llana se multiplicaron por un factor de aproximadamente 1.37 y 0.67 respectivamente (precipitación anual extrema dividida por la precipitación promedio anual). La precipitación en el sitio del año húmedo de 1 en 100 años y el año seco de 1 en 100 años se estima estar aproximadamente de 2,540 y 1,250 mm, respectivamente. El Apéndice F presenta las tasas de precipitación mensual extrema utilizadas para el diseño.

**Tabla 2: Tasas de Precipitación Mensual Extremo de Diseño**

Mes	Precipitación del Año Húmedo 1:100(mm)	Precipitación del Año Seco 1:100 (mm)
Enero	19.1	9.4
Febrero	7.6	3.8
Marzo	14.8	7.3
Abril	69.5	34.1
Mayo	274.1	134.7
Junio	325.9	160.2
Julio	276.5	135.9
Agosto	344.9	169.5
Septiembre	374.5	184.0
Octubre	423.2	208.0
Noviembre	312.2	153.5
Diciembre	95.3	46.8
<b>TOTAL</b>	<b>2537.6</b>	<b>1247.1</b>



Las tasas mensuales promedio de evaporación de bandeja no son disponibles del sitio o por otras estaciones meteorológicas cercanas con escenarios geográficos similares tales como elevación y distancia de la costa. La fuente más cercana de datos adecuados de evaporación es la Estación Meteorológica Santiago ubicada aproximadamente a 75 km al noroeste del Proyecto Cerro Quema al Aeropuerto Rubén Cantú en Santiago, Panamá.

Los datos de evaporación de bandeja medidos a la Estación Meteorológica Santiago entre 1971 y 1991 fueron ajustados por diferencias en la elevación como se informó en el Reporte de Viabilidad Ambiental de Knight Piésold en 1996 (KP, 1996a). Los datos ajustados fueron utilizados para el Plan Conceptual de Cierre de Golder en 2009 (Golder, 2009) y se consideró adecuado para su uso en este estudio. La siguiente tabla presenta las tasas de precipitación mensuales extremas utilizadas en el diseño.

**Tabla 3: Evaporación de Bandeja Promedio Mensual de Diseño**

<b>Mes</b>	<b>Evaporación de Bandeja Promedio (mm)</b>
Enero	85
Febrero	91
Marzo	105
Abril	98
Mayo	88
Junio	80
Julio	78
Agosto	79
Septiembre	76
Octubre	69
Noviembre	67
Diciembre	75
<b>TOTAL</b>	<b>991</b>

Las tasas extremas de evaporación de bandeja de 1 en 100 años secos y húmedos no pudieron ser estimadas con un nivel de precisión suficiente debido a la cantidad limitada de datos. Entonces, se utilizaron las tasas de evaporación de bandeja anual promedio por todas las condiciones climáticas.

Las temperaturas mensuales promedio del aire en el sitio Cerro Quema fueron determinadas para ajustar los datos de la estación meteorológica Santiago como se informa en el Reporte de Viabilidad Ambiental de Knight Piésold de 1996 (KP, 1996a). Las temperaturas máximas y mínimas mensuales promedio del aire para el sitio que fueron utilizadas para el diseño son 28.5°C y 20.4°C. El Atlas Nacional de la República de Panamá indica que la temperatura media anual en el sitio del proyecto es de unos 25.5°C (RNC, 2002).





Regionalmente, la velocidad del viento promedia aproximadamente 1.30 kilómetros por hora (km/hr) con los vientos más fuertes de enero a marzo. La dirección del viento es típicamente del norte y noroeste durante la temporada seca y del oeste durante la temporada de lluvias. Los datos del viento para el sitio indican que el viento es mayormente del norte-noreste.

### 2.1.1 Eventos de Tormentas Sintéticas Utilizados para el Diseño

La frecuencia de precipitación en el sitio fue estimada por Dyer Engineering Consultants, Inc. (Dyer) en 2013 como parte de un análisis hidrológico en todo el sitio (Dyer, 2013). Dyer evaluó la precipitación mensual promedio de las Estaciones Meteorológicas La Miel, La Llana, y Cerro Quema mencionadas en la sección anterior. Con base en esta evaluación, Dyer seleccionó el conjunto de datos de la Estación Meteorológica La Miel para realizar un análisis de frecuencia para determinar las profundidades de precipitación para intervalos seleccionados de recurrencia usando el método de Distribución Gumbel. La siguiente tabla presenta la estimación de intervalos de recurrencia de precipitación.

**Tabla 4: Estimación de Intervalos de Recurrencia de Precipitación**

Intervalo de Recurrencia (años)	Precipitación (mm)
2	94
5	115
10	130
25	148
50	161
100	175

## 2.2 Topografía, Drenaje y Vegetación

El terreno en el sitio es escarpado y áspero. La elevación oscila desde los 200 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) cerca de los estanques de proceso de la HLF a más de 900 m.s.n.m. al tajo Quema-Quemita. Las pendientes naturales pueden ser tan inclinadas como de 60 grados sobre una altura de 50 metros. Muchos de los barrancos están densamente arbolados, mientras algunas de las crestas y laderas fueron desforestadas anteriormente para la adopción de pasturas y están tapadas con pasto, matorrales, y arboles dispersos. En las áreas que están densamente arboladas, los árboles son generalmente de 0.1 a 0.5 metros en diámetro, y pueden llegar a ser hasta de 2.0 metros de diámetro. Hay unos afloramientos de lecho de roca debido a la erosión profunda tropical que ha resultado en la formación de suelos lateríticos y saprolíticos cerca de la superficie.

El proyecto Cerro Quema se ubica con una tendencia este-oeste de topografía alta, y el drenaje primario de la superficie es generalmente al norte y el sur hacia el Rio Quema y el Rio Quebrada de Quema, respectivamente. La Quebrada Quema y la mayoría de la escorrentía de la superficie alcanzan al Rio Quema antes de salir de la propiedad.



Ambos la HLF Maricela y el WRD Chontal superior están ubicados en barrancas incisas con pendientes de hasta 60 grados. Debido a la variación en temporadas, el agua puede estar fluyendo en las barrancas durante gran parte del año.

## 2.3 Geología Regional y del Área de la Mina

### 2.3.1 Geología Regional

El distrito de Cerro Quema se encuentra en la parte central de la Península Azuero por la línea costera sur de Panamá (Figura 1). Una descripción breve de la geología regional del Reporte Técnico y Estimación de Recursos Minerales el Proyecto Cerro Quema, 2012 (*Technical Report and Mineral Resource Estimate on the Cerro Quema Project*) de P&E Mining Consultants se presenta a continuación (P&E, 2012):

*El basamento de la península consiste en basaltos toleíticos masivos y almohadillados que actualmente son interpretadas de representar rocas levantadas del margen occidental de la placa del Caribe (Corral et al., 2011). Siguiendo el comienzo de la subducción a aproximadamente 69-71 millones años (Ma), una secuencia de arco magmático se desarrolló en el basamento Azuero. Las rocas del Grupo Arco Azuero constan de rocas volcánicas incluyendo rocas tufitas y volcanoclásticas que oscilan en edad de aproximadamente 71 Ma a 40 Ma.*

*. . . Las rocas [en el área del proyecto] constan de andesita, dacita, caliza, basalto y turbiditas que se interpretan haber sido depositadas en ambiente de antearco. Estudios iniciales se asignaron todos estos grupos a la Formación Ocu. Trabajos posteriores por Corral et al. (2011) ha determinado que las rocas del distrito Cerro Quema no corresponden con la definición de la Formación Ocu, y que ha definido la Formación Río Quema que consta de sedimentos volcánicos y volcanoclásticos intercalados con calizas hemipelágicas, domos de lava submarino y diques basálticas a andesíticos de corte transversal. La Formación Río Quema se interpreta como la secuencia de relleno de una cuenca de antearco del arco volcánico Cretácico-Paleogeno y el huésped de mineralización en el distrito Cerro Quema (Corral et al., 2011).*

La geología local, incluyendo las unidades litológicas y las estructuras mayores regionales en las áreas del tajo La Pava y Quema-Quemita, constan de dacita.

La geología estructural en el área del proyecto se caracteriza por una red de fallas con un abrupto buzamiento, con dirección noroeste y noreste. La Falla Río Joaquín mostrado en el Apéndice D es una estructura regional mayor con dirección este-oeste que se estima tener un movimiento de buzamiento inverso de aproximadamente 300 a 400 metros. Se ubica aproximadamente a 2 kilómetros al sur del WRD Chontal superior propuesta y abajo de la HLF Maricela.

### 2.3.2 Geología del Área del Proyecto

En el área de los depósitos, los tipos principales de roca son arcilla dacitas saprolíticas y dacitas silíceas con varios grados de lixiviación de ácido y cementación de óxido de hierro. La dacita fresca en las áreas



del tajo ha sido alterada hidrotermalmente y contiene cantidades variables de alteración y minerales de reemplazamiento.

### 2.3.2.1 Alteración

La alteración hidrotermal puede afectar la resistencia de la roca intacta. Se puede aumentar o reducir la resistencia de la roca intacta dependiendo de los minerales quitados, reemplazados, o introducidos. Los geólogos de Pershimco han desarrollado unos modelos de alteración para el depósito con base en la identificación macroscópica de los minerales en el núcleo y los afloramientos. La alteración ha sido clasificada por los geólogos de PRO en las siguientes categorías:

- Fresco - La roca consta de dacita de pórfido de lava cuarzo feldespático. La roca fresca es típicamente fuerte y quebradiza con poca porosidad. No está mineralizada.
- Sílice - Esta roca está compuesta esencialmente por cuarzo (sílice) con muy pocos minerales de arcilla de aluminosilicato. Puede ser poroso y brechada en algunas áreas. Se encuentra en el núcleo del depósito y puede ser anfitrión de la mineralización de oro de mayor ley.
- Sílice-Arcilla - Esta roca está compuesta de cuarzo (sílice) y hasta del 30 por ciento de minerales diseminados de arcilla de aluminosilicato que constan de caolinita, dickita y pirofilita. Puede ser un poco poroso y rodea el núcleo de sílice del depósito. Es huésped de la mineralización de oro de baja ley.
- Arcilla - La alteración de la facies de arcilla consta de roca débilmente alterada que ocurre en una zona de transición entre la dacita fresca y la dacita de sílice arcillosa alterada. Puede contener hasta el 30 por ciento de minerales de illita y arcilla esméctica. Los minerales de arcilla ocurren como un reemplazo empaquetado apretado de feldespatos y tiene la tendencia de no desagregarse naturalmente a menos de que la roca sea molida finamente. La masa de roca de arcilla débilmente alterada típicamente forma una roca competente.

### 2.3.2.2 Estructura

Los geólogos de PRO han desarrollado un modelo estructural de las fallas de la escala del tajo de la examinación de los testigos de exploración e interpretación de las fotografías aéreas. Los geólogos de PRO informan que la mayoría de estas fallas tienen poco desplazamiento.

En el área del tajo Pava, las fallas tienen dirección al noreste y noroeste y tiene un buzamiento abrupto. En el área del tajo Quema-Quemita, las fallas típicamente tienen una dirección este-noreste y noreste y también tienen un buzamiento abrupto. Una falla interpretada que buza aproximadamente 60 grados al norte trunca la mineralización por el lado sur del tajo Quema-Quemita.

Las estructuras menores que ocurren en las áreas de La Pava y Quema-Quemita constan principalmente de diaclasas (grietas) y fallas menores. Donde la masa de roca está profundamente erosionada, como en el área de Quema-Quemita, las diaclasas (grietas) y fallas pueden ser difíciles de observar en la superficie natural del suelo.



### 2.3.2.3 Erosión

Los depósitos están sobreyacidos por unidades de regolitos producidos por la erosión típica de un clima tropical, húmedo y cálido. Para el propósito de clasificación geotécnica, usamos las siguientes definiciones de unidades regolitos:

- Laterita - Material transportado que es la unidad superior del regolito. La transportación puede ser lateral en terrenos inclinados, o vertical debido a la disolución de la matriz de soporte en terreno plano.
- Saprolita - Roca erosionada en su lugar que tiene las características físicas de suelo pero puede retener la estructura relictas de lecho de roca madre. Las características físicas se determinan por la naturaleza de los protolitos (roca madre) y la intensidad de la saprolitización. El núcleo de saprolita típicamente se puede cortar con un cuchillo.
- Sapro-roca - El material de transición entre la saprolita y el lecho de roca en el que la resistencia es considerablemente mayor que la del saprolita pero menor que la del lecho de roca. Típicamente no se puede cortar el núcleo con un cuchillo.
- Lecho de roca - Roca fresca y mineralizada.

La sapro-roca es una zona de material que es como una roca (típicamente no se puede cortar con un cuchillo) en el que la erosión ha reducido la resistencia de la roca fresca o mineralizada (lecho de roca). En el proyecto Cerro Quema, la roca oxidada podría ser considerada sapro-roca y la roca no oxidada podría ser considerada como lecho de roca fresco. Para el propósito de este reporte, ambos la sapro-roca y el lecho de roca se consideran ser lecho de roca.

## 2.4 Condiciones Geotécnicas

### 2.4.1 Investigaciones Geotécnicas Anteriores

Empezando a principios de 1990, tres investigaciones geotécnicas de la superficie han sido realizadas en el sitio Cerro Quema para soportar varios estudios técnicos. Las investigaciones anteriores incluyen:

- Knight Piésold en 1994 (KP, 1994) - se realizó una investigación de campo que consistía en 45 pozos de prueba y 7 barrenos geotécnicos; ellos son:
  - Los pozos de prueba LPTP-1 a LPTP-38 fueron excavados al oeste del sitio actualmente propuesto para el WRD Chontal superior. Pozos de prueba WDTP-38 a WDTP-45 fueron excavados a lo largo de un camino de acceso por el lado norte del sitio actual del WRD.
  - Los barrenos geotécnicos LPBH-1 y 2, LPBH-4 y 5, HRBH-3, y WDBH-6/6a fueron perforados en áreas al oeste y suroeste del sitio propuesto actualmente para el WRD.
- Knight Piésold en 1996 (KP, 1996) - realizó una investigación de campo que consistía de 59 pozos de prueba y 15 barrenos geotécnicos; ellos son:
  - Los pozos de prueba CPT-1 a CPTP-29 fueron excavados dentro de la huella del WRD propuesta actualmente, así como en las áreas al este entre el tajo Quema-Quemita.
  - Los pozos de prueba CRTP-1 a CRTP-14 fueron excavados a lo largo de los caminos de acceso al este del tajo propuesto La Pava.



- Los pozos de prueba CBTP-1 a CBTP-16 fueron excavados al norte del sitio del WRD en un área de materiales de préstamo de construcción identificado por Knight Piésold.
- Los barrenos geotécnicos LP96-1 a LP96-9 fueron perforados en áreas dentro de e inmediatamente adyacentes al sitio de la WRD Chontal superior. Los barrenos LP96-10 y LP96-11 fueron perforados a lo largo de un drenaje al noroeste del sitio del WRD.
- Los barrenos geotécnicos HR96-1 a HR96-3 fueron perforados a lo largo de los caminos de acceso al sureste del tajo La Pava. El Barreno GH96-1, también ubicado en la misma área, fue perforado en un área de material de préstamo de construcción identificado por Knight Piésold.
- En 2008, Tetra Tech (Tetra Tech, 2008) realizó una investigación del campo que consistía de 11 barrenos geotécnicos; ellos son:
  - Los barrenos geotécnicos BH08-1 a BH08-11 fueron perforados en un área al oeste de la huella propuesta del WRD así como a lo largo de un drenaje al noreste del sitio del WRD.

La gran mayoría de las exploraciones anteriores están ubicadas en áreas que rodean el sitio del WRD Chontal superior; algunas están ubicadas en y alrededor del tajo La Pava al sureste y el tajo Quemita al noreste. Las ubicaciones de estas exploraciones anteriores se muestran en el Plano G3.

#### **2.4.2 Investigación Geotécnica de 2013**

Golder realizó una investigación geotécnica para caracterizar las condiciones de la superficie y subsuperficie dentro de las proximidades de las huellas propuestas de la HLF Maricela y un botadero potencial de roca estéril al sur del tajo La Pava (subsecuentemente eliminado del diseño en favor del sitio del WRD Chontal superior). Las condiciones del sitio fueron registradas por un ingeniero de campo de la oficina de Golder en Reno, Nevada, EE.UU. entre el 16 y 25 de octubre de 2013; se realizó la excavación de 15 pozos de prueba. Nueve pozos de prueba fueron excavados en las proximidades de un WRD propuesto anteriormente al sur del tajo La Pava (TP-17 a TP-22). El WRD al sur del tajo La Pava fue eliminado de evaluación adicional en un estudio de intercambio como se discute en la Sección 4.1.

Además, se cartografiaron siete cortes de caminos ya existentes: uno al sur del tajo La Pava, tres al sur y tres al oeste de la Quebrada Seca a lo largo del camino principal de acceso a la mina. El ingeniero de campo de Golder preparó los registros de campo de las condiciones encontradas y tomó muestras del suelo y roca para su clasificación y pruebas geotécnicas del laboratorio. Al terminar la investigación geotécnica de campo, todas las muestras fueron mandadas a Technilab SA (Technilab) en la Ciudad de Panamá, Panamá para realizar pruebas geotécnicas de laboratorio.

Las ubicaciones de los pozos de prueba fueron identificadas por Golder antes de la investigación y fueron ubicadas y marcadas en el campo por personal del sitio de PRO. A partir de la excavación, la ubicación de cada pozo de prueba fue registrada por aparatos de mano de GPS (sistema de



posicionamiento global). Las ubicaciones de las excavaciones y cartografía de los cortes de camino se muestran en el Plano G3.

Los detalles de la investigación geotécnica se presentan a continuación. Los registros de los pozos de prueba se presentan en el Apéndice B. Una descripción del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS por sus siglas en inglés) y la Guía de Clasificación de Rocas de Golder, los que se utilizaron para clasificar los suelos y rocas durante la investigación, se presentan al final del Apéndice B.

#### 2.4.2.1 HLF Maricela

Los pozos de prueba en las proximidades de la HLF Maricela fueron excavados a mano o con el uso de una excavadora montada en camión tipo CAT 326, proporcionada y operada por Minera Cerro Quema, SA (MCQSA). Fueron recolectadas para cada pozo de prueba, muestras a granel por cada una de las unidades estratigráficas distintas o cuando se observaron variaciones en las condiciones geológicas. Se almacenaron las muestras recolectadas en bolsas de plástico a granel o cubetas de 20 litros y sellados para minimizar la pérdida de humedad.

Se excavaron los pozos de prueba a profundidades que oscilan entre 1.7 metros y 4.0 metros por debajo la superficie del suelo (bgs por sus siglas en inglés). Los pozos de prueba excavados por medio de máquina fueron terminados cuando prácticamente no se avanzaba más, cuando se lograba el alcance máximo de la excavadora, o cuando otras condiciones impidieron el progreso de la excavación.

Los pozos de prueba que fueron excavados a mano por equipos fueron diseñados en un banco de estabilidad y la excavación recomendada fue como sigue: la excavación inicial fue 3 metros de ancho por 3 metros de largo por 1 metro de profundidad. Después de que se completó un metro de excavación, la excavación fue reducida a un metro de ancho por un metro de largo por un metro de profundidad por una profundidad total de 2 metros. Después de registrar los pozos de prueba, fueron rellenados libremente con suelo excavado. Se recomienda la remoción de este material de relleno y la recompactación de todos los pozos de prueba antes de la construcción de cualquier mejoramiento en esta área.

#### 2.4.2.2 Sitio Potencial de la Fuente de Préstamo de Grava

Una fuente potencial de préstamo de grava para uso como material de grava dren de soluciones en la HLF, agregado para el concreto y capa de rodadura del camino se identificó en el kilómetro 5.5 del camino principal de acceso a la mina, como se muestra en el Plano G3.

La ubicación parece ser que se ha sido desarrollada previamente para capa de rodadura de camino para la construcción del camino principal de acceso a la mina. El sitio consta de roca dacita y andesita. La fachada cortada del afloramiento es estimada medir aproximadamente 10 metros de altura por 20 metros de ancho. No se sabe la profundidad y alcance dentro del talud del material. Muestras de bloques de



tamaño del adoquín fueron recogidas de la fachada del afloramiento para hacer pruebas geotécnicas del laboratorio. En el momento de este reporte, las pruebas del laboratorio para la fuente potencial de material de préstamo de grava están en marcha. Los resultados de pruebas del laboratorio serán presentados a PRO como parte de otro estudio.

### **2.4.3 Pruebas Geotécnicas del Laboratorio**

Se realizaron pruebas geotécnicas de laboratorio para muestras seleccionadas consideradas representativas de los materiales encontrados en los pozos de prueba y fuente propuesta de préstamo de grava.

En el sitio de la HLF Maricela, se seleccionaron muestras de profundidades que oscilan entre 1.0 a 3.6 metros por debajo de la superficie del suelo (bgs). Se obtuvieron muestras de los pozos de prueba TP-3, TP-10, TP-12, TP-13, TP-14, TP-15 y TP-16. Al WRD propuesto, al sur de La Pava, se seleccionaron muestras por debajo de la capa vegetal de profundidades que oscilan entre 1.0 a 3.4 metros bgs. Se obtuvieron muestras de los pozos de prueba TP-17, TP-18, TP-19, TP-20, TP-21 y TP-22.

El programa de pruebas de Golder incluyó pruebas de suelo convencionales para caracterizar la composición y propiedades de ingeniería (resistencia, permeabilidad, densidad). Se realizaron pruebas adicionales para caracterizar la durabilidad y resistencia intacta de los materiales de la fuente de grava para analizar la idoneidad por su uso como un material de grava dren en la construcción de la HLF. Para las muestras de suelo coleccionadas de los pozos de prueba, se realizaron las siguientes pruebas: Límites de Atterberg, distribución de tamaño de partículas (con hidrómetro), compactación Proctor modificado, y pruebas de resistencia triaxial consolidada-sin drenaje (junto con las mediciones de permeabilidad de pared flexible). Para las muestras de la fuente de grava se realizaron pruebas de carga de punto, abrasión Los Ángeles y pruebas de reactividad álcali-sílice. Todas las pruebas fueron realizadas por Technilab en Panamá. La siguiente tabla se presenta el tipo y número de pruebas realizadas. Los resultados de las pruebas geotécnicas de laboratorio realizadas se presentan en el Apéndice C.



**Tabla 5: Resumen de las Pruebas Geotécnicas de Laboratorio**

Tipo de Prueba	Número de Pruebas			Método de Prueba
	HLF Maricela	WRD al Sur del Tajo La Pava	Fuente Potencial de Préstamo de Grava	
Índice de Plasticidad Atterberg	11	8	-	ASTM D4318
Distribución de Tamaño de Partícula con Hidrómetro	11	8	-	ASTM D422
Conductividad Hidráulica de Pared Flexible	2	-	-	ASTM D5084
Resistencia Triaxial C/U	2	-	-	ASTM D4767
Compactación de Proctor Modificada	2	-	-	ASTM D1557
Reactividad Alkali-Silice	1	-	1	ASTM C227
Abrasión Los Ángeles	1	-	1	ASTM C131
Carga de Punto	1	-	2	ASTM D5731

#### **2.4.4 Condiciones de la Subsuperficie en la HLF Maricela**

Esta sección describe las condiciones de la subsuperficie encontradas durante la investigación geotécnica del sitio propuesto para la HLF Maricela. Las condiciones de la subsuperficie han sido clasificadas según el USCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) (ASTM D 2487) y el método visual (ASTM D 2488). Los registros de los pozos de prueba se presentan en el Apéndice B.

Ocho pozos de prueba (TP-3, TP-10 a TP-16) fueron excavados en ubicaciones dentro de la huella propuesta de la HLF Maricela. El pozo de prueba TP-2 fue ubicado aproximadamente 20 metros al suroeste de los estanques de proceso propuestos de la instalación Maricela. Las ubicaciones de los pozos de pruebas excavados se presentan en el Plano G3.

Sobreyacida por la capa vegetal, los suelos encontrados fueron generalmente saprolíticos; es decir, que fueron restos del lecho de roca altamente erosionados y alterados de la formación Rio Quema que consistían de una unidad sedimentaria (sedimentos volcanoclásticos y limolitas), y dacita. La unidad sedimentaria fue encontrada en la porción sur de la huella de la HLF en los pozos de prueba TP-2, TP-3, TP-12, TP-13 y TP-14 y fue generalmente de color café a amarillo-café, contenía estratificación o laminaciones y fisuras que parecían ser relictos del lecho de roca madre original. Este material consistía de limo arenoso (ML por sus siglas en ingles), arena arcillosa (SC), arena arcilla magra (CL). El material de TP-12 a 2.6 metros de profundidad contenía 33 por ciento de gravas y fue clasificada como arena limosa con grava (SC) mientras que el resto de los pozos de prueba no contenían una cantidad apreciable de gravas. La consistencia aparente osciló entre firme a muy duro. La fracción de arena fue generalmente fina y de angular a sub-redondeado. La fracción de finos (pasando por la malla No. 200)





en la matriz del material fue clasificada generalmente como de baja plasticidad con índices de plasticidad que oscilan entre 10 a 19.

La unidad de dacita fue encontrada en la porción norte de huella de la HLF en los pozos de prueba TP-10, TP-11, TP-15 y TP-16 y generalmente consistía de arcilla magra (CL) con fracciones variables de arena y arena limosa (SM). A los 3.5 metros de profundidad, TP-16 contenía 41 por ciento de gravas y fue clasificado como arena limosa-arcillosa con grava (SC-SM). La unidad de dacita fue generalmente de color café a rojo-café y gris, con una consistencia firme a muy dura. Las arenas y gravas fueron generalmente angulares. Muchas veces el material excavado en forma de fragmentos de grava de mayor tamaño, se rompió en la mano en partículas del tamaño de arena. La fracción fina (pasando por la malla No. 200) en la matriz del material fue generalmente clasificada como de baja plasticidad con índices de plasticidad que oscilan entre 4 y 19. No se encontró agua subterránea en ninguna de las excavaciones; sin embargo, las condiciones fueron húmedas y llovió diariamente durante la investigación del campo.

#### **2.4.5 Condiciones de la Subsuperficie en el WRD Chontal Superior**

Las condiciones de la subsuperficie en el sitio del WRD Chontal superior fueron caracterizadas durante las investigaciones anteriores del campo y programas de pruebas del laboratorio realizadas por Knight Piésold en 1994 y 1996 (KP, 1994 y KP, 1996) y por Tetra Tech en 2008 (Tetra Tech, 2008). La investigación de Golder en 2013 no exploró el sitio del WRD Chontal superior. Las exploraciones geotécnicas realizadas en este sitio incluyeron 9 barrenos geotécnicos y 32 pozos de prueba. Las ubicaciones de estas exploraciones se muestran en el Plano G3.

En total, las condiciones de la subsuperficie en el sitio del WRD son parecidas a las encontradas en el sitio de la HLF Maricela. Sobreyaciendo la mayoría del sitio hay una capa superficial de capa vegetal de espesor variable que oscila de entre 0 a 0.8 metros. La capa vegetal está compuesta de limo y suelos de arcillas de grano fino con una plasticidad baja a alta y con una cantidad variable de arena y gravas y materiales orgánicos. Debajo de esta capa superficial hay suelos saprolíticos derivados de erosión in-situ del lecho de la roca subyacente. Más cerca de la superficie del suelo, la saprolita es de suelo de grano fino que generalmente consiste de limos de baja a alta plasticidad (ML, MH) y arcillas (CL, CH). Los Límites de Atterberg para las muestras de saprolita indican índices de plasticidad entre 0 (no plástico) y 45. También se encontraron más suelos arenosos (SC); donde el contenido de arena generalmente oscila entre el 5 por ciento al 64 por ciento y promedia alrededor del 27 por ciento. El contenido de grava es generalmente menos del 5 por ciento; sin embargo, se encontraron unas áreas muy específicas de saprolita con más grava. La saprolita varía en espesor de 0.5 a unos 10 metros y con promedio de alrededor de 5 a 5-1/2 metros. Los golpeos de Pruebas Estándares de Penetración (SPT) fueron generalmente arriba de 50 dentro de los primeros 5 metros de la superficie del suelo. La competencia de los suelos saprolíticos generalmente aumenta con la profundidad.



Los suelos saprolíticos gradualmente cambian con la profundidad a una masa de roca suave erosionada de forma variable y fracturada que tiene estructuras geológicas de relictos de la roca madre por debajo. Este material consta de roca andesítica a dacítica que oscila de entre poco a altamente erosionada y está consistentemente bastante fracturada. En algunas áreas la roca parece fresca y dura, en otras áreas la roca está muy oxidada y friable (se rompe fácilmente con la mano). Los pozos de prueba excavados en esta área encontraron este material a profundidades que oscilan entre 1 a 7.5 metros bgs. Los registros de los pozos de prueba indicaron que el material podría ser excavado con una excavadora a profundidades de 3.5 metros bgs.

#### **2.4.6 Condiciones de la Subsuperficie en el WRD al Sur de la Pava**

Esta sección describe las condiciones de la subsuperficie encontradas durante la investigación geotécnica del WRD propuesto al sur de La Pava. Las condiciones de la subsuperficie han sido clasificadas según el USCS (ASTM D2487) y el método visual (ASTM D2488). Los registros de los pozos de pruebas se presentan en el Apéndice B.

Una capa de arcillas superficiales de alta plasticidad y suelos orgánicos (referidos como la “capa vegetal”) que contenía raíces fue encontrado en la mayoría de los pozos de prueba, o fue visible en la superficie del corte del camino donde se excavó el pozo de prueba, a una profundidad que oscila entre 0.2 y 0.6 metros. Sobreyacido por la capa vegetal, los suelos encontrados fueron generalmente remanentes saprolíticos de la Formación Rio Quema superior que consistía de una unidad sedimentaria (sedimentos volcanoclásticos y limolitas), y dacita. También se encontró una unidad aluvial en los pozos de prueba TP-20 and TP-21, y fue observado en uno de los cortes de camino, SWRD-3. Se encontró la unidad sedimentaria en TP-17, y también se observó en dos de los cortes de camino, SWRD-1 y SWRD-2. Las condiciones de la subsuperficie en el sitio fueron generalmente parecidas a las encontradas en la HLF Maricela y WRD Chontal superior.

Las pruebas de laboratorio indicaron que las muestras recogidas del sitio fueron generalmente clasificadas como arcillas o limos magros con cantidades variables de arenas, o arena con cantidades variables de arcilla y limos con índices de plasticidad que oscilan entre el 10 y 32.

#### **2.4.7 Resultados de la Fuente Potencial de Préstamo de Grava**

Los resultados de la prueba de abrasión indicaron una pérdida del 37 por ciento usando una designación de clasificación de “A”. Uno por ciento de pérdida, por masa, menor del 45 por ciento después de 500 revoluciones satisfacen los requisitos de durabilidad para su uso como un material sobre el recubrimiento, agregado de concreto, y materiales de rip-rap. El índice de resistencia de carga de punto (Is por sus siglas en inglés) de dos pruebas que se realizaron según el ASTM D5731 y la Sociedad Internacional de Mecánica de Roca (IRSM por sus siglas en inglés) indican que la resistencia intacta del



material de roca puede ser clasificada como roca fuerte (R4) con una resistencia de compresión no confinada estimada que oscila entre 50 megapascuales (MPa) y 100 MPa.

Se realizaron pruebas de reactividad álcali-sílice para evaluar la compactibilidad del material por el uso como agregado de concreto. En el momento de este reporte, no se terminaron las pruebas álcali-sílice. Por lo tanto, no se presentan los resultados de las pruebas.

## 2.5 Aguas Subterráneas Regionales y del Sitio

No se ha desarrollado ningún pozo de observación o piezómetros en los tajos La Pava y Quema-Quemita, o en áreas de la HLF o WRD para indicar la elevación de un nivel freático local de agua. Algunos pozos de monitoreo y re-bombeo están ubicados a lo largo de la Quebrada Chontal como se muestran en el Plano G2. Las indicaciones del nivel del agua subterránea han sido registradas mensualmente entre 2008 y 2012. Algunos de los pozos han sido abandonados debido a los mejoramientos en el sitio a lo largo de la Quebrada Chontal incluso en la construcción de la estructura de control de sedimentos Chontal y un camino de acceso para vehículos ligeros. Estos pozos están ubicados dentro de, o adyacente a la Quebrada Chontal. Los niveles del agua subterránea medidos pueden no ser representativos de los alrededores aguas arriba al drenaje natural. Con base en una revisión de los datos disponibles de estos pozos, los niveles del agua subterránea varían entre 0.25 metros debajo de la superficie al Pozo No. 10 Sur y 18 metros debajo de la superficie en el Pozo No. 5.

Las observaciones indican fluctuaciones estacionales limitadas en los niveles del agua dentro de las proximidades del drenaje de la Quebrada Chontal.

## 2.6 Evaluación Sísmica y de Riesgos de Fallas

Knight Piésold realizó una evaluación de riesgos sísmicos (SHA por sus siglas en inglés) para el Proyecto Cerro Quema en 2005 (KP, 2005). El SHA se basaba en métodos probabilistas y deterministas simplificados para proporcionar recomendaciones para las aceleraciones máximas del suelo (PGA por sus siglas en inglés) para el periodo de retorno de terremotos de 100 años y 500 años para las instalaciones de pila de lixiviación y roca estéril. Este trabajo describe en detalle en el Apéndice D.

Como se discute en la Sección 2.3, la República de Panamá se encuentra en un bloque rígido de corteza continental (Microplaca Panamá) al sur del Arco Volcánico de América Central. La Microplaca de Panamá sobreyace las placas tectónicas oceánicas de subducción Cocos y Caribe; un límite de falla de rumbo sinistral que se ha desarrollado entre la Microplaca Panamá y la placa Nazca Oceánico al sur. Estos movimientos relativos de las placas son principalmente acomodadas por la deformación dentro del Cinturón Deformado de Panamá Sur (SPDB por sus siglas en ingles). Unas fallas activas del



Cuaternario están presentes dentro de la corteza superior entre la SPDB y la Península Azuero donde se ubica el proyecto Cerro Quema.

La región al norte del Cinturón Deformado de Panamá Sur tiene una actividad sísmica histórica relativamente alta. Al menos 192 terremotos mayores de magnitud (M) 3.0 han ocurrido dentro de 150 km del sitio desde finales del siglo 17. Golder (2013) reconoció 12 fallas activas posibles del Cuaternario (<2.6 Ma) que se cartografiaron dentro de los 150 km del sitio de la mina, y tres de ellas se encuentran dentro de los 40 km.

El sitio del Proyecto Cerro Quema se ubica a unos 18 km al noreste de la falla Azuero-Sona, dentro de un cinturón de rocas volcánicas, volcanoclásticas y calizas con dirección este-oeste, unos 15 km de largo por 2 km de ancho (Corral, et al., 2011.). La cartografía geológica en detalle del área con licencia del Cerro Quema, realizado por el equipo geológico de Pershimco, identificó que la falla del Río Joaquín de Corral et al., (2013) se localiza dentro del sitio de la mina. Donde es cartografiada, la falla del Río Joaquín separa las rocas volcanoclásticas y dacitas y las rocas andesíticas de flujo de la Unidad Superior de la Formación Cerro Quema de Corral et al., (2011).

La cartografía geológica adicional de los geólogos de Golder y Pershimco confirmó que la falla del Río Joaquín se encuentra dentro de la huella del sitio de la HLF Maricela. La falla ocurre como ambas una zona acanalada de 3 a 5 m de ancho y algunas zonas de aplaste de  $\frac{1}{2}$  a 1 m de ancho dentro de las rocas volcanoclásticas de la Formación Cerro Quema. Sin embargo, el análisis geológico indica que la falla del Río Quema probablemente se desarrolló antes del Periodo Paleógeno (66 a 23 Ma) porque la Formación Tonasi suprayacente (40 a 15 Ma) aparece no estar deformada por la falla Río Joaquín y plegamiento relacionado (Corral et al., 2011). Por lo tanto, Golder considera que la falla del Río Joaquín no presenta un peligro de ruptura de superficie de la falla o no se presenta como una fuente de terremotos grandes en el sitio de la HLF Maricela.

Un análisis determinista de riesgos sísmicos indica que las Fallas Sin Nombre (Pa-11b) y la zona de la falla Azuero-Soná (PA-11a) son las fuentes de fallas activas asignadas más significativas porque se desarrollan los valores PGA más grandes en el sitio Cerro Quema. Los valores PGA se basan en un terremoto de M 6.9 y M 7.5 respectivamente. Usando la media geométrica de cuatro relaciones de atenuación ponderados igualmente, el valor PGA media para el afloramiento de roca y suelos muy densos ( $V_s$ , 30 = 760 m/s) en el sitio son 0.24 g y 0.20 g, respectivamente.

Una aceleración máxima del suelo horizontal con un 10 por ciento de probabilidad de excedencia en 50 años (periodo de retorno de 475 años) fue seleccionado para el análisis sísmico inicial y el diseño de la HLF Maricela e instalaciones del WRD Chontal superior. La aplicación de un valor PGA para un periodo de retorno de 475 años es consistente con las prácticas actuales de la industria para el análisis



sísmico y las instalaciones del patio de lixiviación. Como es discutido en el Apéndice D, el análisis probabilístico inicial para el sitio indica un valor PGA de 0.24 g y 0.48 g para los periodos de retorno de 475 y 2,475 años, respectivamente. Se utilizó un valor PGA de 0.24 g para el análisis de estabilidad para la HLF Maricela y el WRD Chontal superior como es discutido en la Sección 5.0. Un análisis probabilístico de riesgo sísmico específico del sitio se prepara actualmente para refinar mejor los valores PGA de 475 y 2,475 años en los sitios de la HLF Maricela y el WRD Chontal superior. Una vez completada, estos valores serán utilizados para confirmar o ajustar los resultados del análisis de estabilidad y los diseños iniciales.



### 3.0 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DEL PATIO DE LIXIVIACIÓN

#### 3.1 Resumen

Inicialmente, se identificaron algunos sitios potenciales para la HLF del proyecto Cerro Quema. Después de una exploración de los sitios potenciales, una revisión de los datos geotécnicos existentes, una investigación subsuperficial poca profunda de uno de los sitios e ingeniería conceptual, el sitio propuesto para la HLF Maricela se identificó como el sitio preferido para acomodar el volumen esperado del mineral. Los criterios de diseño utilizados en el proceso de selección incluyeron:

- Capacidad para proporcionar capacidad suficiente para el mineral identificado en el modelo actual de la mina
- Proximidad a los depósitos de mineral
- Terreno adecuado para apilamiento y operación
- Estabilidad geotécnica
- Una cuenca pequeña gradiente arriba
- Visibilidad del sitio y aspectos de aceptación social

El diseño de la HLF Maricela es conforme a las pautas del Código Internacional del Manejo de Cianuro para la contención ambiental y cumple con o excede los estándares y prácticas norteamericanas para sistemas de recubrimiento, sistemas de tubería y estanques de proceso, con el propósito de disminuir los riesgos ambientales de las instalaciones a impactar a los suelos locales, aguas superficiales, y agua subterránea en y a los alrededores del sitio.

La HLF Maricela tiene un área total de disturbio de 439,000 metros cuadrados y ha sido medido usando una densidad promedio de mineral apilado de 1.5 toneladas por metro cúbico ( $t/m^3$ ) y una altura máxima de la pila de 75 m para proporcionar una capacidad total de mineral de 20 millones de toneladas. El mineral estará apilado por medio de una transportadora a una tasa de 10,000 toneladas por día (tpd). El mineral será triturado y colocado al patio de lixiviación usando transportadoras portátiles que alimenten el transportador-apiladora. El mineral estará apilado en cargas de aproximadamente 8 metros, con bancos proporcionados entre la cargas para crear un talud promedio total de mineral de 2.5H:1V (horizontal a vertical), lo que proporciona estabilidad operacional y post-cierre por la pila, y minimizar la nivelación durante la recuperación.

Una lista completa de los criterios de diseño se presenta en la Base de Diseño en el Apéndice A.

#### 3.2 Desarrollo y Resumen de Cronograma de la HLF

La HLF Maricela se construirá en dos fases que proporcionan un área de superficie forrada con geomembrana para el patio de lixiviación de aproximadamente 310,000 metros cuadrados. La Fase 1 consta de la construcción de la parte sur del patio de lixiviación, camino de acceso perimetral, sistema de



desagüe subterráneo, sistema de recubrimiento de geomembrana para el patio, sistema de colección de solución, instalaciones de desvío permanente y temporal de aguas pluviales, y los estanques de proceso forrados con geomembrana. La Fase 2 consta de la construcción de la porción norte del patio de lixiviación, sistema de subdrén, sistema de recubrimiento de geomembrana para el patio, y sistema de colección de solución.

Se planea que la HLF se desarrollará usando el siguiente cronograma:

- Construcción de la Fase 1 se iniciará durante el segundo trimestre del 2016 durante la temporada seca, concurrente con el desarrollo del tajo La Pava y las instalaciones de proceso
- Apilamiento de la Fase 1 se comenzará a principios del cuarto trimestre del 2016
- La Planta ADR empezará en la mitad del cuarto trimestre del 2016 cuando la lixiviación comenzará
- Construcción de la Fase 2 se iniciará el principio del segundo trimestre del 2017 durante la temporada seca

### 3.3 Subdrenes

Para recoger y transportar agua potencial de manantial que se desarrolla por debajo de la HLF Maricela, los drenajes existentes, como descritos en la Sección 2.2, serán preparados para la excavación de suelos sueltos e inestables y relleno con grava gruesa y durable de drenaje-libre colocado como un drenaje alrededor de una tubería de polietileno corrugado perforado (CPE por sus siglas en inglés) de 250 mm, como se muestra en el Plano HC4. Los manantiales ubicados en las laderas gradiente arriba de los drenajes existentes, dentro de la cimentación de la HLF, serán instalados con drenes similares y fluirán por gravedad a los subdrenes principales. Los subdrenes serán separados hidráulicamente desde el mineral apilado y la solución por una capa de suelo arcilloso de baja permeabilidad de 300 mm de espesor debajo de un recubrimiento de geomembrana de alta densidad de polietileno (HDPE por sus siglas en inglés) de 2.0 mm de espesor.

### 3.4 Nivelación y Diseño del Sistema de Recubrimiento para el Patio de Lixiviación

El sitio de la HLF Maricela será preparado para construcción primero para limpiar, arrancar, y despojar la vegetación a una profundidad promedio de aproximadamente 0.4 metros.

Se requerirá la nivelación de los taludes del patio de lixiviación para satisfacer criterios mínimos establecidos por el factor-de-seguridad y para promover el flujo de solución por gravedad positiva en el sistema de colección de solución sobre el recubrimiento del patio de lixiviación. En general, este constará de un corte localizado y la colocación de relleno a lo largo de la punta sur del patio para lograr un grado de diseño máxima de un 2 por ciento. La nivelación también incluirá una formación general del sitio del patio lixiviación para proporcionar una superficie lisa y plana con pendientes locales que no sean



más inclinadas que de 2H:1V en preparación para la colocación del recubrimiento. Las pendientes orientadas hacia la punta sur de la HLF serán niveladas para no estar más inclinadas que de 3H:1V para la estabilidad geotécnica.

Debido a la topografía naturalmente inclinada que oscila entre un 8 por ciento y un 80 por ciento, se requerirá una nivelación significativa dentro del patio de lixiviación y el camino de acceso perimetral para proporcionar condiciones adecuadas para la colocación del recubrimiento de geomembrana y la capa subyacente de suelo arcilloso. Los materiales in-situ excavados durante la formación general del patio de lixiviación pueden ser utilizados como relleno estructural en áreas donde se requiera relleno. El camino de acceso perimetral que rodea la HLF es generalmente ubicado en áreas de corte para reducir los rellenos tipo astilla.

El material excavado de las áreas de corte, o material adecuado de desechos de la mina que cumpla con los requisitos gradacionales de relleno estructural, también se puede utilizar para construir la plataforma de estanque/proceso, para llenar los drenajes profundos, y para construir el relleno de la punta sur de la HLF.

El sistema de recubrimiento para el patio, como se muestra en el Plano HC1, constará de:

- Un subrasante compactado
- Un suelo de grano fino con un mínimo de 300 mm de espesor (suelo arcilloso), que puede ser compactado in-situ o de las fuentes de préstamo identificadas, humectado y compactado para proporcionar una permeabilidad de  $1 \times 10^{-6}$  cm/seg o menos.
- Un sistema de detección de fugas que consta de tuberías de polietileno corrugado perforado (CPE por sus siglas en inglés) de 100 mm rodeada por grava de drenaje libre abajo el revestimiento de geomembrana y las tuberías principales de colección de solución a lo largo de la punta sur de la HLF
- Un solo revestimiento de geomembrana HDPE, de 2 mm (80 mil), texturizado por ambos lados
- Material de grava dren de soluciones que sea limpio, triturado, de drenaje libre, y con un mínimo de 700 mm de espesor, colocado en una sola capa no compactada sobre el recubrimiento de geomembrana en el área de la punta y a lo largo del fondo de los drenajes para proteger el recubrimiento y promover drenaje. El material de grava dren de soluciones tendrá una permeabilidad más rápida que de  $1 \times 10^{-2}$  cm/seg

### 3.5 Diseño del Sistema de Colección de Solución por Gravedad

Esta sección proporciona una discusión detallada respecto al diseño de las celdas de colección de solución, sistema de colección de solución por gravedad, y el sistema de entrega para la solución por gravedad para la HLF Maricela incluso al diseño/enrutamiento de tubería, capacidad de tubería, y deflexiones de tubería. Los cálculos del diseño de tubería se presentan en el Apéndice E.





### 3.5.1 Celdas de Colección de Solución Interna

El patio de lixiviación se dividirá en 5 celdas usando bermas forradas con áreas de las celdas de entre 48,000 m<sup>2</sup> y 74,000 m<sup>2</sup> como se muestra en el Plano HC3. Las tuberías de colección de solución pasarán a través y sellarán las presas de bolsas de arena forradas con geomembrana para crear una separación hidráulica entre las celdas. Con base en una tasa de aplicación máxima de solución de 12 l/h/m<sup>2</sup> y una tasa de flujo máxima de soluciones combinadas de 700 l/hr, aproximadamente 58,300 m<sup>2</sup> del patio de lixiviación estará bajo lixiviación en cualquier momento, que es menor a cualquier área de celda individual. Por lo tanto, la tasa de flujo máximo que se puede esperar entregar cualquier celda no es mayor que la tasa de flujo máxima de aplicación de solución de 700 l/h.

### 3.5.2 Sistema de Colección de Solución

El sistema de colección de solución consiste en una red de tuberías perforadas de colección de solución que se instalarán en cada celda de la HLF, como se muestra en el Plano HC3. Se colocará la tubería de colección de solución sobre el recubrimiento de geomembrana como se muestra en el Plano HC5. En las áreas del patio con pendientes más planas que un 20 por ciento (principalmente en el relleno de la punta de la porción sur del patio de lixiviación), las tuberías de colección de solución serán tapadas con material de cubierta de grava dren de solución de drenaje libre, que proporciona un espesor mínimo de 700 mm por encima de las tuberías de colección. Además, el material de grava dren se utilizará como material de balasto para cubrir las tuberías de salida de la celda en áreas del patio con pendientes más planas que del 20 por ciento. En las áreas del patio con pendientes más pronunciadas del 20 por ciento, se cubrirán las tuberías de colección de solución con la primera capa de mineral triturado.

Las tuberías de colección de solución varían en tamaño de 100 mm (terciario) a 600 mm (primario) con tuberías más pequeñas alimentando a las tuberías cada vez más grandes. Las tuberías más pequeñas son perforadas corrugadas de polietileno (CPE) y las tuberías más grandes son perforadas HDPE con un espesor de pared que varía de entre DR11 y DR17. Antes de salir de cada celda, la tubería primaria de colección de solución se cambia a una tubería no perforada para el transporte al estanque de solución rica. El arreglo general y los detalles del sistema de colección de solución se muestran en los Planos HC5 a HC7.

#### 3.5.2.1 Capacidad de Tuberías de Solución

El sistema de colección de solución ha sido diseñado para minimizar la cabeza hidráulica en el sistema de recubrimiento. Como se discute anteriormente, las tuberías serán tapadas con un material de grava dren que permite el drenaje libre en pendientes más planas que de un 20 por ciento, y con el mineral triturado en pendientes más pronunciadas del 20 por ciento. Para simplificar el diseño del sistema de tuberías terciarias, se utilizó el siguiente espaciamiento:

- 5 metros de espaciamiento para pendientes más planas que del 20 por ciento



- 3 metros de espaciamiento para pendientes más pronunciadas que del 20 por ciento

El espaciamiento entre las tuberías de colección terciarias ha sido diseñado para tener en cuenta el área máxima bajo lixiviación que cada tubería será requerida para drenar utilizando la tasa máxima posible del sistema de aplicación de solución de 12 l/h/m<sup>2</sup> y limitar la cabeza hidráulica en el sistema de recubrimiento para un máximo de 0.7 metros (promedio de 0.3 metros entre tuberías de colección). Bajo condiciones normales de operación, la tasa de aplicación nominal será limitada a 10 l/hr/m<sup>2</sup>. La tabla a continuación presenta la capacidad del diseño de tuberías terciarias:

**Tabla 6: Capacidad de Tuberías Terciarias de Colección de Solución**

Criterios de Diseño de las Tuberías Terciarias de Colección de Solución				
Rango de la Pendiente	Diseño de la Pendiente	Capacidad Máxima (m <sup>3</sup> /hr)	Capacidad de Diseño (m <sup>3</sup> /hr)	Longitud Máxima de la Tubería (m)
1% a 20%	1%	22	11	180
20% a 50%	20%	100	50	1,390

Las tuberías de colección CPE perforadas secundarias reciben flujo de las tuberías terciarias y aumentan de diámetro como avancen aguas abajo a las tuberías de colección primaria en cada celda. Las tuberías de colección secundaria son tuberías perforadas de CPE que son diseñadas conservadoramente asumiendo que aproximadamente la mitad del flujo total (para tomar en cuenta el escalamiento y la deformación) en la pendiente mínima de cada tramo de tubería.

Las tuberías primarias HDPE de colección reciben flujo de las tuberías terciarias y secundarias. Las tuberías de colección primaria son perforadas HDPE, varían en diámetro de 250 mm a 600 mm y han sido medidas para flujo usando el coeficiente de Manning de rugosidad de  $n$  de 0.017, que es un valor conservador que toma en cuenta la escala dentro de las tuberías. El espesor relativo de las paredes de las tuberías de colección de solución primaria varía entre un DR11 y DR17 dentro de la instalación basada en el estrés de sobrecarga aplicado a la tubería por el material del mineral encima, como se explica a continuación en la sección 3.5.2.2. Las tuberías primarias de colección de solución están diseñadas resistir el pandeo de pared y deformación, así que no se aplica ningún factor de seguridad para la capacidad del flujo.

Las tuberías perforadas primarias de colección hacen una transición a tuberías de salida de celdas no perforadas de HDPE 600 mm inmediatamente antes de penetrar a través de cada una de las celdas forradas con geomembrana secundarias de las celdas de separación de la berma. La tubería de pared sólida transmite la solución rica al canal de salida al sur de la Celda 1 y finalmente al estanque de solución rica, como se muestra en el Plano HC3. Las tuberías de salida de la celda están diseñadas



para transmitir una tasa de flujo de aplicación de solución máxima de 700 m<sup>3</sup>/h con una pendiente mínima de diseño del uno por ciento.

Debido a que el sistema de colección de la solución es crítico para ambos el rendimiento del sistema de recubrimiento y la recuperación de recursos, la red de tuberías ha sido diseñada conservadoramente para promover el rendimiento a largo plazo. Las características del diseño conservador incluyen lo siguiente:

- Una permeabilidad más rápida que de  $1 \times 10^{-2}$  cm/seg para el material de grava dren
- Una permeabilidad más rápida que de  $5 \times 10^{-3}$  cm/seg para el mineral triturado en contacto con las tuberías de colección
- Un tamaño de tubería para transmitir el flujo de diseño al 50 por ciento de la capacidad de las tuberías para tuberías de colección secundaria y terciaria para tener en cuenta la deformación de la tubería
- Un factor de seguridad de 2 contra el pandeo de pared para todas las tuberías primarias, como se discute en la sección siguiente

El diseño hidráulico completo del sistema de tubería de solución se presenta en detalle en el Apéndice E.

### 3.5.2.2 Deflexión de tubería de solución y pandeo de pared

Las tuberías de CPE y HDPE utilizadas para el sistema de colección de solución han sido diseñadas con una filosofía de tubería flexible. Las tuberías flexibles resisten daños durante la carga por medio de distorsionarse suficientemente para transferir cargas de sobrecarga a los materiales de apoyo alrededores (material de grava dren). Como parte del diseño, Golder evaluó la integridad estructural del sistema de tubería de colección de solución por gravedad por encima de recubrimiento y reducción resultante en la capacidad de flujo debido a la deflexión de tubería teniendo en cuenta la presión vertical ejercida por la altura máxima de pila de mineral de 75 metros.

Las tuberías de colección secundaria y terciaria de CPE han sido diseñadas para transmitir el caudal máximo de aplicación en cada tubo (12 l/h/m<sup>2</sup>) en aproximadamente al 50 por ciento lleno. La capacidad extra incorporada en el sistema permite la deformación de la tubería debido a la carga en la pila, así como para proporcionar capacidad adicional en caso de tormenta durante el período temprano crítico de la operación después de que el sistema de colección de solución ha sido construido y antes de apilar las cargas iniciales del mineral.

Las tuberías primarias de colección de solución consisten de tuberías de HDPE con calificaciones de DR variantes para resistir el pandeo de pared y deflexión de tubería causada por el esfuerzo de sobrecarga del material del mineral suprayacente. Debido a que los esfuerzos de sobrecarga varían, la calificación DR varía de entre un DR11 y DR17 y depende de la altura del material del mineral sobre la tubería. Basado en las recomendaciones del fabricante, un factor de seguridad de 2.0 sobre el pandeo de pared



fue utilizado en el diseño. En las áreas donde la altura del mineral se anticipa ser de más de 40 metros, las tuberías de colección primarias tienen una calificación de DR11. Donde las alturas sean de menos de 40 metros, tienen una calificación de DR17. El pandeo de pared de tubería se discuten con más detalle en el Apéndice E.

Se estima que las tuberías primarias de colección experimentarán una deflexión de entre un 3 y 6 por ciento debido al esfuerzo de sobrecarga para la altura máxima de pila son de 75 metros. La deflexión de la tubería se basa en el esfuerzo de sobrecarga, el diámetro de la tubería y la calificación de DR. Este rango de deformaciones es tolerable y no debe reducir la capacidad de flujo en la tubería, como se describe en el Apéndice E.

### 3.6 Balance de Agua

Golder preparó un modelo de balance de agua determinado basado en una hoja de cálculos para aproximar la circulación de las soluciones dentro de la pila, los estanques, y la instalación de proceso, tanto como el modelo de introducción de precipitación y evaporación en función del tiempo. El modelo de balance de agua incorpora los datos recogidos de PRO, las propiedades de diseño desarrollados por KCA y Golder, y las suposiciones de ingeniería, que se detallan en el Apéndice A. Los resultados del modelo de balance de agua predicen el agua de reemplazo, los flujos requeridos el tratamiento de agua, los caudales de evaporación realzada, y las capacidades mínimas de los estanques que se requieren para contener todas las soluciones de proceso durante condiciones climáticas de un año típico, seco, y húmedo. El balance completo de agua se presenta en un memorándum técnico incluido como el Apéndice H.

#### 3.6.1 General

El objetivo principal del balance de agua fue asignar valores a los siguientes requisitos del proyecto:

- Volumen de almacenamiento de estanque
- Volumen de agua de reemplazo
- Caudales de tratamiento de agua

Para tratar estos requisitos, el balance de agua tomo en cuenta las entradas de agua como la lluvia y solución de lixiviación (incluyendo agua de reemplazo) así como las salidas como la evaporación y pérdida consuntiva debido a la humectación del mineral.

Lo siguiente es un resumen de los factores que se obtuvieron de los criterios de diseño en el Apéndice A y utilizados en nuestro análisis:

- Se aplicará la solución a la pila usando irrigadores y emisores de goteo – se usarán los emisores de goteo durante las condiciones secas del año
- La HLF almacenará 20 millones de toneladas de mineral triturado y aglomerado



- La tasa nominal de aplicación de solución de lixiviación es 10 l/hr/m<sup>2</sup> y el promedio del caudal de solución primaria de irrigación usado en el modelo de balance de agua es 583 m<sup>3</sup>/hr – se utilizó el caudal máximo de solución primaria de irrigación de 700 m<sup>3</sup> para calcular el volumen de drenaje de 24 horas
- El promedio de contenido de húmedo del mineral como sale de la mina es de un 5.8 por ciento por peso seco
- La retención específica del mineral es el 8.9 por ciento por peso seco
- El tanque estéril contiene el 525 m<sup>3</sup> de almacenamiento de solución

Se utilizaron los siguientes factores claves en el desarrollo del balance de agua. Una lista completa de las suposiciones y factores claves se presentan en el Apéndice F.

- La capacidad de la Fase 1 de la HLF será de unos 4 millones de toneladas de mineral
- Las áreas de la HLF que son forradas con geomembrana como indica la Tabla 7
- El mineral se apila en el patio a una tasa de 10,000 tpd (toneladas por día)
- El mineral se apila y se lixivia en el patio de lixiviación los 365 días el año
- La profundidad mínima de operación del estanque de solución rica es de 3 metros (solución rica corresponde a un volumen de almacenamiento de 10,000 m<sup>3</sup>)
- El estanque de solución rica y del evento tendrán un volumen de almacenamiento combinado adecuado debajo del margen libre (0.5 m abajo de la cresta) para contener la suma de lo siguiente durante condiciones climáticas anuales típicas:
  - Un evento de tormenta de 25 años, 24 horas de 148 mm cayendo sobre los patios forrados y los estanques (eventos de tormentas proporcionados en el criterio de diseño)
  - Un volumen operacional igual al drenaje de 24 horas del patio de lixiviación para permitir la operación de la planta por 24 horas en el evento de que haya un cese temporal en las actividades de lixiviación
  - El 110 por ciento del volumen total de tanque estéril (aproximadamente 600 m<sup>3</sup>)
  - Un drenaje de 24 horas del patio de lixiviación debido a un evento tal como la pérdida de electricidad - se asumió que Pershimco tendrá generadores de reserva de emergencia y bombas para reanudar el bombeo a una tasa de flujo total dentro de 24 horas.
- Acumulación máxima de flujo para prevenir el tratamiento de agua durante condiciones climáticas en un año promedio
  - Se presentan precipitaciones extremas y promedios y las tasas de evaporación de bandeja en el Apéndice F, que trata del agua.
- Se usaran emisores de goteo para aplicar la solución de lixiviación, y no se usaran irrigadores flotantes de evaporación durante condiciones climáticas promedios que están más seco de lo normal, para reducir la pérdida excesiva debido a la evaporación realizada.
- Se usarán irrigadores tipo “Wobbler” para aplicar la solución de lixiviación durante condiciones climáticas promedios que estén más mojadas de lo normal. Se usarán irrigadores flotantes de evaporación para evaporar los flujos excesivos en los estanques para la temporada de lluvias y la temporada seca para que la planta de tratamiento de agua no requiera su uso durante condiciones climáticas promedio del año.

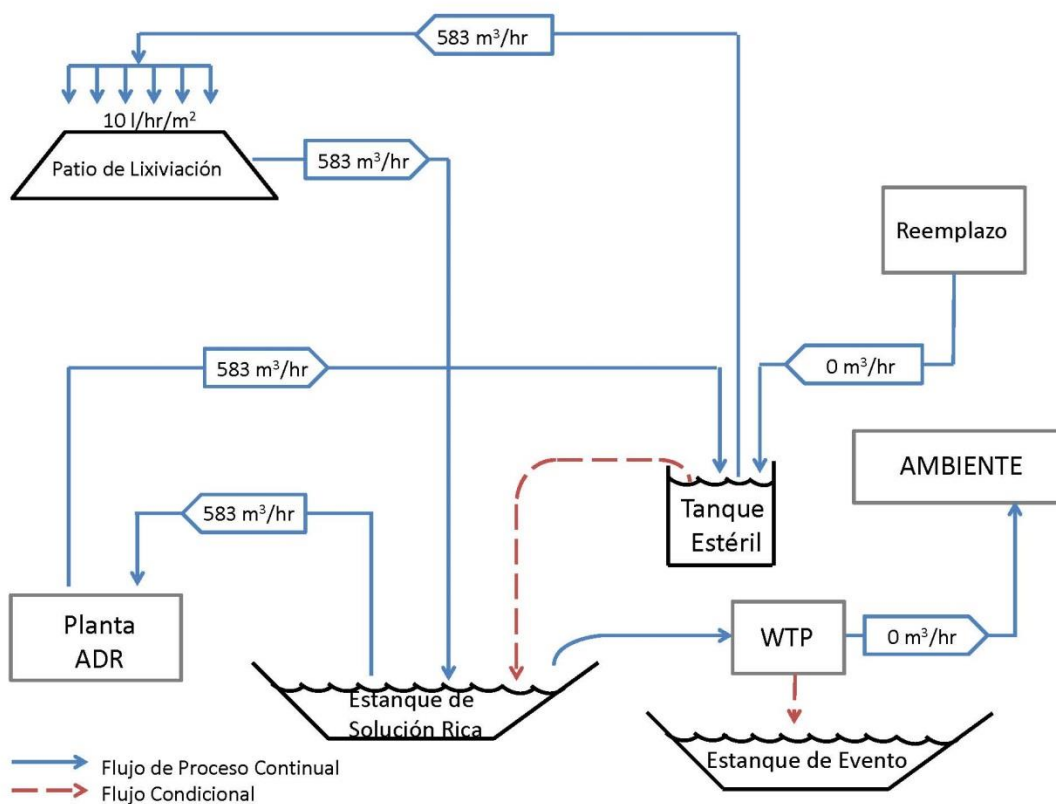


- La pérdida máxima modelada para toda la evaporación realizada es de 25 m<sup>3</sup>/hr, con base en discusiones con KCA.

**Tabla 7: Resumen del Área de Recubrimiento**

Descripción	Áreas de la Fase 1 (m <sup>2</sup> )	Áreas de la Fase 2 (m <sup>2</sup> )
Patio forrado	165,000	302,000
Recubrimiento expuesto	4,000	8,000
Estanques forrados	35,300	35,300
<b>Total</b>	<b>204,300</b>	<b>345,300</b>

La HLF Maricela y las instalaciones de proceso están diseñadas para una nula descarga ya sea de agua de superficie o agua subterránea en condiciones climáticas de un año promedio. El circuito del proceso de la HLF se muestra esquemáticamente en la siguiente figura:

**Figura 2: Diagrama de Flujo de Proceso en Condiciones de un Año Promedio**



### 3.6.2 Evaporación realizada

Debido a la ubicación del sitio en un clima con precipitación neta con aproximadamente 1,850 mm de precipitación por año y menos de 1,000 mm de evaporación de bandeja cada año, habrá un exceso de fluidos producidos por la HLF durante su operación. Se usaran irrigadores evaporativos realizadas para limitar la cantidad de exceso de fluidos producidos por la pila.

Las técnicas de evaporación realizadas serán utilizadas durante la temporada de lluvias para reducir el exceso de agua en el estanque de evento. Los rociadores evaporativos flotantes colocados dentro del estanque de evento y la irrigación de tipo “Wobbler” para la pila aumentarán la evaporación. Durante la operación de la Fase 1, solamente la irrigación de tipo “Wobbler” será requerida durante las condiciones climáticas de un año típico. Durante la Fase 2, la evaporación realizada variará durante todo el año variando en una tasa de evaporación máxima de 25 m<sup>3</sup>/hr durante la temporada de lluvias.

Las tasas de evaporación realizada varían con base en la temperatura promedio del mes, humedad, precipitación y presión barométrica. Con base en las condiciones climáticas, los rociadores evaporativos flotantes tienen una eficiencia de evaporación de un 30 por ciento. Golder conservativamente asignó una eficiencia de evaporación de diseño de menos de un 15 por ciento, aproximadamente un 50 por ciento de la eficiencia estimada por el fabricante.

### 3.6.3 Agua de reemplazo

El balance de agua de Golder estima que el volumen de agua de reemplazo que se requerirá para mantener un volumen mínimo de operación en el estanque de solución rica durante condiciones climáticas secas de 1 en 100 años. Durante condiciones climáticas típicas y de 1 en 100 años, no se requerirá agua de reemplazo. La tabla siguiente presenta los volúmenes de agua de reemplazo requeridos para condiciones secas de 1 en 100 años.

**Tabla 8: Volúmenes de Agua de Reemplazo Durante Condiciones Climáticas Secas de 1 en 100 Años**

Mes	Fase 1 (m <sup>3</sup> /hr)	Fase 2 (m <sup>3</sup> /hr)
Enero	34.2	0
Febrero	36.1	0
Marzo	38.7	0
Abril	30.3	1.7
Mayo	0.4	0
Junio	0	0
Julio	0	0
Agosto	0	0
Septiembre	0	0
Octubre	0	0
Noviembre	0	0
Diciembre	0	0



### 3.6.4 Tratamiento de Agua

Durante los años que se reciba más precipitación de lo promedio, el exceso de agua almacenada en los estanques de proceso puede requerir el tratamiento y descarga al ambiente natural. Además, después de que el apilamiento sea completado y durante el enjuague de la pila, el tratamiento de agua será necesario hasta que se cumplan con los objetivos de calidad del agua. Para lograr esto, KCA determinó que el agua de exceso será quitada del estanque del evento y procesada por una planta de tratamiento de agua (o planta de detoxificación) para destruir el cianuro contenido. Así, la solución de detoxificación será descargada a la Quebrada Maricela. El método escogido para la destrucción de cianuro es el proceso Aire/SO<sub>2</sub>. Este proceso mezcla dióxido de sodio (SO<sub>2</sub>) con oxígeno del ambiente para destruir el cianuro. El agua detoxificado se desbordará vía una tubería de gravedad a la Quebrada Maricela.

El agua de exceso que requiera detoxificación es generalmente almacenada en el estanque de evento por periodos de tiempo largos antes de su detoxificación. La exposición al sol a largo plazo y la degradación resultante de cianuro por luz ultravioleta natural, en particular en las profundidades superiores del estanque proporcionan la mayoría de la detoxificación. A menudo el paso del proceso de Aire/SO<sub>2</sub> en este caso constituye más de un paso “pulido” en la detoxificación.

La planta de tratamiento de agua planeada para el Proyecto Cerro Quema será capaz de tratar hasta 300 m<sup>3</sup>/hr. Se espera que la planta de tratamiento de agua será usada durante condiciones extremas de tiempos de lluvias y no se requiera durante condiciones climáticas promedios de un año mientras activamente se esté minando y apilando el mineral. Para estimar las tasas de la planta de tratamiento de agua que pueden ser requeridas durante condiciones extremas de tiempos de lluvia, se usaron las tasas de precipitación de 1 en 100 años y tasa de evaporación de bandeja por un año promedio en el modelo usando caudales de evaporación realizada por un año promedio. La planta de tratamiento de agua se calcula como la diferencia entre de volumen del estanque en un año húmedo menos el volumen del estanque en año típico, lo que resulta en un volumen del estanque del año húmedo idéntico a los volúmenes producidos por condiciones climáticas en el año típico. Se presentan los resultados de estos análisis en la tabla siguiente:



**Tabla 9: Caudales de la Planta de Tratamiento de Agua – Condiciones Climáticas Húmedas de 1 en 100 Años**

Mes	Caudales de la Planta de Tratamiento de Agua (m <sup>3</sup> /hr) <sup>1</sup>	
	Operaciones de Fase 1	Operaciones de Fase 2
Enero	0.0	20.2
Febrero	0.0	11.8
Marzo	0.0	8.4
Abril	0.0	4.5
Mayo	0.0	10.2
Junio	29.6	35.6
Julio	30.7	40.8
Agosto	28.8	42.9
Septiembre	35.0	50.0
Octubre	35.8	50.9
Noviembre	41.0	59.0
Diciembre	31.2	47.1

Nota: <sup>1</sup> Los caudales del tratamiento de agua presentados son durante el tiempo de la minería y apilamiento activo únicamente y no se toma en cuenta el enjuague de la pila después del apilamiento.

### 3.7 Estanques de Proceso de Solución

El lixiviado colectado en el sistema de colección de solución se entrega por medio de gravedad al estanque de solución rica por procesamiento a través de la planta de ADR. Durante condiciones adversas, como eventos de tormentas y cortes de luz, se anticipa que se excederá la capacidad de almacenamiento del estanque de solución rica y se desbordará al estanque del evento. Los estanques de solución rica y evento están ubicados inmediatamente al sur de la Celda 1, como se muestra en el Plano HP1. Se desarrollará la plataforma para el estanque de proceso por corte y relleno localizado de suelos nativos dentro del área de la plataforma de proceso y las áreas de relleno de la punta de la Celda 1. La plataforma de proceso incluye las siguientes instalaciones:

- Planta ADR
- Tanque estéril
- Estanques de solución rica y evento
- Bombas y tubería
- Los rociadores evaporativos flotantes de emisor
- Almacenamiento de reactivos
- Planta de tratamiento de agua
- Instalaciones administrativas

Una vista en plano que muestra la ubicación y configuración de los estanques se presenta en el Plano HP1.



### 3.7.1 Sistema de Recubrimiento para los Estanques de Solución Rica y de Evento

Los estanques de solución rica y de evento tendrán cada uno un sistema independiente de doble contención de recubrimiento de geomembrana y un sistema de detección de fugas. El sistema de recubrimiento para los estanques, como se muestra en el Plano HP3, consistirá en:

- Un subrasante compactado
- Suelo de grano fino con un mínimo de 300 mm de espesor (suelo arcilloso), ya sea compactado en su lugar o de fuentes de préstamo identificados
- Un solo recubrimiento secundario de geomembrana HDPE de 1.5 mm (60-mil), texturado por ambos lados
- Un cárcamo de detección de fugas que es de 1 metro de profundidad por 2 metros cuadrados con un tubo HDPE ascendente de 250 mm en diámetro que se extienda por la pendiente lateral del estanque – el cárcamo de detección de fugas está lleno de grava limpia y drenaje libre
- Un recubrimiento HDPE de geored sobre la geomembrana secundaria
- Un solo recubrimiento HDPE de geomembrana primario de 2 mm (80-mil) con textura por un lado, con el lado texturizado hacia arriba

Cada estanque ha sido diseñado con sistemas de contención doble y detección de fugas (como se describen en la Sección 0). La contención doble de los estanques se proporciona para negar requisitos del tiempo permisible máximo de encharcamiento/almacenamiento.

### 3.7.2 Descripciones de los Estanques

Las soluciones y aguas pluviales que entran de la HLF se entregan inicialmente al estanque de solución rica. Durante las condiciones cuando el volumen de solución dentro del estanque de solución rica sea demasiado, la solución se desborda vía un vertedor de cresta amplia, forado con geomembrana, al estanque de evento. Del mismo modo, los desbordes debido a condiciones adversas de la planta ADR, tanque estéril, y planta de tratamiento de agua rebosen vía vertedores forrados con geomembrana o tuberías a los estanques de proceso.

La elevación de la cresta para ambos, el estanque de solución rica y de evento son iguales; por lo tanto, ambos estanques se combinan para proporcionar un almacenamiento de margen libre encima del vertedor del estanque de solución rica y el vertedor de emergencia del estanque de evento. Los volúmenes de almacenamiento requeridos y disponibles para cada estanque se discuten en más detalle en la Sección 3.7.3.

#### 3.7.2.1 Estanque de Solución Rica

El estanque de solución rica es de forma trapecial y orientado en una dirección noroeste-sureste. Las dimensiones más largas del estanque miden aproximadamente 120 metros de ancho por 40 metros de largo en su cresta y tiene 12 metros de profundidad con pendientes laterales de 2H:1V. El estanque de solución rica tiene un vertedor que descarga al estanque de eventos que es un metro debajo de la cresta



del estanque. El fondo del estanque se inclina hacia un cárcamo al rincón noroeste para la evacuación de flujos y detección de fugas. El canal de colección de solución entra al estanque al rincón noreste, un metro debajo de la cresta del estanque. Se muestra el arreglo general del estanque de solución rica en el Plano HP1.

El estanque de solución rica acepta flujos de algunas fuentes de entrada y tiene dos opciones de salida. La solución está diseñada entrar al estanque por el canal de colección de solución, la tubería de rebose del tanque estéril, la tubería de rebose de la planta ADR y de la sistema de retrobombeo del estanque de evento. El estanque de solución rica ha sido diseñado con un sistema de retrobombeo que bombea la solución a los tanques de solución rica y solución estéril. Si el volumen de solución dentro del estanque de solución rica alcanza el rebose del vertedor, la solución fluirá al estanque de evento.

#### 3.7.2.2 Estanque de Evento

El estanque de evento se ubica al sur del estanque de solución rica y es de forma trapecial y orientado en una dirección noreste-suroeste. Las dimensiones más largas del estanque de evento miden aproximadamente 140 metros de ancho por 214 metros de largo en su cresta y el estanque tiene una profundidad de 20 metros con pendientes laterales de 2H:1V. El rebose del vertedor del estanque de solución rica se ubica a lo largo del borde del estanque. El fondo del estanque se inclina hacia un cárcamo al rincón noroeste por la evacuación de fluidos y detección de fugas. Se muestra el arreglo general del estanque de evento en el Plano HP1.

El estanque de evento proporciona una capacidad adicional de almacenamiento para el estanque de solución rica. Se recoge la solución del estanque de solución rica por un rebose del vertedor y regresa la solución al estanque de solución rica por un sistema de retrobombeo ubicado en el cárcamo en el rincón noroeste. El sistema de tratamiento de agua se ubica a lo largo del borde sureste para tratar y soltar la solución como discutido en la Sección 0.

El estanque de evento incluye un vertedor de emergencia ubicado al borde sur para prevenir una falla catastrófica del terraplén del estanque de evento en el caso de que haya una tormenta extrema o condiciones adversas que vayan más allá de las condiciones de diseño.

#### **3.7.3 Requisitos de Capacidad de Flujo del Estanque**

La HLF está diseñada para proporcionar una nula descarga ya sea de agua de superficie o aguas superficiales durante condiciones climáticas promedios por un año como se discute en la Sección 3.6 mientras el mineral está siendo apilado en la pila. Los estanques de proceso de la HLF incluyen provisiones para acomodar los requisitos mínimos por volumen de almacenamiento de las condiciones adversas siguientes, debajo de 0.5 metros de borda libre para ambos estanques.

**Estanque de Solución Rica:**

- Un volumen de operación de 24 horas para mantener una producción de la Planta ADR a 700 m<sup>3</sup>/hr durante los eventos de poca entrada de flujo
- 110% de volumen total del tanque estéril

**Estanque de Evento:**

- 24 horas de drenaje del patio de lixiviación debido a condiciones adversas tales como la pérdida de electricidad
- Acumulación máxima de flujos en el estanque de evento durante una temporada de lluvias anual promedio para eliminar la descarga de agua tratada al drenaje natural

**Estanques de Solución Rica y de Evento Combinados al Vertedor de Emergencia en el Estanque de Evento**

- El evento de tormenta de diseño de 25 años de 148 mm que se cae al patio de lixiviación forrado y a los estanques

La tabla siguiente resume los requisitos de capacidad y almacenamiento disponible para los estanques de proceso. Una discusión en detalle de los requisitos de medición se presenta en el Apéndice F.

**Tabla 10: Volúmenes de Almacenamiento de los Estanques**

Estanque	Criterio	Volumen Requerido (m <sup>3</sup> )	Volumen Disponible (m <sup>3</sup> )
Solución rica	Al vertedero de rebose	34,200	40,100
Evento	Al vertedero de rebose del Estanque de Solución Rica	239,400	273,200
Combinado	Al vertedor de emergencia del Estanque de Emergencia	323,200	330,100

### 3.8 Sistemas de Detección de Fugas

La HLF Maricela ha sido diseñada para proporcionar contención usando los sistemas siguientes para cada componente de instalación:

- Patio de lixiviación y canal de salida – recubrimiento compuesto y sistemas de detección de fugas
- Piletas de proceso – recubrimiento compuesto dual y de detección de fugas sobre el recubrimiento secundario
- Tanque estéril, planta ADR, planta de tratamiento de agua - concreto sobre recubrimiento HDPE de geomembrana con detección de fugas sobre la geomembrana

#### 3.8.1 Detección y Colección de Fugas en el Patio de Lixiviación

El patio de lixiviación y sistema de revestimiento del canal de salida se componen de un recubrimiento de 80 mil HDPE geomembrana que cubre 300 mm de suelos arcillosos compactados de baja permeabilidad



con una permeabilidad más lenta que de  $1 \times 10^{-6}$  cm/seg). Hay un sistema de tuberías de detección de fugas ubicado entre el recubrimiento de geomembrana y la capa de suelo arcillosos en las áreas donde hayan flujos de solución concentrada sobre el recubrimiento compuesto, como se muestra en el Plano HC4. Las tuberías de salida de las celdas en el canal de salida proporcionan contención primaria de solución mientras que la sección de recubrimiento compuesto del canal de colección de solución proporciona contención secundaria. Cada célula de colección de solución contiene al menos una tubería de cloruro de polivinilo (PVC por sus siglas en inglés) Schedule 80 de 50 mm perforado para la detección de fugas debajo del recubrimiento de geomembrana directamente debajo de la tubería principal de la colección. La Celda 1 tendrá un total de dos tuberías de detección de fugas debido a la distribución de las tuberías primarias de colección. El sistema de detección de fugas para el patio de lixiviación se muestra en vista de plano en el Plano HL1.

Las tuberías de detección de fugas están rodeadas por y asentadas por grava de drenaje y un geotextil no tejido directamente debajo del recubrimiento de la geomembrana como se muestra en el Plano HL2. El sistema de detección de fugas permite el monitoreo y muestreo de flujos recogidos por dentro del sistema. La detección de fugas en cada celda está separada hidráulicamente para monitorear la solución convicta de esa celda. Como las tuberías de detección de fugas gradiente arriba pasan a las celdas gradiente abajo, la tubería PVC cambia de la pared perforada a la pared sólida y se coloca bentonita inmediatamente aguas abajo de la transición para evitar migración adicional.

A la salida de la Celda 1, adyacente al camino de acceso perimetral como se muestra en el Plano HL1, las tuberías de detección de fugas del patio de lixiviación entregan a su respectiva tubería ascendente vertical de pared sólida de 200 mm en diámetro. Cada tubería ascendente incluye un vertedor que reporta al regreso al canal de salida.

Una sola tubería PVC de detección de fugas de 50 mm en diámetro se ubica debajo del canal de salida de entre la salida de la Celda 1 y el estanque de solución rica. Una tubería ascendente vertical de pared sólida de 200 mm en diámetro se ubica a la cresta del estanque de solución rica. La tubería ascendente incluye un vertedero que reporta al regreso al canal de salida.

### **3.8.2 Detección de Fugas en los Estanques de Solución Rica y de Evento**

Los estanques de solución rica y de evento incorporan un recubrimiento de doble contención y sistemas de detección de fugas independientes entre cada otro, el patio de lixiviación, el canal de salida, y las losas de contención de las instalaciones de proceso. Se proporciona la contención doble por los recubrimientos de geomembrana HDPE primarios y secundarios como se describen en la Sección 3.4. Un geonet HDPE instalado entre los recubrimientos primarios y secundarios recoge el agua convicta que pasa por el recubrimiento primario. El fondo de cada estanque ha sido diseñado para drenar a un cárcamo de detección de fugas llena de grava de drenaje libre. Una tubería ascendente HDPE de



250 mm de diámetro pared sólida que se extiende por el talud lateral del estanque desde la base del cárcamo a la cresta del estanque que permite el acceso al cárcamo de detección de fugas donde la presencia de soluciones pueda ser comprobadas, muestreadas o evacuadas con una bomba sumergible de diámetro pequeño. Se muestran las ubicaciones de los cárcamos y las tuberías ascendentes en el Plano HP1.

### **3.8.3 Detección de Fugas de la Losa de Concreto de Contención**

Se proporcionan la contención secundaria y de detección de fugas para las losas de concreto reforzado y contención al tanque estéril, la planta ADR y la planta de tratamiento de agua. Se construirán las losas sobre 300 mm de grava dren colocado sobre una geomembrana HDPE de 1.5 mm (60 mm) como se muestra en el Plano HL2. La grava dren se drena a una tubería de colección de PVC perforado de 50 mm diámetro que yace en el material de grava dren sobre el recubrimiento de la geomembrana a lo largo del borde de la losa más cercana del respectivo estanque de solución para cada instalación. La tubería de colección se entrega a una tubería PVC de ascendente vertical de 200 mm diámetro como se muestra en el Plano HL1.

## **3.9 Sistema de Manejo de Aguas Pluviales**

La HLF Maricela requerirá canales de desvío de aguas pluviales a lo largo del camino de acceso perimetral norte para capturar escorrentía de las áreas de captación gradiente arriba de la HLF, como se muestra en el Plano HC1. Para capturar y llevar la escorrentía de los cortes de la superficie requerida para construir el camino de acceso perimetral de la HLF, se construirán unas zanjas pequeñas de desvío lo largo del borde el camino de acceso.

El canal de desvío norte está diseñado para llevar adecuadamente la escorrentía generada de un evento de tormenta de 25 años, 24 horas. El canal consistirá en un canal de forma “U” forrado con concreto como se muestra en el Plano HC4. El canal tendrá paredes verticales y un fondo plano forrados con concreto para el fácil mantenimiento y la remoción de sedimentos. El canal será de 1 metro de profundidad y de 1.5 metros de ancho y proporciona un mínimo de 15 centímetros del margen libre. El diseño hidráulico del canal de desvío norte se presenta en el Apéndice G. El canal fluye en una dirección del oeste hacia el este y suelta los flujos a la cabeza de un drenaje sin nombre al este de la Quebrada Maricela vía una estructura de salida.

Un canal más pequeño de forma “U” forrado con concreto estará ubicado a lo largo del borde exterior del camino de acceso perimetral de la HLF para capturar la afluencia de los cortes superficiales creados durante la construcción. Estos canales más pequeños tendrán paredes verticales y un fondo plano forrados con concreto que miden 1 metro de profundidad y 1 metro de ancho, y proporcionan un mínimo de 15 centímetros del margen libre durante el evento de tormenta de 25 años y 24 horas. Estos canales soltarán el flujo vía una estructura de salida que está colocado donde se requiera para descarga. Los



puntos de descarga están ubicados donde el camino perimetral cambia de taludes de corte a taludes de relleno e inversión de la dirección de flujo.

Para controlar el sedimento generado de los flujos de agua de superficie en los alrededores de la HLF Maricela, una estructura de control de sedimento será construido aguas abajo de los estanques de proceso, como se muestra en el Plano G2. La estructura de control de sedimento será usado para controlar la transportación de sedimento en la Quebrada Maricela generado de los mejoramientos gradiente arriba. La estructura de control de sedimento se construye de canastas de gavión rellenos con rocas, parecido a otras estructuras existentes de control de sedimento construidas en el sitio. La estructura de control de sedimento crea un embalse gradiente arriba que actúa como un estanque de asentamiento, que permite que los sedimentos se asienten fuera de los flujos de corriente y se depositan aguas arribas del terraplén de la estructura de control de sedimento.

Los flujos de corriente siguen fluyendo por el terraplén, y durante eventos de alto flujo, el agua fluirá sobre el terraplén vía un desborde vertedor de cresta ancho a la Quebrada Maricela. Los sedimentos serán quitados aguas arribas del terraplén en una base regular para prevenir la sobrecarga del estanque de asentamiento aguas arribas del terraplén.



## 4.0 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE BOTADERO DE ROCA ESTÉRIL

### 4.1 Resumen

Se identificaron varios sitios potenciales del WRD incluso al WRD propuesto Chontal superior y un sitio al sur del propuesto tajo La Pava. Después de la exploración de los sitios potenciales, una revisión de los datos geotécnicos existentes, una investigación poco profunda del subsuelo de uno de los sitios, e ingeniería conceptual, se identificó el sitio propuesto del WRD Chontal superior como el sitio preferido para acomodar el volumen esperado de material de desecho. Los criterios de diseño utilizados en el proceso de selección incluyeron:

- Capacidad para proporcionar capacidad suficiente para el mineral identificado en el modelo actual de la mina
- Proximidad a las minas a cielo abierto
- Terreno adecuado para apilamiento y operación
- Estabilidad geotécnica
- Una cuenca pequeña gradiente arriba
- Aceptación social esperada de las comunidades cerca de los sitios del proyecto

La roca estéril será depositada en una instalación dedicada específicamente al botadero de roca estéril, llamado la instalación WRD Chontal superior, ubicada al este de la reserva de mineral como se muestra en el Plano WC1. El WRD Chontal superior contendrá aproximadamente 14 millones toneladas métricas de roca estéril, y tendrá una altura máxima de aproximadamente 80 metros. Como está planeado actualmente, el WRD Chontal superior tiene una altura promedio de unos 30 metros y cubrirá un área de aproximadamente 235,000 metros cuadrados de hectáreas. El sitio oscila en elevación de entre aproximadamente 350 m.s.n.m. en la base del botadero a unos 455 m.s.n.m. a la cresta final del botadero.

El WRD Chontal superior será desarrollado usando un enfoque progresivo que combina la construcción con operación que involucra la preparación secuencial del sitio, construcción de los subdrenes, y el reemplazo de roca estéril. Un canal de desvío de aguas pluviales será construido primero por el perímetro del WRD para desviar las aguas pluviales gradiente arriba alrededor de la instalación como se muestra en el Plano WC1. El canal de desvío de aguas pluviales descargará el agua desviada a la Quebrada Chontal natural, al norte de la pila de mineral.

Antes de la colocación del material del botadero, el suelo existente será despojado de la capa vegetal y de suelos débiles superficiales arcillosos, y estos materiales serán colocados en una reserva de capa vegetal para su uso durante la restauración. Se instalarán subdrenes en los drenajes naturales debajo de la primera carga de desecho concurrente con el despojo de capa vegetal. Al terminar la colocación de los desechos, el botadero será re-nivelado para aplanar los ángulos de reposo de los taludes del





ascensor a una pendiente de cierre final más plano que del 2.5H:1V y para desarrollar los bancos para control de agua superficial a lo largo plazo.

Los suelos superficiales de reserva y la capa vegetal removidos durante la preparación del sitio serán colocados en la pendiente de restauración final como cubierta para reducir la erosión y transportación de sedimentos y promover la revegetación.

## 4.2 Despeje y Remoción

Antes de la eliminación de la roca estéril, la cuenca Chontal superior se limpiará de árboles y matorrales, y los tocones de árboles y las raíces fuertes serán removidos. La subrasante entonces será removida de cualquier vegetación remanente, masas de raíces y capa vegetal alta en contenido de materia orgánica y toda la materia orgánica y suelo se colocarán en una reserva para su uso como una capa de recuperación final sobre la instalación. Los suelos débiles, saturados, y arcillosos también serán removidos y colocados en una reserva independiente de las reservas de la capa vegetal. La profundidad total de la capa vegetal y suelo débil removido se estima de entre cero y 0.8 metros por pendientes, con promedio de unos 0.4 metros, y hasta algunos metros por la parte inferior de los drenajes naturales.

## 4.3 Subdrenes

Se instalarán los subdrenes en los drenajes primarios del sitio del WRD Chontal superior para recoger y transportar agua de manantial al drenaje natural más allá de la punta norte del WRD Chontal superior, como se muestra en el Plano WC1. Se espera que el agua recogida en los subdrenes sea de calidad suficiente para descargarla directamente a la Quebrada Chontal existente. Los subdrenes reducirán el agua de manantial en contacto con la roca estéril y minimizarán el desarrollo de presiones de agua de poro en el botadero como sea necesario para la estabilidad de taludes del área del botadero. Los subdrenes serán desarrollados por medio de la sobre excavación de cualquier tipo de suelos débiles, y luego colocarlos y rodearlos con una tubería perforada con grava gruesa y durable y un geotextil no tejido.

Las aguas de manantiales que se identifiquen dentro de la huella del WRD Chontal superior y fuera de los límites de los drenajes naturales se instalarán con subdrenes similares. Los subdrenes de las aguas de manantiales se descargarán en los subdrenes a los drenajes naturales principales.

## 4.4 Apilamiento

La roca estéril se colocará nominalmente en cargas con un ángulo de reposo de 10 a 15 metros de alto, con compensaciones entre cargas para proporcionar una pendiente lateral total de 2.5H:1V. Como se muestra en el Plano WC3, el ángulo de reposo de las pendientes estarán niveladas otra vez durante la recuperación para establecer estabilidad los bancos de control del agua superficial a largo plazo.



El apilamiento comenzará desde las elevaciones más bajas del sitio del botadero y se extienden arriba hacia el este, lo cual es necesario para mantener la estabilidad operacional. La superficie activa del botadero será nivelado para que se drene hacia la pendiente natural del sitio donde el escurrimiento de agua superficial entrará a la Quebrada Chontal. La escorrentía superficial del WRD Chontal superior será manejada por la estructura de control de sedimentos ya existente ubicada aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Chontal con el Rio Quema como se muestra en el Plano G3.

#### 4.5 Sistema de Manejo de Aguas Pluviales

Un canal permanente de desvío de aguas pluviales que se ubica sobre la parte superior del WRD Chontal superior está diseñado para conducir adecuadamente la escorrentía generada por el evento de tormenta de diseño de 25 años, 24 horas. El canal de desvío de aguas pluviales desviarán la escorrentía de aguas superficiales del área de contención gradiente arriba de la cuenca Chontal superior al norte y oeste, recorrerá el WRD Chontal superior, y se descargará al drenaje natural de la Quebrada Chontal como se muestra en el Plano WC1.

El canal de desvío consta de un canal de forma trapecial como se muestra en el Plano WC1. El canal tiene un fondo plano de 2 metros de ancho con taludes laterales de 2H:1V y una profundidad mínima de 1 metro, que proporciona un margen libre mínimo de 15 centímetros. El diseño hidráulico del canal de desvío se presenta en el Apéndice G. Los flujos del canal se liberan a la Quebrada Chontal vía una estructura de salida.

Para controlar el sedimento generado de los flujos del agua de superficie en los alrededores del WRD Chontal superior, una estructura de control de sedimento existente se ubica aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Chontal con el Rio Quema, como se muestra en el Plano G2. La estructura de control de sedimento será usado para controlar la transportación de sedimento en la Quebrada Chontal generado de los mejoramientos gradiente arriba. La estructura de control de sedimento se construye de canastas de gavión rellenos con rocas, parecido a otras estructuras de control de sedimento existentes construidas en el sitio. La estructura de control de sedimento crea un embalse aguas arriba que actúa como un estanque de asentamiento, permite que los sedimentos se asienten fuera de los flujos del corriente y se depositen aguas arribas del terraplén de la estructura de control de sedimento.

Los flujos del corriente siguen fluyendo por el terraplén, y durante eventos de alto flujo, el agua fluirá sobre el terraplén vía un desborde vertedor de cresta ancho a la Quebrada Chontal. Los sedimentos serán quitados aguas arribas del terraplén en una base regular para prevenir la sobrecarga del estanque de asentamiento aguas arribas del terraplén.



## 5.0 CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS

### 5.1 Análisis de Estabilidad

Se realizaron análisis de estabilidad del talud para evaluar la estabilidad a largo plazo, después del cierre, de la HLF Maricela y el WRD Chontal superior. Se evaluó la geometría propuesta a dos secciones transversales para cada instalación; estas secciones se denotan como 1 y 2 para la HLF y 3 y 4 para el WRD. Se evaluó la estabilidad para las siguientes condiciones de diseño:

- Estático, Cierre – Estos análisis evalúan la estabilidad *después de cierre* de la HLF y el WRD en sus configuraciones finales construidas. Esta condición corresponde a la HLF en su altura máxima de diseño de 75 metros (20 Mt de capacidad) y el WRD en su altura máxima de diseño de 80 metros (14 Mt de capacidad)
- Sísmico, Cierre – Estos análisis evalúan la estabilidad de las configuraciones finales, después del cierre de la HLF y el WRD *sometidos a carga de terremoto* de un evento de diseño. Con base en la evaluación del riesgo sísmico, Golder seleccionó un terreno con un 10 por ciento de probabilidad de excedencia en 50 años (periodo de retorno de 475 años) con una aceleración anticipada máxima de suelo de 0.24 g en el sitio. El nivel anticipado de las aceleraciones inducidas por un terremoto que actúa en estas instalaciones se basó en el PGA estimado para el sitio. Se utilizó un coeficiente sísmico de diseño (k) de un 0.12 g (que corresponde a un 50 por ciento del PGA del sitio) para hacer el análisis sísmico de estabilidad de talud.

Para estas dos condiciones de diseño, se realizó un análisis independiente para evaluar los modos diferentes de fallas potenciales en la HLF y el WRD; ellos son:

- Falla a lo largo del Sistema de Recubrimiento – utilizada para evaluar los mecanismos de falla que se desarrollan a lo largo de la base del sistema de recubrimiento e interfaces de suelo-geomembrana. Estas superficies se extienden desde la cresta de la pendiente y pasan a lo largo (no mediante) el sistema de recubrimiento y salen por la punta de la pendiente. Se evaluó este tipo de falla para la HLF (Secciones 1 y 2) solamente.
- Falla total de la Pendiente a través de la Roca Estéril – utilizada para evaluar los mecanismos de falla que se desarrollan a través de la altura total del WRD y representan una falla global (o total) de la pendiente. Estas superficies se extienden desde la cresta de la pendiente y salen cerca de la punta de pie de la pendiente. Se evaluó este tipo de falla para el WRD (Secciones 3 y 4) solamente.
- Falla Profunda a través de la Cimentación – utilizada para evaluar los mecanismos de falla que se desarrollan a través de la altura entera de la pendiente de la HLF y el WRD y se extienden a la masa de roca subyacente. Se evaluó este modo de falla para ambos la HLF (Secciones 1 y 2) y el WRD (Secciones 3 y 4).

Una discusión adicional de la metodología del análisis y los supuestos se presentan en detalle en el Apéndice H.

#### 5.1.1 Propiedades de los Materiales Seleccionados

Las pruebas de laboratorio y los datos del campo de trabajos anteriores (Knight Piésold 1994, Knight Piésold 1996, Tetra Tech 2008), del estudio de pre-factibilidad de estabilidad de talud del tajo por Golder (2013), y la investigación de Golder en 2013 fueron utilizados para el desarrollo de los propiedades



geotécnicas de los materiales usados para el análisis de estabilidad y el análisis estático se resumen en la Tabla 11. Se discuten en detalle el desarrollo de las propiedades de estos materiales en el Apéndice H de este reporte.

**Tabla 11: Resumen de las Propiedades de los Materiales Usados para el Análisis de Estabilidad de la Pendiente**

Tipo de Material	Peso por Unidad	Resistencia del Modelo y Parámetros
Mineral del Patio de Lixiviación	$\gamma_{\text{húmedo}} = 20 \text{ kN/m}^3$	$\phi' = 34 \text{ deg.}$ $c' = 0 \text{ kPa}$ (Mohr-Coulomb)
Roca Estéril	$\gamma_{\text{húmedo}} = 20 \text{ kN/m}^3$	$\phi' = 31 \text{ deg.}$ $c' = 0 \text{ kPa}$ (Mohr-Coulomb)
Relleno Estructural	$\gamma_{\text{húmedo}} = 19 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 20 \text{ kN/m}^3$	$\phi' = 31 \text{ deg.}$ $c' = 0 \text{ kPa}$ (Mohr-Coulomb)
Base del Sistema de Recubrimiento	$\gamma_{\text{húmedo}} = 19 \text{ kN/m}^3$	$\delta' = 21 \text{ deg.}$ $a' = 0 \text{ kPa}$ (Mohr-Coulomb)
Material de Cimentación	$\gamma_{\text{húmedo}} = 23 \text{ kN/m}^3$	UCS = 15,000 kPa, $\text{RMR}_{76} = 42$ $m_i = 25$ , $D = 0$ (Hoek-Brown Generalizado)

Notas:  $\gamma_{\text{húmedo}}$  = peso por unidad húmeda;  $\gamma_{\text{sat}}$  = peso por unidad saturada;  $\phi'$  = ángulos efectivo de fricción;  $c'$  = cohesión efectivo;  $\delta'$  = ángulo de fricción de interfaz de suelo-a-geomembrana; UCS = resistencia a la compresión no confinada en la roca intacta;  $\text{RMR}_{76}$  = calificación de roca en masa;  $m_i$  = constante del material de Hoek-Brown para el tipo de roca;  $D$  = factor de perturbación.

### 5.1.2 Resultados de Estabilidad

La Tabla 12 resumen los factores de seguridad (FS) calculados para las instalaciones de la HLF y el WRD para condiciones estáticas y sísmicas. Se comparan los valores calculados del FS a los criterios aceptables para cada condición.

**Tabla 12: Comparación de los Valores de FS Calculados a los Criterios de Estabilidad de Diseño**

Instalación	Sección	Moda de Falla	ESTÁTICO, CIERRE Criterio de Diseño - FS $\geq 1.40$			SÍSMICO, CIERRE Criterio de Diseño - FS $\geq 1.05$	
			FS Calculado	¿Aceptable ?		FS Calculado	¿Aceptable ?
HLF Maricela	1	A lo largo de la base de recubrimiento	1.56	Sí		1.10	Sí
	2		1.49	Sí		1.06	Sí
	1	A través de la cimentación	2.91	Sí		2.12	Sí
	2		2.73	Sí		2.03	Sí
WRD Chontal Superior	3	A través de la roca estéril	1.61	Sí		1.18	Sí
	4		1.62	Sí		1.18	Sí
	3	A través de la cimentación	3.39	Sí		2.46	Sí
	4		3.00	Sí		2.14	Sí



Con base en los resultados de los análisis de estabilidad de talud realizados para las instalaciones de la HLF y el WRD, se puede hacer las siguientes conclusiones:

- Para *las condiciones estáticas*, los análisis de estabilidad de talud demuestran una estabilidad favorable para las dos instalaciones. Estos análisis indican *un riesgo de falla relativamente bajo* a lo largo del sistema de recubrimiento de la HLF y para la falla del talud total de la roca estéril en el WRD. Los valores calculados de FS para las condiciones estáticas son *superiores* del criterio de diseño ( $FS \geq 1.40$ ) para las condiciones estables de la talud.
- Los análisis de estabilidad para *condiciones sísmicas* (usando un periodo de retorno para un evento sísmico de 475 años) también demuestran una estabilidad favorable de las dos instalaciones. Los análisis indicaron *un riesgo relativamente bajo* de falla a lo largo del sistema de recubrimiento de la HLF y para falla del talud total de la roca estéril en el WRD. Los valores calculados de FS para las condiciones sísmicas son *superiores* del criterio de diseño ( $FS \geq 1.05$ ) para las condiciones estables de la talud.
- Los análisis indicaron que fallas que se desarrollan a lo largo de la base del sistema de recubrimiento (para la HLF) y las que pasan a través de la altura total de la roca estéril (para el WRD) son el modo de falla crítico para estas instalaciones bajo ambas condiciones estáticas y sísmicas. Para ambas instalaciones, los modos de falla que pasan a través de los materiales de cimentación cedieron valores de FS significativamente más altos que los calculados para los otros modos de falla. Con base en esto, se consideran que las fallas profundas que penetran a la masa de roca debajo de estas instalaciones se consideran ser de *muy bajo riesgo* de inestabilidad bajo condiciones estáticas y sísmicas.

## 5.2 Asentamiento del Patio de Lixiviación

Golder evaluó el asentamiento potencial de la HLF Maricela y el WRD Chontal superior que pudiera ocurrir debido a la colocación de mineral y roca estéril. La colocación de material causará un aumento en el esfuerzo efectivo que actúa sobre los suelos subsuperficiales y causará que el suelo se deforme. Esto es resultado de las partículas de la masa del suelo desplazándose y reduciendo el espacio vacío en respuesta al esfuerzo aplicado. Los asentamientos grandes diferenciales, que típicamente ocurren en suelos de grano fino tales como arcillas y limos, tienen el potencial de causar daño al recubrimiento de geomembrana en la HLF o afectar adversamente al sistema de drenaje de la HLF y el WRD.

La evaluación de Golder asume que los suelos superficiales de grano fino serán removidos antes de la colocación del recubrimiento, el mineral, o la roca estéril como se describe anteriormente. Los suelos removidos serán puestos en pilas de reserva para su uso como relleno estructural en la nivelación de la HLF o como tapa final de recuperación. Aunque la base de la HLF será colocada sobre una base de roca erosionada que es similar al suelo, una porción grande en la punta de la HLF será colocada sobre relleno estructural de ingeniería. Este material puede ser susceptible a asentamientos; aunque, no se esperan que estos asentamientos sean lo suficiente grandes para causar efectos adversos al sistema de recubrimiento o la estabilidad de la pila. Se esperan que los asentamientos en las áreas de relleno sean menos de uno por ciento de la altura total del relleno a condición de que el relleno esté colocado como un relleno estructural de ingeniería. Los asentamientos pequeños en el relleno y en los asentamientos



inmediatos en los suelos de cimentación pueden ocurrir debajo de la HLF y el WRD; sin embargo, no se consideran que las deformaciones que ocurran tendrán un efecto negativo hacia el recubrimiento, el sistema de colección de solución, o la estabilidad de la pila. Aunque no se realizó un análisis de asentamiento total para este análisis de pre-factibilidad, será apropiado caracterizar de una mejor manera el asentamiento de cualquier tipo de relleno profundo en el diseño a nivel de factibilidad.



## 6.0 DESPUÉS DE OPERACIÓN Y CIERRE

El plan de cierre para el proyecto Cerro Quema será consistente con las pautas de cierre aceptadas por las minas en Panamá, y se seguirán las prácticas y pautas aceptadas por las minas en otras regiones donde se utilizan operaciones mineras a cielo abierto y patios de lixiviación. Las áreas perturbadas por la minería serán reclamadas y cerradas en condiciones físicamente y químicamente estables. La HLF Maricela y el WRD Chontal superior serán construidos y operados con la anticipación del cierre al final de la vida de la mina usando procedimientos concurrentes de recuperación en la mayor parte posible.

El enfoque de toda la planeación y todas las actividades será para minimizar el impacto o la degradación de aguas superficiales y aguas subterráneas en el área general de la mina. El cierre progresivo de las instalaciones durante operación ayudará este enfoque.

### 6.1 Instalación del Patio de Lixiviación Maricela

La HLF será apilada en cargas de aproximadamente 8 metros en altura, con bancos proporcionados entre cargas para crear un talud de mineral con un promedio total de 2.5H:1V, que proporcionará una estabilidad operacional y después del cierre de la pila, y minimizar la nivelación durante la recuperación a la re-taludización entre y sobre los bancos para facilitar el drenaje de las aguas superficiales.

Se anticipa que, al final del apilamiento y la lixiviación, la pila será enjuagada para remover los residuos de metales preciosos y cianuro sodio. Al terminar el enjuague, se espera que el mineral enjuagado sea un material no peligroso. Se espera que durante la lixiviación activa después de que se haya terminado el apilamiento de mineral, y durante el enjuague, el agua que se acumule en el sistema de estanques tendrá que ser tratada y descargada a la Quebrada Maricela. El tratamiento y descarga de las aguas en exceso continuará durante este periodo.

La cobertura de cierre para la propuesta HLF consistirá de una capa vegetal, o un compuesto de capa vegetal/suelo que sea capaz de sostener la vegetación local y tenga una permeabilidad baja para reducir la infiltración a la pila. La cobertura será colocada sobre la totalidad de la pila, incluyendo los taludes, bancos, y la parte superior de la plataforma (cresta). Este sistema de cobertura reducirá la filtración a la pila y minimizará el potencial de erosión de suelo y sedimentos a la Quebrada Maricela. Se anticipa que la infiltración a través de la cobertura sea analizada en diseños futuros para desarrollar un diseño más detallado de la cobertura y los sistemas de manejo de agua después del cierre.

Al final del proceso de enjuague y la instalación de la cobertura, el escurrimiento del agua superficial de la cobertura de cierre de la HLF Maricela se considera como agua sin contacto. Se realizaron pruebas durante la operación para determinar la calidad de agua que se anticipa de la HLF Maricela después del cierre. Se anticipa que esta agua tenga una calidad aceptable para permitir una descarga directa.



El sistema de manejo de aguas superficiales desarrollado en los bancos de recuperación de la pila será conectado al sistema de manejo de aguas superficiales desarrollado durante la construcción de la HLF. Se anticipa que la mayoría de las estructuras del manejo de agua quedaran in-situ, aunque algunas pueden ser modificadas para acomodar los cambios en las geometrías finales de la pila. Se propone que el estanque de evento u otros estanques del manejo de agua sean incorporados en el sistema del manejo de agua post-cierre para recolectar los flujos residuales de la HLF.

## 6.2 Botadero de Roca Estéril Chontal superior

La roca estéril se colocará en cargas de ángulo de reposo de aproximadamente de 10 a 15 metros de altura con compensaciones entre las cargas para proporcionar un ángulo nominal de pendiente de 2.5H:1V. Las pendientes del botadero incluirán bancos a intervalos regulares, y los inter-bancos serán aplanados conforme el cierre del botadero progrese. El cierre progresivo incluirá la nivelación de los bancos para que se drenen y la colocación de una cobertura sobre las pendientes y bandos del botadero como se está desarrollando el WRD Chontal superior, y luego sobre la cresta del botadero después del cese de minería.

Entendemos que la roca estéril que será colocada en el WRD Chontal superior se espera ser no-reactivo. La cubierta de cierre para el propuesto WRD Chontal superior consta de una capa vegetal o un compuesto de capa vegetal/suelo que sea capaz de apoyar a la vegetación local y tenga una permeabilidad baja para reducir la infiltración al botadero.

Este sistema de cobertura reducirá la filtración en el WRD Chontal superior y minimizará el potencial de erosión de suelo y de sedimentos a la Quebrada Chontal. Se anticipa que la infiltración sea analizada en diseños futuros para ayudar con los sistemas de manejo de agua para el WRD Chontal superior.

Conforme se desarrolle el sistema de manejo de aguas superficiales para los bancos de la pendiente del WRD Chontal superior, serán construidos los sistemas de desvío de aguas superficiales para drenar los alrededores del botadero durante la operación. Se anticipa que algunas de las estructuras existentes del manejo de agua serán removidas y cerradas, mientras otras serán modificadas, y con las zanjas finales dirigiendo la escorrentía a la Quebrada Chontal y a las estructuras de control de sedimentos aguas abajo a la confluencia de la Quebrada Chontal y el Río Quema.





## 7.0 ESTUDIOS ADICIONALES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 Consideraciones Geotécnicas

Para facilitar el diseño de factibilidad y detalle de la HLF y el WRD, se recomienda una investigación geotécnica de campo adicional y programas de pruebas del laboratorio. Para satisfacer los estándares de práctica para instalaciones del patio de lixiviación, de deben caracterizar las condiciones de la subsuperficie con suficiente detalle para proporcionar un nivel alto de confianza en la estratigrafía, agua subterránea, estructura, y las vías preferenciales de flujo en los 30 metros superiores a la subsuperficie. Esto se logra por medio del avance de barrenos geotécnicos ubicados dentro de la huella de la instalación. La profundidad y la cantidad de los barrenos dependerán del diseño final de las instalaciones.

Además, se debe realizar una investigación de poca profundidad de la subsuperficie para caracterizar las condiciones del suelo cerca de la superficie para todo el sitio para delinear mejor las masas de las profundidades de las raíces vegetativas, profundidad de la remoción de la capa vegetal y los suelos débiles, lecho de roca cerca de la superficie, y requisitos generales de nivelación. Esto se puede realizar usando una excavadora montada o por la excavación a mano de pozos de prueba exploratorios.

### 7.2 Peligros Sísmicos y de Falla

Se debe dar mayor consideración a la reevaluación de los valores PGA apropiados para la factibilidad y el diseño final debido al registro histórico de sacudimientos fuertes debido a los terremotos, la ubicación de fallas mayores conocidas dentro de unos 40 km del proyecto Cerro Quema y el lineamiento observado dentro de un kilómetro al sur del sitio propuesto de la mina. Este lineamiento puede ser asociado con la Falla del Río Joaquín, y debe ser evaluado más como una ruptura superficial de la falla y un fuerte peligro de sacudimientos debido a los terremotos.

Actualmente, un análisis de probabilidad de los peligros sísmicos especificados del sitio se está realizando por Golder para refinar mejor los valores PGA de un evento de 475 y 2,475 años para los sitios de la HLF Maricela y el WRD Chontal superior. Cuando este completo, estos valores serán utilizados para confirmar o ajustar los resultados del análisis inicial de estabilidad y los diseños.

### 7.3 Hidrogeología

Se debe dar mayor consideración a la evaluación de las condiciones hidrogeológicas que existen para el proyecto Cerro Quema, específicamente en las proximidades de los sitios de la HLF Maricela y el WRD Chontal superior. Los pozos de monitoreo ya existentes se ubican a lo largo de la Quebrada Chontal, aguas abajo de la plataforma de proceso y el WRD. En el momento de este reporte, Golder no conoce ninguno de los puntos de monitoreo adicional en las proximidades de la HLF Maricela y el WRD Chontal superior.



Las condiciones de las aguas subterráneas pueden ser registradas durante la investigación geotécnica de campo para el diseño detallado por medio de la instalación de tuberías de revestimiento ranurado de PVC que se instalen en los barrenos geotécnicos. Además, un estudio completo de los manantiales de agua subterránea se está realizando actualmente por Golder para delinear y cuantificar los flujos de todo el año o de temporada por debajo de los sitios de la HLF y el WRD propuestos. Este estudio asistirá con la medición adecuada de las tuberías de colección de los subdrenes instaladas debajo de los cimientos para cada instalación.

#### 7.4 Control de Aguas Superficiales

Se debe considerar el monitoreo de flujos de corrientes existentes para medir la transportación de sedimentos en corrientes existentes. Esto proporcionará información valiosa en el diseño de estructuras de control de sedimentos aguas abajo de los mejoramientos propuestos. Actualmente, Golder está trabajando con PRO para desarrollar un plan de monitoreo de la evaluación en curso de los impactos ambientales y sociales.

#### 7.5 Datos Climáticos

Las medidas adicionales de la precipitación y evaporación específicas del sitio deben ser recogidas para refinar mejor las predicciones del balance de agua de flujos de proceso de la HLF. Los datos más precisos de precipitación y evaporación del proyecto Cerro Quema proporcionarán una confianza más alta al estimar la consumación de procesos de fluido y capacidades de almacenamiento de los estanques.

#### 7.6 Optimización de la Instalación

Se debe hacer un esfuerzo adicional para optimizar la geometría de las instalaciones propuestas. La constructabilidad de la HLF y estanques de proceso es muy importante. Las terracerías constituyen el costo individual más grande de la construcción de la HLF. Debido al terreno naturalmente empinado y temporada seca corta, la construcción tendrá sus desafíos. Se debe hacer un esfuerzo adicional para optimizar lo siguiente:

- Movimientos de tierra en masa
- Geometría de la pila y patio de lixiviación
- Taludes laterales de los estanques
- Construcción del sistema de recubrimiento
- Nivelación de los caminos de acceso y cortes de laderas
- Acceso a la instalación
- Integración de los canales de desvío de aguas pluviales y caminos, la HLF, y el WRD



Para optimizar la nivelación en masa y estimar con más precisión las cantidades requeridas de movimientos de tierra, se debe realizar un levantamiento en detalle de la topografía natural. Se recomienda que el levantamiento sea realizado con una precisión vertical de menos de ½ metro.

## 7.7 Recuperación y Cierre

Golder recomienda que se haga un esfuerzo adicional para desarrollar un plan de recuperación que sea viable, aún proactiva para la HLF y el WRD. El control de sedimentos y erosión y el manejo de aguas pluviales será un desafío a lo largo de la operación. Para reducir la transportación potencial de sedimentos y la erosión de taludes operacionales, Golder recomienda la implementación de un plan de recuperación concurrente para reformar activamente los taludes de la HLF y el WRD durante la operación. Esto incluye la re-nivelación, la colocación de suelo de cubierta, la colocación de la capa vegetal, y revegetación. Además de los esfuerzos relacionados con la reducción de sedimentos y el manejo de erosión, la colocación de una cubierta de baja permeabilidad sobre la HLF y el WRD durante la operación reducirá la infiltración no deseada de aguas pluviales a la pila por precipitación que podría llevar a la inestabilidad geotécnica a largo plazo.

Este reporte es una traducción del reporte original en inglés. Si hay una discrepancia entre el reporte original en inglés y esta traducción, el reporte en inglés es el que prevalecerá.



## 8.0 REFERENCIAS

- Corral, I., Grier, A., Gomez-Gras, D., Corbella, M., Canals, A., Pineda-Falconett, M., Cardellach, E., 2011, Geology of the Cerro Quema Au-Cu deposit (Azuer Peninsula, Panama), *Geologica Acta* 9, p. 1-18.
- Dyer, 2013. *Cerro Quema Mine, Hydrologic Study*. Prepared for Minera Cerro Quema, S.A. by Dyer Engineering Consultants Inc. Dated April 2013.
- FlowMaster, 2009. Version 8i, build date November 4, 2009 developed by Bentley Systems, Inc.
- Golder, 2014. *Pre-feasibility Study, Heap Leach and Waste Rock Dump Facilities, Cerro Quema Mine, Los Santos Province, Panama* Design Drawings prepared for Pershimco Resources Inc. by Golder Associates Inc. Dated 11 June, 2014, Revision 0.
- HEC-HMS, 2010. Version 3.5, build date August 10, 2010 developed by U.S. Army Corp of Engineers (USACE).
- KP, 1996a. *Environmental Viability Report, Cerro Quema Project*. Prepared for Minera Cerro Quema, S.A. by Knight Piésold LLC. Dated November 4, 1996.
- Knight Piésold, 1996b. *Cerro Quema Project, Geotechnical Investigation Report*. Prepared for Kappes, Cassidy & Associates by Knight Piésold LLC. Dated November 6, 1996.
- KP, 2005. *Cerro Quema Project, Seismic Hazard Assessment*. Prepared for RNC Gold, Inc. by knight Piésold and Co. Dated February 1, 2005.
- NAVFAC, 1986. *Soil Mechanics*. Design Manual DM-7.0, Change 1. Prepared by the Naval Facilities Engineering Command. Dated September 1986.
- Pershimco, 2013. Fact Sheet available at <http://www.pershimco.ca/s/FactSheet.asp> Prepared by Pershimco Resources, Inc. Dated July 2013.
- P&E, 2012. *Technical Report and Mineral Resource Estimate on the Cerro Quema Project, Los Santos Province, Panama*. Prepared for Pershimco Resources, Inc. by P&E Mining Consultants Inc. Dated November 2, 2012.
- RNC, 2002. *Feasibility Study of the Cerro Quema Project, Los Santos Province, Republic of Panama*. Prepared by RNC Resources Ltd. And Bikerman Engineering and Technology Associates, Inc. Dated 2002.
- Rocscience, 2011. Phase2, Version 8.0 developed by Rocscience Inc.
- Rocscience, 2012. Slide, Version 6.0, build date June 24, 2010 developed by Rocscience Inc.
- Seed, H.B. (1982). *The Selection of Design Earthquakes for Critical Structures*. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 27, No. 6, pp. S7-S12.
- Tetra Tech, 2008. *Cerro Quema Project, Sediment Dam and Waste Dump Technical Memorandum of Geotechnical Investigation and Stability Analysis Results*. Prepared for Bellhaven Copper & Gold Inc. by Tetra Tech. Dated June 2008.
- WinTR-55, 2011. Version 1.00.10 developed by U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service (NRCS).



USACE, 1994. *Hydraulic Design of Flood Control Channels*. Engineering Manual 1110-2-1601. Prepared by the US Army Corps of Engineers. Dated June 30, 1994.

CM/GT/ap

14019.final.doc

**Fecha:** 21-ENERO-2014

**Hecho por:** CJM

**Número de Proyecto:** 1300709

**Verificado por:** GRT

**Asunto:** Base de Diseño

**Revisado por:** RAB

**Proyecto :** Estudio de Pre-Factibilidad para el Proyecto Cerro Quema

### 1.0 Objetivo

Este documento resume la base de diseño usado para el diseño de las Instalaciones del Patio de Lixiviaciones Maricela y del Botadero de Roca Estéril Chontal Superior al Proyecto Cerro Quema.

La información en esta base de diseño se deriva de una variedad de fuentes. El referenciamiento de datos en este documento es como sigue:

Referencias	
Código	Fuente de Información
PRO	Pershimco Resources Inc.
G	Golder Associates Inc.
KCA	Kappes, Cassiday & Associates
PE	P&E Mining Consultants
KP	KP <i>Geotechnical Investigation Report</i> (Reporte de Investigación Geotécnica), Noviembre 6, 1996
D	Dyer Engineering, <i>Hydrology Report</i> (Reporte de Hidrología), 2013
T	Tetra Tech, <i>Sed. Dam and Waste Dump Stability</i> (Estabilidad de la Presa de Sedimentos el Botadero), 2008

### 2.0 Datos Climatológicos y Meteorológicos

#### 2.1 Precipitación de Tormentas

Estación Meteorológica La Miel  
 Longitud del sitio (dd) 80° 31' 51.3" W  
 Latitud del sitio (dd) 7° 33' 12.3" N  
 Elevación del sitio (m) 200 to 950 m

Precipitación Total (mm)		
Evento de Tormenta	Media	Referencia
2	94	D
5	115	
10	130	
25	148	
50	161	
100	175	

**APÉNDICE A**  
**BASE DE DISEÑO**

**Fecha:** 21-ENERO-2014

**Hecho por:** CJM

**Número de Proyecto:** 1300709

**Verificado por:** GRT

**Asunto:** Base de Diseño

**Revisado por:** RAB

**Proyecto :** Estudio de Pre-Factibilidad para el Proyecto Cerro Quema

## 2.2 Datos Climáticos de Promedio Mensual

Desarrollado de las Estaciones Meteorológicas Cerro Quema y La Llana

Promedios Mensuales			
Mes	Precipitación Promedio (mm)	Promedio de Evaporación de Bandeja (mm)	Referencia
Enero	14.0	85.0	G
Febrero	5.6	91.0	
Marzo	10.8	105.0	
Abril	50.7	98.0	
Mayo	200.1	88.0	
Junio	237.9	80.0	
Julio	201.9	78.0	
Agosto	251.8	79.0	
Septiembre	273.4	76.0	
Octubre	309.0	69.0	
Noviembre	228.0	67.0	
Diciembre	69.6	75.0	
Año	1852.7	991.0	

## 3.0 Modelo Hidrológico

Los flujos máximos que se esperan de la tormenta de diseño de 100 años, 24 horas, fueron calculados usando el programa de modelación HEC-HMS del US Army Corp of Engineers.

-Datos medios de precipitación para el modelo de la programa HEC-HMS fueron obtenidos de NOAA Atlas 14.

-Se utilizó el Estudio de Suelos USDA NRCS de Internet para determinar las Clasificaciones de los Grupos Hidrológicos del Suelo.

-La Publicación Técnica 55 (TR-55) calculó los números de curva SCS (CN) para las áreas de captación usando un promedio ponderado de las Clasificaciones de Grupos de Suelos Hidrológicos.

Parámetro	Valor	Referencia
Método de Enrutamiento de Cuenca	SCS Unidad de Hidrógrafo	G
Método de Pérdida de Cuenca	SCS CN	



**Fecha:** 21-ENERO-2014

**Hecho por:** CJM

**Número de Proyecto:** 1300709

**Verificado por:** GRT

**Asunto:** Base de Diseño

**Revisado por:** RAB

**Proyecto :** Estudio de Pre-Factibilidad para el Proyecto Cerro Quema

#### 4.0 Diseño del Patio de Lixiviación y Botadero de Roca Estéril

##### 4.1 Propiedades de Resistencia de Material

Material	Peso por Unidad Húmeda (kN/m³)	Peso por Unidad Saturada (kN/m³)	Tipo de Resistencia	Parámetros de Resistencia al Corte		Referencia
				Ángulo de Fricción (°)	Cohesión (kN/m²)	
Mineral de la Pila de Lixiviación	20	--	Mohr-Coulomb	34	0	G
Roca Estéril	20	--	Mohr-Coulomb	31	0	G
Relleno Estructural	19	20	Mohr-Coulomb	31	0	G
Base del Sistema de Recubrimiento	19	--	Mohr-Coulomb	21	0	G
Material de Cimentación	23	--	Hoek-Brown Generalizado	UCS = 15,000 kPa RMR <sub>75</sub> = 42 m <sub>i</sub> = 25, D = 0		G

##### 4.2 Estabilidad Geotécnica del Talud

Parámetro	Valor	Comentario	Referencia
Programa de Modelación de Estabilidad	Slide 6.0	2-D Análisis de Límite de Equilibrio de Estabilidad	
Resistencia del Suelo	Resistencia Residual		G
Factor de Seguridad Estático Global (FOS)	1.4		G
Global Pseudo-Static FOS	1.05		G
Aceleración Máxima del Suelo (PGA)	0.24		G
Coefficiente de Aceleración Horizontal del Suelo, K	0.12	½ x PGA	G

##### 4.3 Criterios Generales de Diseño

##### 4.3.1 Arreglo General del Patio de Lixiviación

Parámetro	Valor	Comentario	Referencia
Densidad de mineral	1.5 toneladas/m³		KCA
Capacidad	20M toneladas		PRO
Área de Perturbación	43.9 hectáreas		PRO
Altura Máxima de la pila	75 m		PRO
Altura nominal de la carga	8m		PRO
Pendiente total de la pila	2.5H:1V	restauración final	PRO
Pendiente local de la pila (entre bancos)	1.5H:1V		PRO
Ancho del banco	10 m		PRO
Ancho mínimo de la cresta de la pila	40 m		PRO
Pendiente mínima del patio	1%		PRO
Pendiente máxima del patio hacia la punta (dentro de 100 metros de la punta)	3H:1V		PRO
Pendiente máxima del patio hacia la punta (mas que 100 metros de la punta)	2H:1V		PRO
Compensación mínima de la punta de la pila (Cierre) a la punta expuesta de la berna perimetral	4 m		1

**Fecha:** 21-ENERO-2014

**Hecho por:** CJM

**Número de Proyecto:** 1300709

**Verificado por:** GRT

**Asunto:** Base de Diseño

**Revisado por:** RAB

**Proyecto :** Estudio de Pre-Factibilidad para el Proyecto Cerro Quema

#### 4.3.2 Criterios de Operación

Parámetro	Valor	Comentarios	Referencia
Densidad del mineral	1.5 toneladas/m <sup>3</sup>		KCA
Contenido promedio de humedad natural de mineral	5.8%	por peso seco	KCA
Contenido promedio de retención de humedad del mineral	8.9%	por peso seco	KCA
Tasa anual de carga de mineral	<b>Año</b>	<b>M Toneladas</b>	PE
	-1	0.89	
	1	3.6	
	2	3.6	
	3	3.6	
	4	3.6	
	5	3.6	
	6	0.85	
	7	0	
Tasa promedio de aplicación de solución	10 l/hr/m <sup>2</sup>		KCA
Tasa máxima de aplicación de solución	12 l/hr/m <sup>2</sup>		KCA
Caudal promedio de aplicación de solución	583 m <sup>3</sup> /hr		KCA
Caudal máximo de aplicación de solución	700 m <sup>3</sup> /hr		KCA
Evaporación máxima realizada	25 m <sup>3</sup> /hr	Rociadores evaporativos flotantes en el estanque de evento	KCA
Capacidad del caudal de la planta de tratamiento de agua	300 m <sup>3</sup> /hr		KCA
Sistema de irrigación de lixiviación (Condiciones de año típico y un año húmedo)	tipo rociadores		KCA
Sistema de Irrigación de Lixiviación (Condiciones de un año seco)	goteo		KCA
Ciclo promedio de lixiviación	70 días		KCA

#### 4.3.3 Parámetros de los Materiales de Construcción de la Pila

Parámetro	Valor	Comentario	Referencia
Espesor mínimo del suelo arcilloso	300 mm compactado		G
Conductividad hidráulica del suelo arcilloso - mas lento que	1.0 x 10 <sup>-6</sup> cm/seg		G
Recubrimiento de geomembrana	80-mil HDPE		G
Capa de drenaje sobre el recubrimiento - espesor mínimo	700 mm no compactado		G
Capa de drenaje sobre el recubrimiento - densidad in-situ	1.75 toneladas/m <sup>3</sup>		G
Capa de drenaje sobre el recubrimiento de conductividad hidráulica - mas rápido que	1.0 x 10 <sup>-2</sup> cm/seg		G
Sistema de tubería de colección de solución	CPE perforado HDPE perforado HDPE de pared solido		G
Inclinación mínima de colección de solución	1.0%		G
Espacio máximo de entre las tuberías terciarias de colección	Pendientes más planas que del 20%	5 m	G
	Pendientes mas inclinadas que del 20%	4 m	G
Sistema de detección de fugas	PVC perforados de 50 mm	Solamente debajo de las tuberías primarias de colección y canales de salida	G

**Fecha:** 21-ENERO-2014

**Hecho por:** CJM

**Número de Proyecto:** 1300709

**Verificado por:** GRT

**Asunto:** Base de Diseño

**Revisado por:** RAB

**Proyecto :** Estudio de Pre-Factibilidad para el Proyecto Cerro Quema

#### 4.3.4 Estanques de Proceso del Patio de Lixiviación

##### 4.3.4.1 Capacidades de los Estanques de Proceso

Parámetro	Capacidad de Almacenamiento (m³)	Comentarios	Referencia
Tanque estéril	525		KCA
<b>Estanque de solución rica</b>			
Operando las 24 horas	16,800		KCA
Drenaje de 24 horas	16,800	Debido a la pérdida del sistema de bombeo	PRO
110% del Tanque Estéril	600		G
<b>Total Requerido</b>	34,200		
<b>Total Disponible</b>	40,100	Al vertedero de rebose, 1 m debajo de la cresta	
<b>Capacidad del estanque de evento</b>			
Acumulación de flujo en un año típico	238,600	Desarrollado del flujo del proceso de balance de agua	G
<b>Total Requerido</b>	238,600		
<b>Total Disponible</b>	273,200	Al vertedero de rebose, 1 m debajo de la cresta	
<b>Capacidad Combinada de los Estanques de Proceso</b>			
Vertedero de rebose al estaque de solución rica	34,200		
Estanque de evento al vertedero de rebose	273,200		
Evento de tormenta de 25 años, 24 horas	49,500		G
Capacidad del vertedero de rebose al vertedor de emergencia	16,800	Sobre el vertedero de rebose, 1 m debajo de la cresta al vertedero de emergencia de 0.5 m	G
<b>Total Requerido</b>	322,300		
<b>Total Disponible</b>	330,100	Al vertedor de emergencia, 0.5 m debajo de la cresta	

##### 4.3.4.1 Construcción de los Estanques de Proceso

Espesor mínimo de la capa debajo del recubrimiento	300 mm compactado		G
Conductividad hidráulica máxima de la capa debajo del recubrimiento	No requisito		G
Recubrimiento de geomembrana primaria	2.0 mm (80-mil) HDPE	Texturado de un solo lado (lado texturizado hacia arriba)	G
Capa de drenaje del revestimiento del estanque	HDPE Geored		G
Recubrimiento de geomembrana secundaria	1.5 mm (60-mil) HDPE	Texturado por ambos lados	G
Sistema de detección de fugas	2m x 2m cárcamo relleno con grava con una tubería ascendiente de 250 mm HDPE DR26, de 1 m de profundidad		G

#### 4.3.5 Arreglo General de la Instalación de Botadero de Roca Estéril Chontal Superior

Parámetro	Valor	Comentario	Referencia
Densidad de Roca Estéril	2.03 toneladas/m³		PE
Capacidad	14.0 millones de toneladas		G
Área de perturbación	23.5 hectáreas		G
Altura máxima de la pila de botadero	80 m		G
Altura nominal de la carga	15 m		PE
Pendiente total	2.5H:1V	Restauración final	G
Pendiente local (entre bancos)	1.5H:1V		G
Ancho del banco	10 m		PE
Ancho mínimo de la cresta de la pila del botadero	40 m		G

**Fecha:** 21-ENERO-2014

**Hecho por:** CJM

**Número de Proyecto:** 1300709

**Verificado por:** GRT

**Asunto:** Base de Diseño

**Revisado por:** RAB

**Proyecto :** Estudio de Pre-Factibilidad para el Proyecto Cerro Quema

#### 4.3.6 Caminos de Acceso y Acarreo

Parámetro	Valor	Comentario	Referencia
Grado máximo del camino de acarreo durante la operación de la pila	10%		PE
Grado máximo del camino de acceso de la pila después de operación (cierre)	10%		PE
Ancho mínimo del camino de acarreo durante operación	16 m	Trafico de 2 vías	PE
Grado máximo del camino de acceso perimetral	30%		G
Ancho mínimo del camino de acceso perimetral	8 m	Trafico de vehiculos ligeros de 2 vías	G

#### 4.3.7 Canales de Desvió de Aguas Pluviales

Parámetro	Valor	Comentarios	Referencia
Evento de Tormenta de Diseño (permanente)	25-yr, 24-hr		G
Evento de Tormenta de Diseño (temporal)	25-yr, 24-hr		G
Margen libre mínimo (todos los canales)	15 cm debajo del nivel máximo de agua		G
Pendiente mínima	1.0%		G
Coefficiente de rugosidad de los canales sin recubrimiento	0.035		G
Coefficiente de rugosidad de canales forrados con concreto	0.015		G

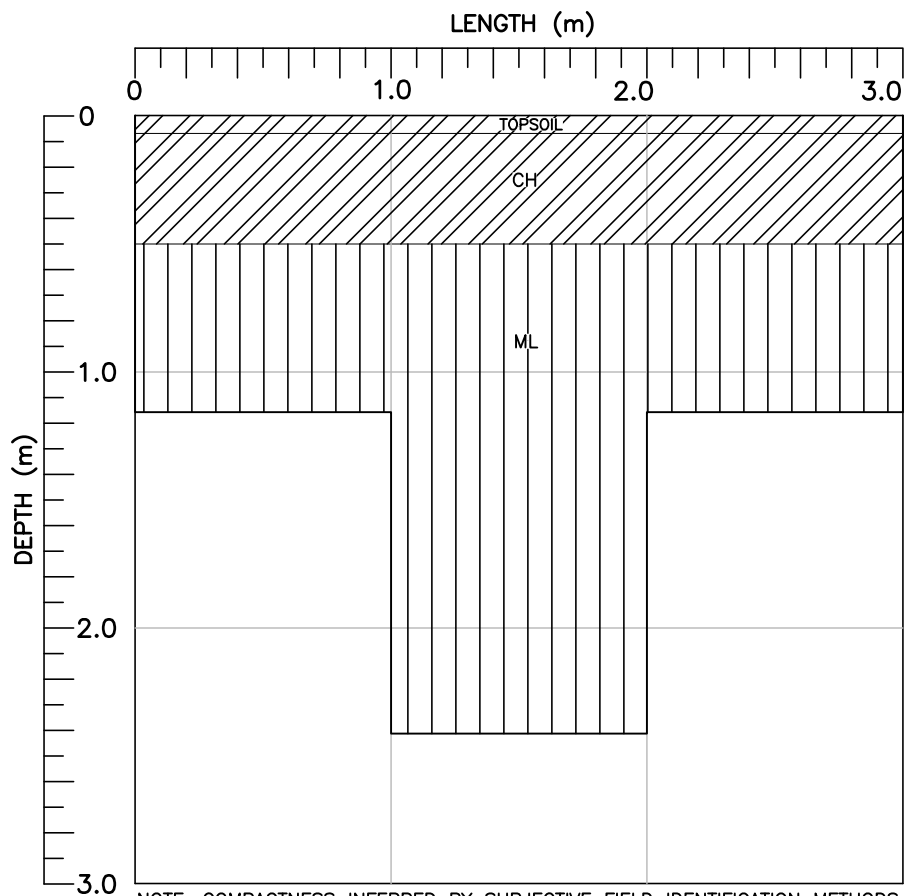
**APÉNDICE B**  
**PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA DEL CAMPO**



# TEST PIT LOG

No. TP-2

CLIENT PERSHIMCO RESSOURCES INC. PROJECT CERRO QUEMA MINE PRE-FEASIBILITY STUDY  
 TEMP — °F WEATHER CLEAR ENGINEER B. EASBY OPERATOR MIN CERRO QUEMA  
 EQUIPMENT SHOVELS, PICKS, BUCKETS CONTRACTOR MINERA CERRO QUEMA DATE 10/18/2013  
 COORDINATES N 832881 E 550884 ELEV. 209 m DATUM NAD 27 JOB 130-0709  
 LOCATION SOUTH OF MARICELA SECA HLF TIME —



LITHOLOGIC DESCRIPTIONS AND EXCAVATION NOTES	
0-0.10m:	Topsoil: FAT CLAY (CH), brown, moist, firm, high plasticity clay, few fine grained sand.
0.10-0.50 m:	FAT CLAY (CH), red-brown, moist, very stiff, high plasticity clay, fine grained sand.
0.50-2.40 m:	Highly weathered sedimentary rock excavates as: SANDY SILT (ML), yellow-brown, moist, very dense, low plasticity fines, fine grained sand.
Note: Observed some relict joints/bedding.	

NOTE: COMPACTNESS INFERRED BY SUBJECTIVE FIELD IDENTIFICATION METHODS ONLY. SPT 'N'-VALUES NOT OBTAINED.



## SPECIAL NOTES

1. Hand excavated
2. Water pooled in pit overnight.
3. Area partially cleared for grazing, reforestation efforts are underway.

## SAMPLES

NO.	TYPE	DEPTH (ft)
1	BG	0.4 m
2	BG	1.0 m

## LEGEND

BG=BAG SAMPLE

BK=BUCKET SAMPLE

T=2.5"Ø TUBE SAMPLE

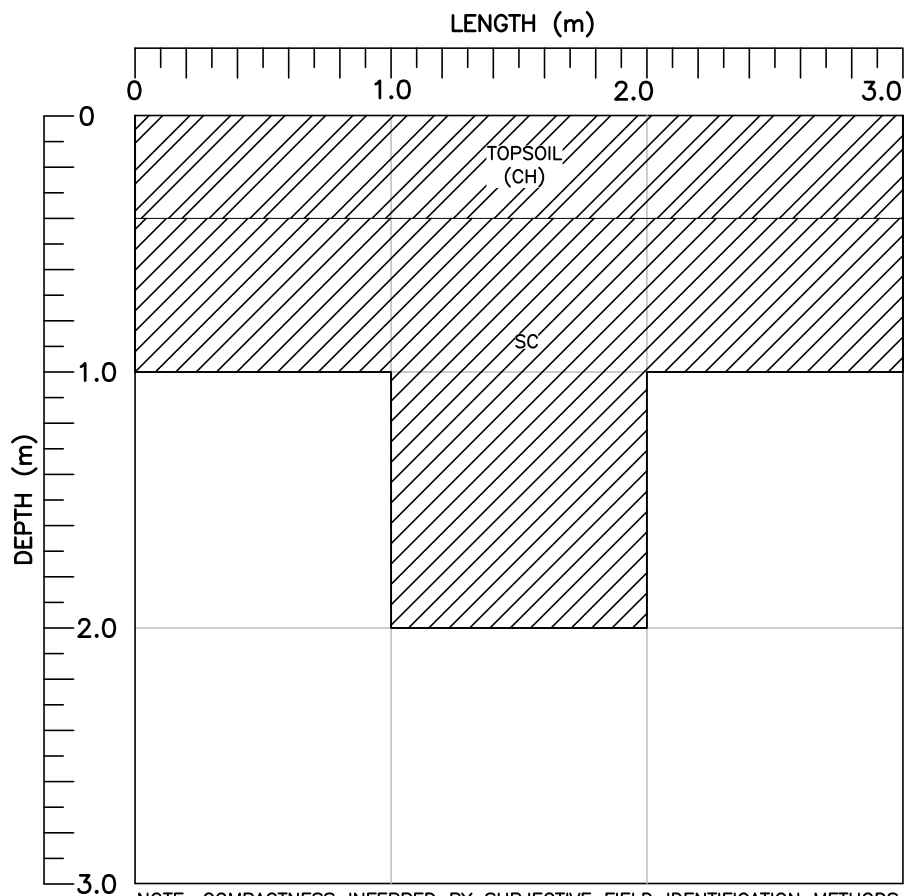
CADD: MDB

CHECK: PS

REVIEW: RAB

DATE: 11-07-13

CLIENT PERSHIMCO RESSOURCES INC. PROJECT CERRO QUEMA MINE PRE-FEASIBILITY STUDY  
 TEMP — °F WEATHER CLEAR ENGINEER B. EASBY OPERATOR MIN CERRO QUEMA  
 EQUIPMENT SHOVELS, PICKS, BUCKETS CONTRACTOR MINERA CERRO QUEMA DATE 10/21/2013  
 COORDINATES N 833127 E 551176 ELEV. 265 m DATUM NAD 27 JOB 130-0709  
 LOCATION SOUTH OF MARICELA HLF TIME —



## LITHOLOGIC DESCRIPTIONS AND EXCAVATION NOTES

### 0-0.45m:

Topsoil: FAT CLAY (CH), red-brown, moist, firm, high plasticity clay, few fine grained sand.

### 0.45-2.0 m:

Highly weathered sedimentary rock excavates as: CLAYEY SAND (SC), yellow-brown, moist, very dense, medium plasticity fines, fine grained sand.

NOTE: COMPACTNESS INFERRED BY SUBJECTIVE FIELD IDENTIFICATION METHODS ONLY. SPT 'N'-VALUES NOT OBTAINED.

## SPECIAL NOTES

1. Hand excavated
2. Slopes up to 50% down ravines.
3. Surface was highly vegetated with grass, brush and trees up to 100 cm diameter.

## SAMPLES

NO.	TYPE	DEPTH (ft)
1	BG	0.4 m
2	BG	1.0 m
1	BG	2.0 m
2	BG	2.0 m

## LEGEND

BG=BAG SAMPLE

BK=BUCKET SAMPLE

T=2.5"Ø TUBE SAMPLE

CADD: MDB

CHECK: PS

REVIEW: RAB

DATE: 11-07-13



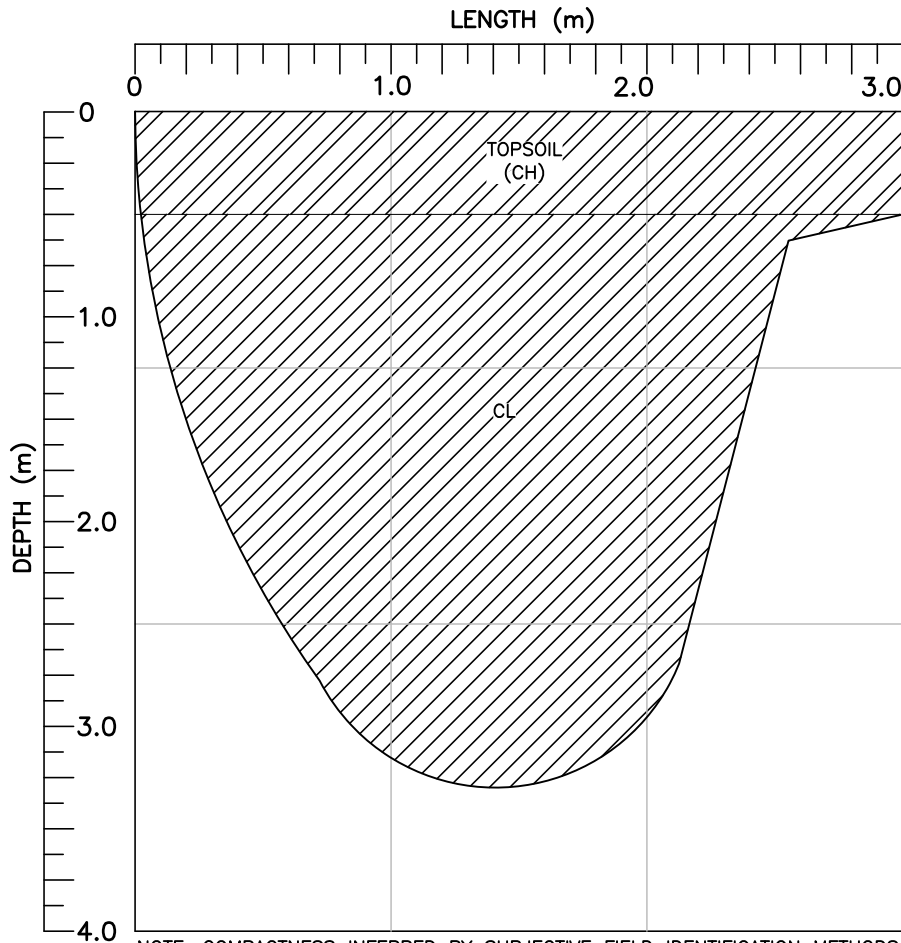




# TEST PIT LOG

No. TP-10

CLIENT PERSHIMCO RESSOURCES INC. PROJECT CERRO QUEMA MINE PRE-FEASIBILITY STUDY  
 TEMP - °F WEATHER CLEAR ENGINEER B. EASBY OPERATOR MIN CERRO QUEMA  
 EQUIPMENT CAT 320 C TRACK EXCAVATOR CONTRACTOR MINERA CERRO QUEMA DATE 10/25/2013  
 COORDINATES N 833684 E 551204 ELEV. 287 m DATUM NAD 27 JOB 130-0709  
 LOCATION NEAR WESTERN BOUNDARY OF MARICELA HLF TIME 8:30



## LITHOLOGIC DESCRIPTIONS AND EXCAVATION NOTES

### 0-0.4m:

Topsoil: FAT CLAY (CH), red-brown, moist, firm, high plasticity clay, few fine grained sand.

### 0.45-3.2m:

Highly weathered Hornblende Porphyry excavates as: SANDY LEAN CLAY (CL), red-brown, moist, hard, low plasticity fines, fine to coarse grained sand, few fine angular gravels.

Note: Excavated material can be broken down.

Note: Rock structure still partially visible.

NOTE: COMPACTNESS INFERRED BY SUBJECTIVE FIELD IDENTIFICATION METHODS ONLY. SPT 'N'-VALUES NOT OBTAINED.

## SPECIAL NOTES

1. Surface was highly vegetated with grass, brush and trees up to 100 cm diameter.

## SAMPLES

NO.	TYPE	DEPTH (ft)
1	BK	3.1 m
2	BK	3.1 m

## LEGEND

BG=BAG SAMPLE

BK= BUCKET SAMPLE

T=2.5"Ø TUBE SAMPLE

CADD: MDB

CHECK: PS

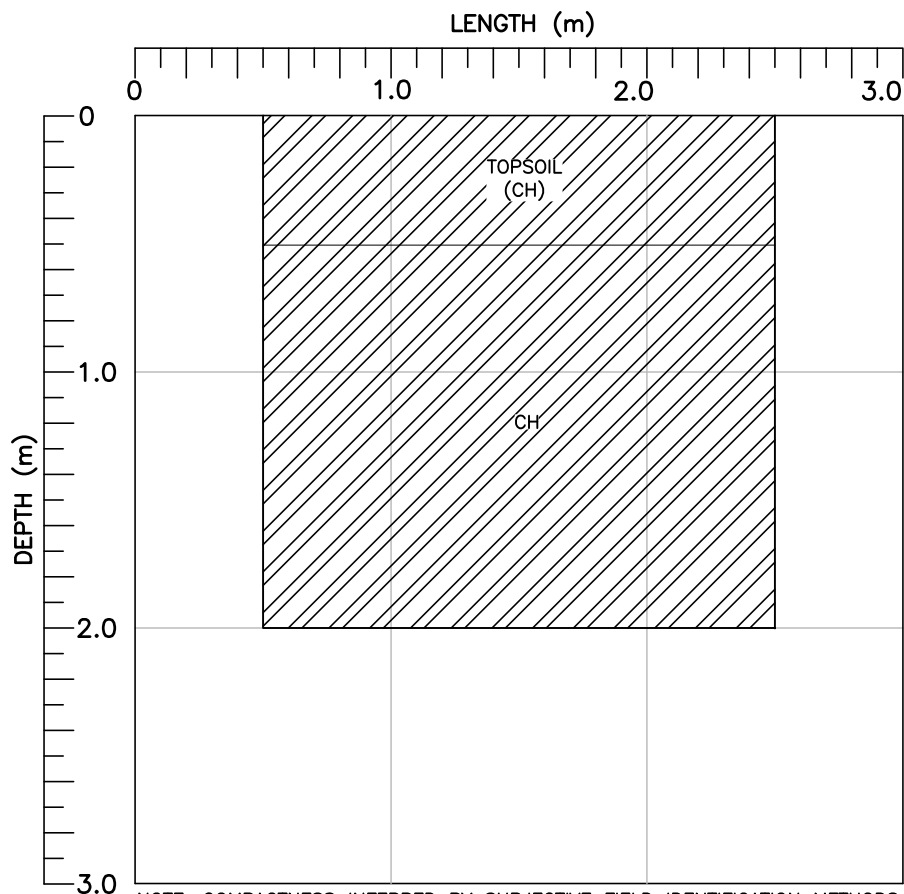
REVIEW: RAB

DATE: 11-07-13





CLIENT PERSHIMCO RESSOURCES INC. PROJECT CERRO QUEMA MINE PRE-FEASIBILITY STUDY  
 TEMP - °F WEATHER CLEAR ENGINEER B. EASBY OPERATOR MIN CERRO QUEMA  
 EQUIPMENT SHOVELS, PICKS, BUCKETS CONTRACTOR MINERA CERRO QUEMA DATE 10/23/13-10/25/13  
 COORDINATES N 833529 E 551786 ELEV. 327 m DATUM NAD 27 JOB 130-0709  
 LOCATION NEAR EASTERN BOUNDARY OF MARICELA HLF TIME -



## LITHOLOGIC DESCRIPTIONS AND EXCAVATION NOTES

### 0-0.4m:

Topsoil: FAT CLAY (CH), brown, moist, firm, high plasticity clay, few fine grained sand.

### 0.4-2.0m:

Highly weathered Hornblende Porphyry excavates as: FAT CLAY (CH), yellow-brown, moist, hard, high plasticity fines, fine grained sand.

Note: Apparent density increases with depth.

Note: Observed fissures with lighter clay alterations.

NOTE: COMPACTNESS INFERRED BY SUBJECTIVE FIELD IDENTIFICATION METHODS ONLY. SPT 'N'-VALUES NOT OBTAINED.

## SPECIAL NOTES

1. Hand excavated
2. Surface was highly vegetated with grass, brush and trees.

## SAMPLES

NO.	TYPE	DEPTH (ft)
1	BG	1.95 m
2	BG	1.95 m

## LEGEND

BG=BAG SAMPLE

BK=BUCKET SAMPLE

T=2.5"Ø TUBE SAMPLE

CADD: MDB

CHECK: PS

REVIEW: RAB

DATE: 11-07-13

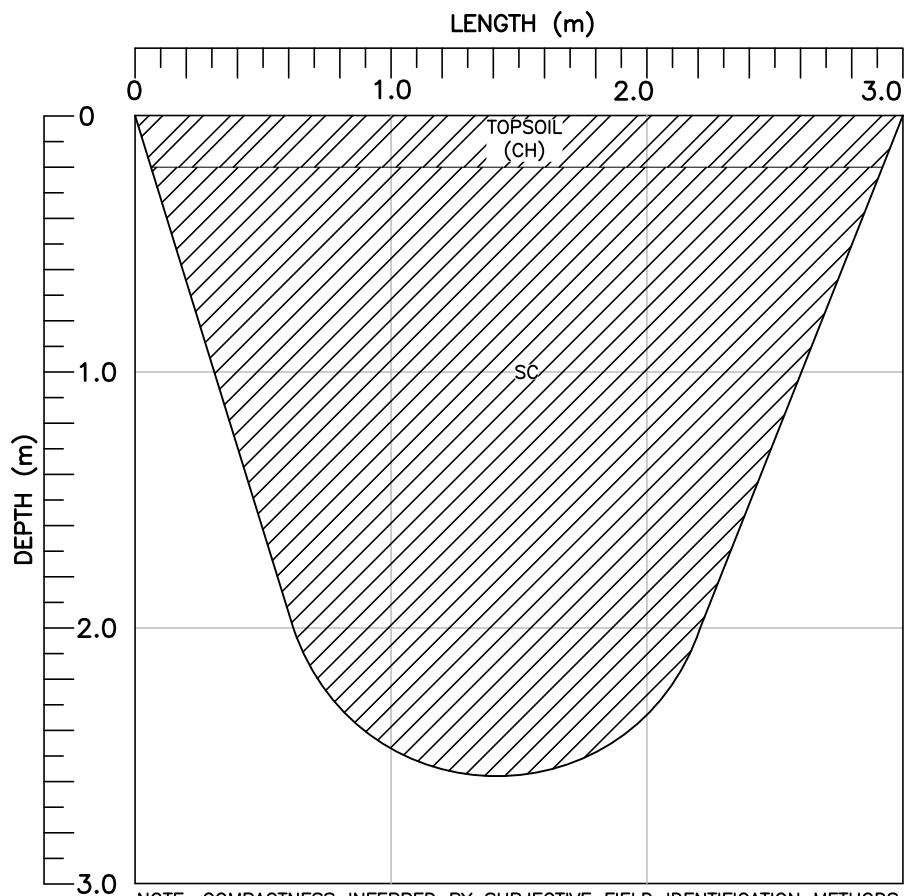




# TEST PIT LOG

No. TP-12

CLIENT PERSHIMCO RESSOURCES INC. PROJECT CERRO QUEMA MINE PRE-FEASIBILITY STUDY  
 TEMP - °F WEATHER CLEAR ENGINEER B. EASBY OPERATOR MIN CERRO QUEMA  
 EQUIPMENT CAT 326 TRACK EXCAVATOR CONTRACTOR MINERA CERRO QUEMA DATE 10/23/13  
 COORDINATES N 833358 E 551213 ELEV. 287 m DATUM NAD 27 JOB 130-0709  
 LOCATION MARICELA HLF TIME 10:40 - 10:58



**LITHOLOGIC DESCRIPTIONS AND EXCAVATION NOTES**

0-0.2m:  
 Topsoil: FAT CLAY (CH), brown, moist, firm, high plasticity clay, few fine grained sand.

0.2-2.6m:  
 Highly weathered sedimentary rock excavates as: CLAYEY SAND WITH GRAVEL (SC), yellow-brown, moist, dense, fine to coarse angular gravel, medium plasticity fines, fine to coarse grained sand.

Note: Rock Strength R1-R2, easily breaks along bedding and fractures.

NOTE: COMPACTNESS INFERRED BY SUBJECTIVE FIELD IDENTIFICATION METHODS ONLY. SPT 'N'-VALUES NOT OBTAINED.

## SPECIAL NOTES

- Excavated on ridge.
- Surface was highly vegetated with grass, brush and trees.



## SAMPLES

NO.	TYPE	DEPTH (ft)
1	BG	2.6 m
2	BG	2.6 m

## LEGEND

BG=BAG SAMPLE  
 BK=BUCKET SAMPLE  
 T=2.5"Ø TUBE SAMPLE

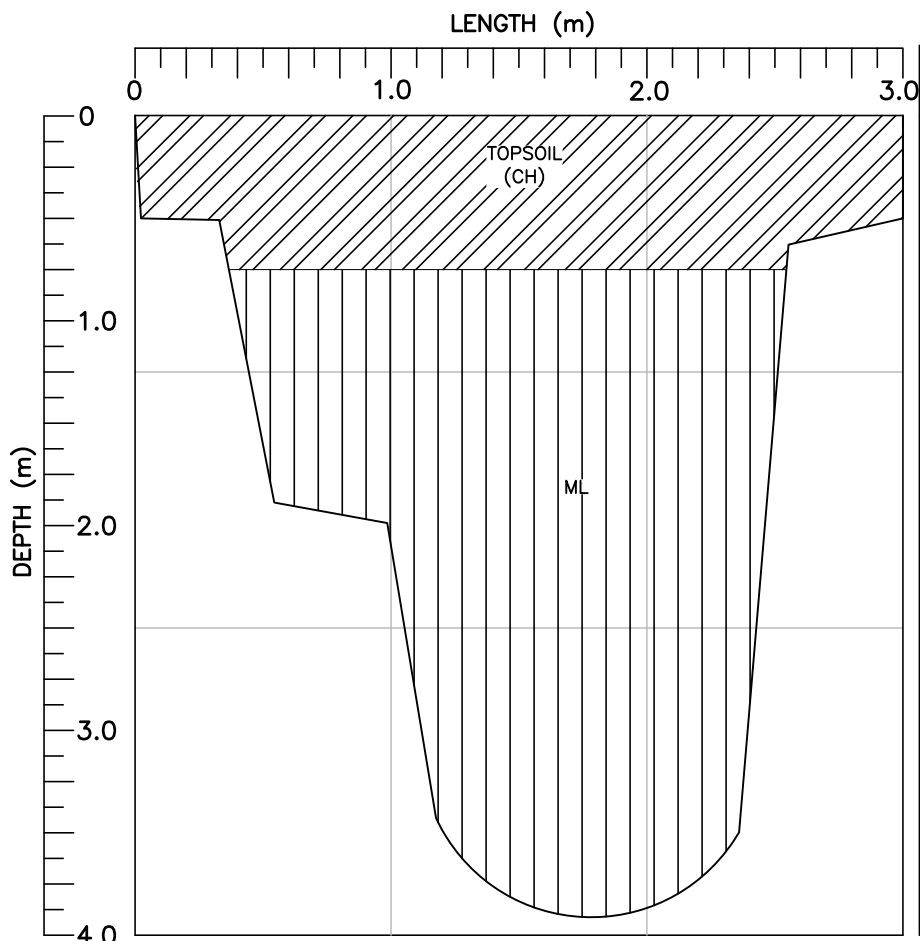
CADD: MDB  
 CHECK: PS  
 REVIEW: RAB  
 DATE: 11-07-13



# TEST PIT LOG

No. TP-13

CLIENT PERSHIMCO RESSOURCES INC. PROJECT CERRO QUEMA MINE PRE-FEASIBILITY STUDY  
 TEMP - °F WEATHER RAINING ENGINEER B. EASBY OPERATOR MIN CERRO QUEMA  
 EQUIPMENT CAT 326 TRACK EXCAVATOR CONTRACTOR MINERA CERRO QUEMA DATE 10/23/2013  
 COORDINATES N 833455 E 551271 ELEV. 271 m DATUM NAD 27 JOB 130-0709  
 LOCATION MARICELA HLF TIME 10:15 - 12:05



LITHOLOGIC DESCRIPTIONS AND EXCAVATION NOTES	
0-0.6m:	Topsoil: FAT CLAY (CH), red-brown, moist, firm, high plasticity clay, few fine grained sand.
0.6-4.0m:	Highly weathered sedimentary rock excavates as: SANDY SILT (ML), red-brown, moist, very dense, medium plasticity fines, fine grained sand.
Note: Excavates as cobble and gravel sized pieces that are easily broken down by hand.	

NOTE: COMPACTNESS INFERRED BY SUBJECTIVE FIELD IDENTIFICATION METHODS ONLY. SPT 'N'-VALUES NOT OBTAINED.



## SPECIAL NOTES

1. Surface was highly vegetated with grass, brush and trees up to 1.0m diameter.

## SAMPLES

NO.	TYPE	DEPTH (ft)
1	BK	3.0 m
2	BK	3.0 m
1	T	3.2 m
2	T	3.2 m

## LEGEND

BG=BAG SAMPLE  
 BK= BUCKET SAMPLE  
 T=2.5"Ø TUBE SAMPLE

CADD: MDB  
 CHECK: PS  
 REVIEW: RAB  
 DATE: 11-07-13

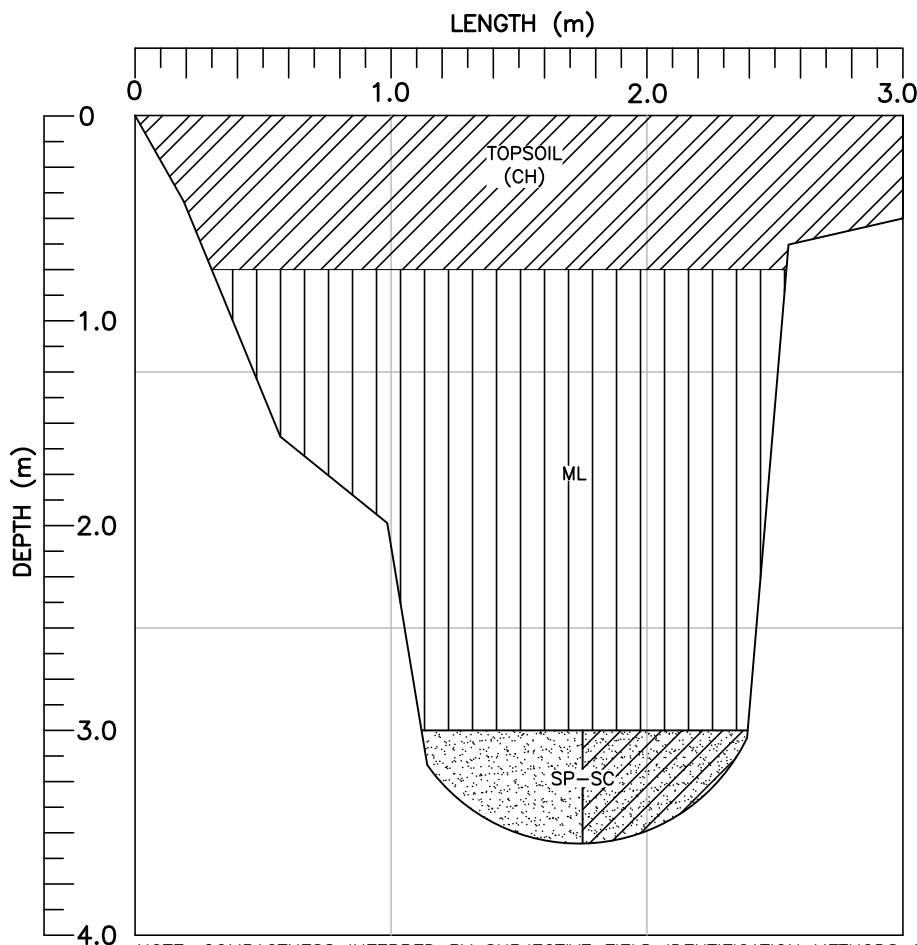




# TEST PIT LOG

No. TP-14

CLIENT PERSHIMCO RESSOURCES INC. PROJECT CERRO QUEMA MINE PRE-FEASIBILITY STUDY  
 TEMP - °F WEATHER RAINING ENGINEER B. EASBY OPERATOR MIN CERRO QUEMA  
 EQUIPMENT CAT 326 TRACK EXCAVATOR CONTRACTOR MINERA CERRO QUEMA DATE 10/24/2013  
 COORDINATES N 833468 E 551381 ELEV. - DATUM NAD 27 JOB 130-0709  
 LOCATION MARICELA HLF TIME 8:10 - 8:45



## LITHOLOGIC DESCRIPTIONS AND EXCAVATION NOTES

**0-0.6m:**  
 Topsoil: FAT CLAY (CH), red-brown, moist, firm, high plasticity clay, few fine grained sand.

**0.6-3.0m:**  
 Highly weathered sedimentary rock excavates as: SILT WITH SAND (ML), yellow-brown, moist, very dense, medium plasticity fines, fine grained sand.

**3.0-3.6m:**  
 Highly weathered sedimentary rock excavates as: POORLY GRADED SAND WITH CLAY (SP-SC), yellow-brown, moist, very dense, medium plasticity fines, fine grained sand.

Note: Rock breaks easily along fractures.

Note: Fracture surfaces appear coated with iron oxide.

NOTE: COMPACTNESS INFERRED BY SUBJECTIVE FIELD IDENTIFICATION METHODS ONLY. SPT 'N'-VALUES NOT OBTAINED.

## SPECIAL NOTES

1. Surface was highly vegetated with grass, brush and trees up to 1.0m diameter.

## SAMPLES

NO.	TYPE	DEPTH (ft)
1	T	1.7 m
2	T	1.7 m
1	BK	3.6 m
2	BK	3.6 m

## LEGEND

BG=BAG SAMPLE  
 BK= BUCKET SAMPLE  
 T=2.5"Ø TUBE SAMPLE

CADD: MDB  
 CHECK: PS  
 REVIEW: RAB  
 DATE: 11-07-13

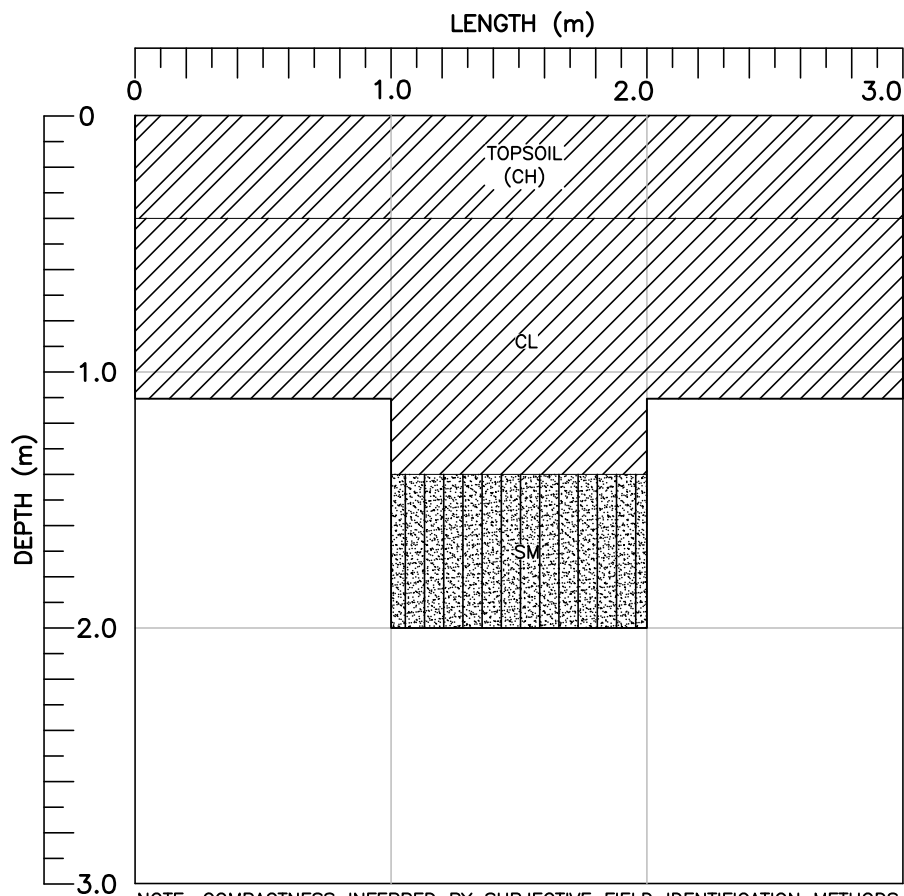




# TEST PIT LOG

No. TP-15

CLIENT PERSHIMCO RESSOURCES INC. PROJECT CERRO QUEMA MINE PRE-FEASIBILITY STUDY  
 TEMP - °F WEATHER CLEAR ENGINEER B. EASBY OPERATOR MIN CERRO QUEMA  
 EQUIPMENT SHOVELS, PICKS, BUCKETS CONTRACTOR MINERA CERRO QUEMA DATE 10/23/13-10/25/13  
 COORDINATES N 833717 E 551484 ELEV. - DATUM NAD 27 JOB 130-0709  
 LOCATION MARICELA HLF TIME -



LITHOLOGIC DESCRIPTIONS AND EXCAVATION NOTES	
0-0.4m:	Topsoil: FAT CLAY (CH), red-brown, moist, firm, high plasticity clay, few fine grained sand.
0.4-1.4m:	LEAN CLAY WITH SAND (CL), gray-brown, moist, hard, high plasticity clay, few fine grained sand.
1.4-2.0 m:	Highly weathered Hornblende Porphyry excavates as: SILTY SAND (SM), gray-red-brown, moist, dense, low plasticity fines, fine to coarse grained sand, fine angular gravel.
Note: Weathered to mineral grains.	

NOTE: COMPACTNESS INFERRED BY SUBJECTIVE FIELD IDENTIFICATION METHODS ONLY. SPT 'N'-VALUES NOT OBTAINED.

## SPECIAL NOTES

1. Hand excavated
2. Surface was highly vegetated with grass, brush and trees.

## SAMPLES

NO.	TYPE	DEPTH (ft)
1	BG	1.0 m
1	BG	2.0 m
2	BG	2.0 m

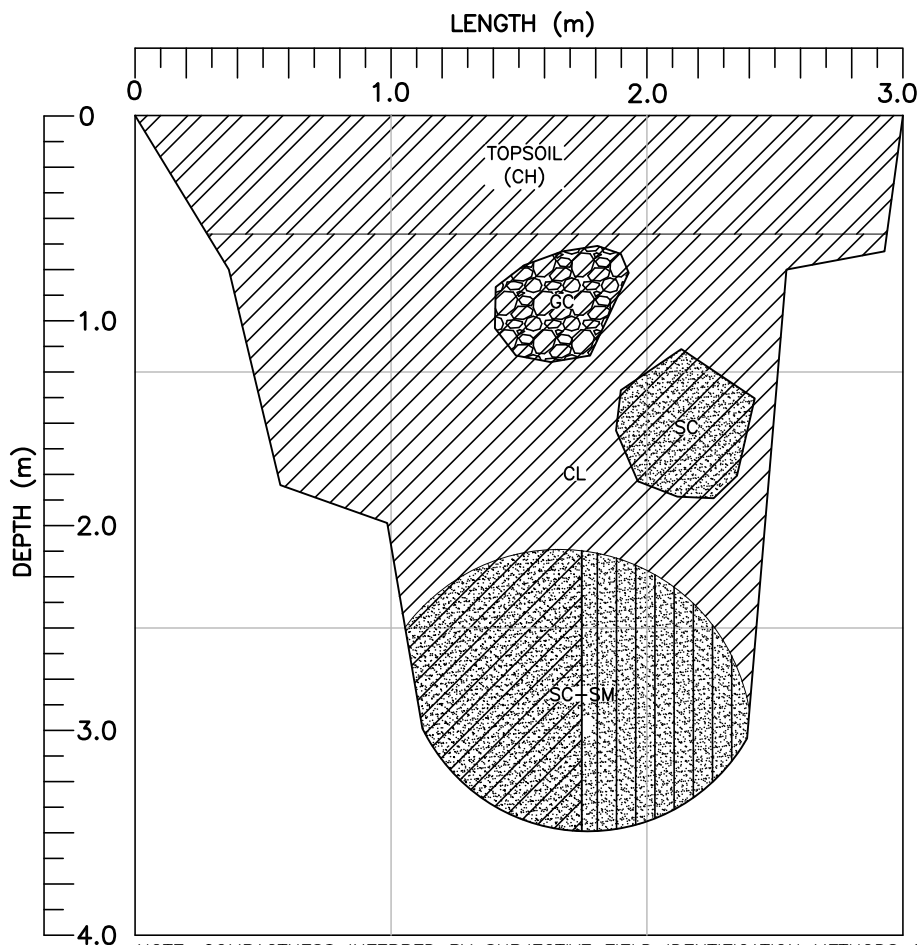
## LEGEND

BG=BAG SAMPLE  
 BK=BUCKET SAMPLE  
 T=2.5"Ø TUBE SAMPLE

CADD: MDB  
 CHECK: PS  
 REVIEW: RAB  
 DATE: 11-07-13



CLIENT PERSHIMCO RESSOURCES INC. PROJECT CERRO QUEMA MINE PRE-FEASIBILITY STUDY  
 TEMP — °F WEATHER CLEAR ENGINEER B. EASBY OPERATOR MIN CERRO QUEMA  
 EQUIPMENT CAT 320C TRACK EXCAVATOR CONTRACTOR MINERA CERRO QUEMA DATE 10/24/2013  
 COORDINATES N 833689 E 551590 ELEV. — DATUM NAD 27 JOB 130-0709  
 LOCATION MARICELA HLF TIME 9:45 - 10:30



## LITHOLOGIC DESCRIPTIONS AND EXCAVATION NOTES

### 0-0.6m:

Topsoil: FAT CLAY (CH), brown, moist, firm, high plasticity clay, few fine grained sand.

### 0.6-2.0m:

Highly weathered Hornblende Porphyry excavates as: LEAN CLAY WITH SAND (CL), red-brown, moist, hard, low plasticity fines, fine to coarse grained sand.

### 2.0-3.5m:

Highly weathered Hornblende Porphyry excavates as: SILTY, CLAYEY SAND WITH GRAVEL (SC-SM), brown-red, moist, very dense, fine to coarse grained sand, low plasticity fines, fine angular gravel, cobbles up to 20 cm in diameter.

Note: No definitive material changes. Irregular weathering leaving pockets of sands, gravels and intact rock.

NOTE: COMPACTNESS INFERRED BY SUBJECTIVE FIELD IDENTIFICATION METHODS ONLY. SPT 'N'-VALUES NOT OBTAINED.

## SPECIAL NOTES

1. Surface and vegetation was wet from overnight rain.
2. Surface was highly vegetated with grass, brush and trees up to 1.0m diameter.

## SAMPLES

NO.	TYPE	DEPTH (ft)
1	BG	1.3 m
2	BG	1.3 m
1	T	1.8 m
2	T	1.8 m
1	BK	3.5 m
2	BK	3.5 m

## LEGEND

BG=BAG SAMPLE

BK= BUCKET SAMPLE

T=2.5"Ø TUBE SAMPLE

CADD: MDB

CHECK: PS

REVIEW: RAB

DATE: 11-07-13



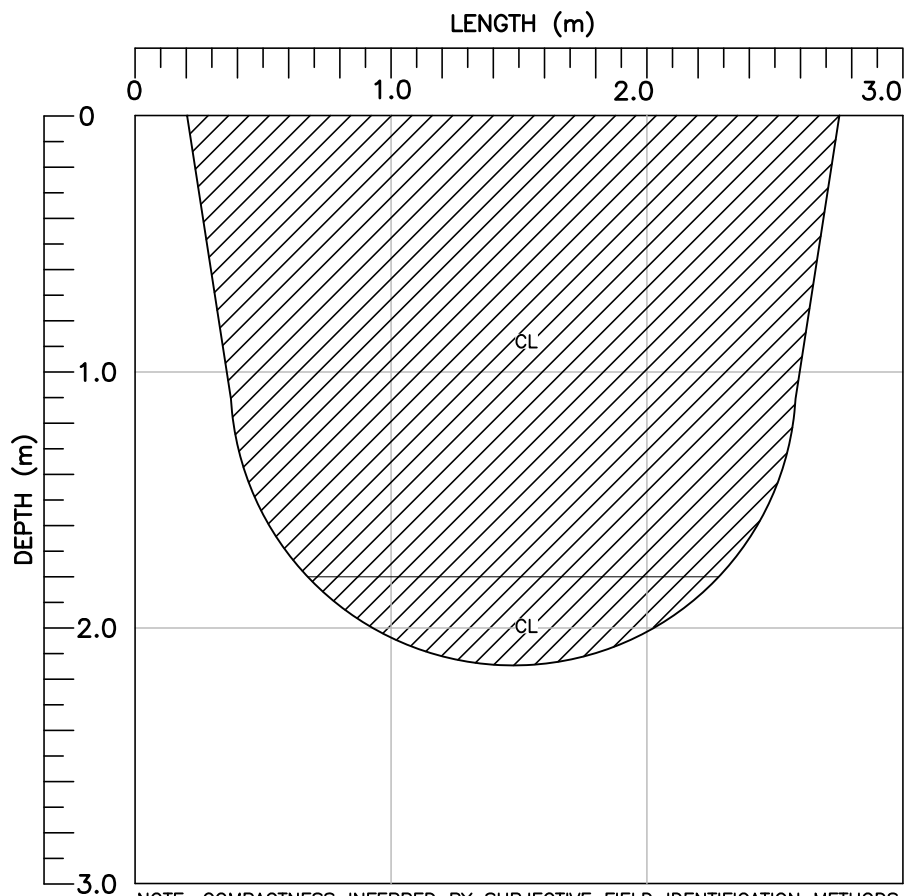




# TEST PIT LOG

No. TP-17

CLIENT PERSHIMCO RESSOURCES INC. PROJECT CERRO QUEMA MINE PRE-FEASIBILITY STUDY  
 TEMP — °F WEATHER RAINING ENGINEER B. EASBY OPERATOR MIN CERRO QUEMA  
 EQUIPMENT CAT 326 TRACK EXCAVATOR CONTRACTOR MINERA CERRO QUEMA DATE 10/16/2013  
 COORDINATES N 833736 E 550094 ELEV. — DATUM NAD 27 JOB 130-0709  
 LOCATION SOUTH LA PAVA WRD TIME 12:45 - 1:20



**LITHOLOGIC DESCRIPTIONS AND EXCAVATION NOTES**

**0-1.8m:**  
 Completely weathered Saprolite/Sedimentary rock excavates as: LEAN CLAY (CL), yellow-brown, moist, soft, medium plasticity, few fine grained sand.

**1.8-2.2m:**  
 Highly to Completely Weathered Sedimentary rock excavates as SANDY LEAN CLAY (CL), yellow-brown, wet, soft, medium plasticity fines, fine grained sand.

Note: Observed laminations 1-8cm thick.

Note: Water seeping in sides of pit through fractures in rock.

NOTE: COMPACTNESS INFERRED BY SUBJECTIVE FIELD IDENTIFICATION METHODS ONLY. SPT 'N'-VALUES NOT OBTAINED.

## SPECIAL NOTES

- Pit terminated due to inflow of water.
- Excavated next to existing road cut face, 1.2m below adjacent existing ground.

## SAMPLES

NO.	TYPE	DEPTH (ft)
1	BG	1.2 m
2	BG	2.1 m

## LEGEND

BG=BAG SAMPLE  
 BK=BUCKET SAMPLE  
 T=2.5"Ø TUBE SAMPLE

CADD: MDB  
 CHECK: PS  
 REVIEW: RAB  
 DATE: 11-07-13

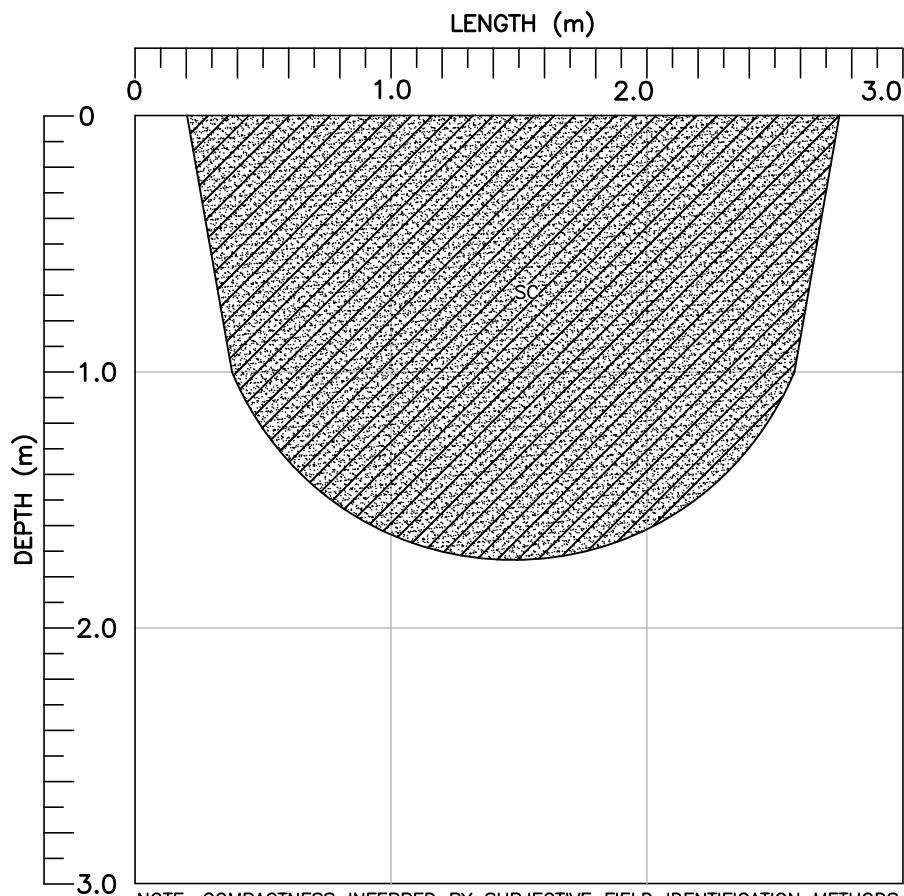




# TEST PIT LOG

No. TP-18

CLIENT PERSHIMCO RESSOURCES INC. PROJECT CERRO QUEMA MINE PRE-FEASIBILITY STUDY  
TEMP - °F WEATHER CLEAR ENGINEER B. EASBY OPERATOR MIN CERRO QUEMA  
EQUIPMENT CAT 326 TRACK EXCAVATOR CONTRACTOR MINERA CERRO QUEMA DATE 10/16/2013  
COORDINATES N 833817 E 550075 ELEV. 283m DATUM NAD 27 JOB 130-0709  
LOCATION SOUTH LA PAVA WRD TIME 1:45 - 2:20



## LITHOLOGIC DESCRIPTIONS AND EXCAVATION NOTES

0-1.7m:  
Highly to Completely Weathered Dactite  
Hornblende Porphyry excavates as:  
CLAYEY SAND (SC), brownish red, moist, dense,  
fine to coarse angular gravel, medium plasticity  
fines, fine to coarse grained sand, cobbles up  
to 20cm in diameter friable by hand with  
moderate difficulty.

NOTE: COMPACTNESS INFERRED BY SUBJECTIVE FIELD IDENTIFICATION METHODS ONLY. SPT 'N'-VALUES NOT OBTAINED.

## SPECIAL NOTES

1. Excavated next to existing access road cut face, 2.5m below adjacent existing ground

## SAMPLES

NO.	TYPE	DEPTH (ft)
1	BG	1.2 m
2	BG	1.7 m

## LEGEND

BG=BAG SAMPLE

BK=BUCKET SAMPLE

T=2.5"Ø TUBE SAMPLE

CADD: MDB

CHECK: PS

REVIEW: RAB

DATE: 11-07-13



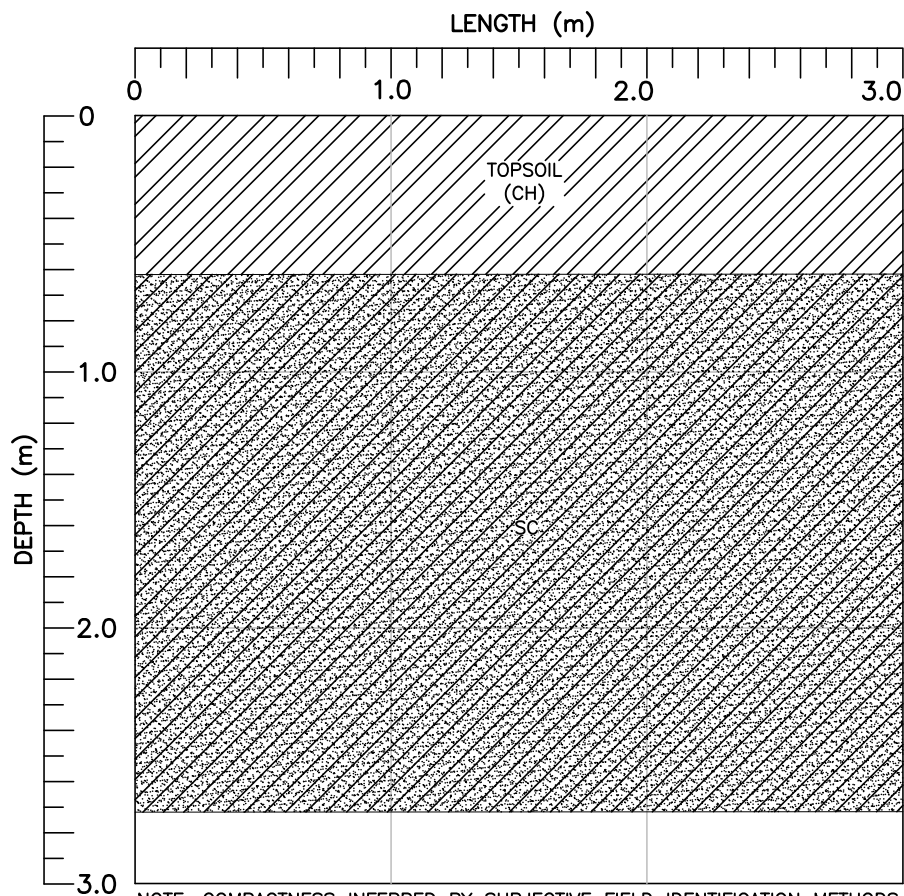




# TEST PIT LOG

No.TP-18 CUTFACE

CLIENT PERSHIMCO RESSOURCES INC. PROJECT CERRO QUEMA MINE PRE-FEASIBILITY STUDY  
 TEMP - °F WEATHER CLEAR ENGINEER B. EASBY OPERATOR MIN CERRO QUEMA  
 EQUIPMENT - CONTRACTOR MINERA CERRO QUEMA DATE 10/17/2013  
 COORDINATES N 833807 E 550075 ELEV. 283m DATUM NAD 27 JOB 130-0709  
 LOCATION SOUTH LA PAVA WRD TIME -



LITHOLOGIC DESCRIPTIONS AND EXCAVATION NOTES	
0-0.6m:	Topsoil: FAT CLAY WITH SAND (CH), brown, wet, very soft, high plasticity fines, fine to medium grained sand.
	Note: Significant vegetation and roots up to 20cm in diameter.
0.6-2.7m:	Highly to Completely Weathered Dactite Hornblende Porphyry excavates as CLAYEY SAND (SC), reddish brown, moist, very dense, fine to coarse angular gravel, coarse grained sand, high plasticity fines, fine grained sand, cobbles and boulders up to 50cm.

NOTE: COMPACTNESS INFERRED BY SUBJECTIVE FIELD IDENTIFICATION METHODS ONLY. SPT 'N'-VALUES NOT OBTAINED.



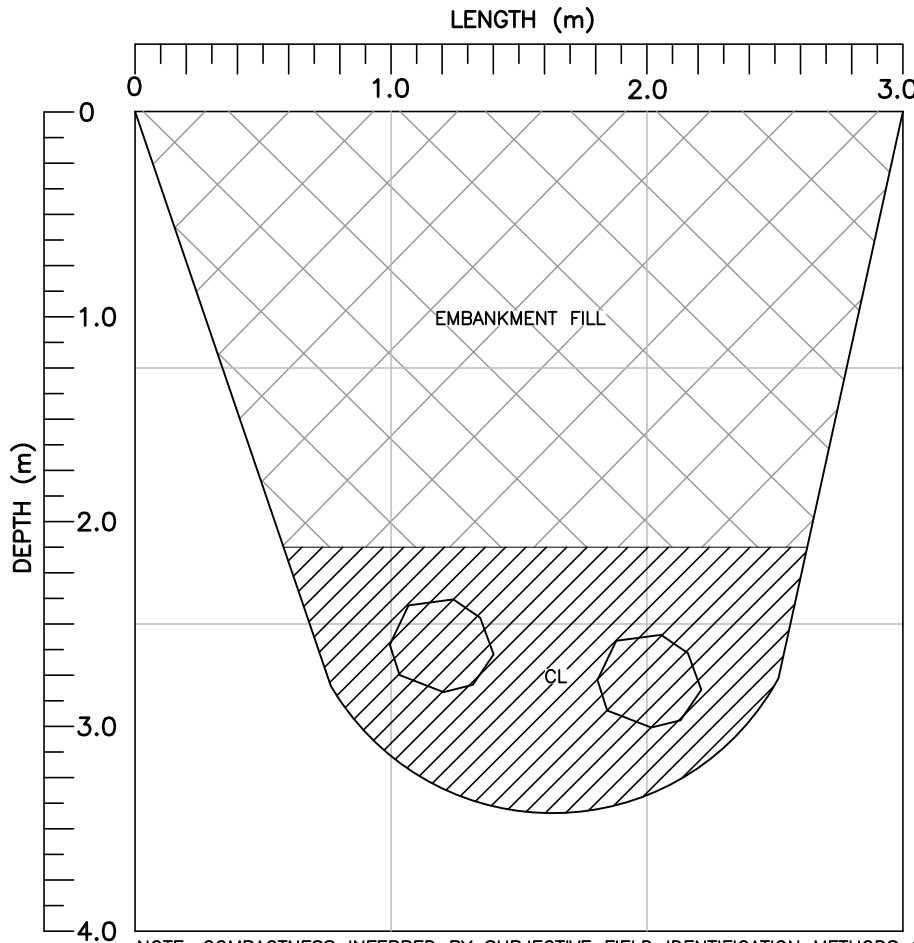
SPECIAL NOTES		
1. Significant vegetation consisting of grass, brush and trees up to 60cm in diameter.		
2. Running water in culvert at base of cut face.		
SAMPLES		
NO.	TYPE	DEPTH (ft)
LEGEND		CADD: <u>MDB</u>
BG=BAG SAMPLE		CHECK: <u>PS</u>
BK=BUCKET SAMPLE		REVIEW: <u>RAB</u>
T=2.5"Ø TUBE SAMPLE		DATE: <u>11-07-13</u>



# TEST PIT LOG

No. TP-19

CLIENT PERSHIMCO RESSOURCES INC. PROJECT CERRO QUEMA MINE PRE-FEASIBILITY STUDY  
 TEMP - °F WEATHER HEAVY RAIN ENGINEER B. EASBY OPERATOR MIN CERRO QUEMA  
 EQUIPMENT CAT 326 TRACK EXCAVATOR CONTRACTOR MINERA CERRO QUEMA DATE 10/16/2013  
 COORDINATES N 833910 E 550045 ELEV. 279m DATUM NAD 27 JOB 130-0709  
 LOCATION SOUTH LA PAVA WRD TIME 3:00 -3:45



## LITHOLOGIC DESCRIPTIONS AND EXCAVATION NOTES

0-2.1m:

EMBANKMENT FILL

Note: Water seeping through fill.

2.1-3.4m:

Highly weathered Saprolite excavates as: SANDY LEAN CLAY (CL), green-blue-brown, wet, firm, low plasticity fines, fine to coarse grained sand, Saprolite cobbles and boulders up to 50cm.

Note: Water seeping in sides of pit.

NOTE: COMPACTNESS INFERRED BY SUBJECTIVE FIELD IDENTIFICATION METHODS ONLY. SPT 'N'-VALUES NOT OBTAINED.

## SPECIAL NOTES

- Excavated 10m from ravine with running water.

## SAMPLES

NO.	TYPE	DEPTH (ft)
1	BG	1.55 m
2	BG	3.4 m

## LEGEND

BG=BAG SAMPLE

BK= BUCKET SAMPLE

T=2.5"Ø TUBE SAMPLE

CADD: MDB

CHECK: PS

REVIEW: RAB

DATE: 11-07-13



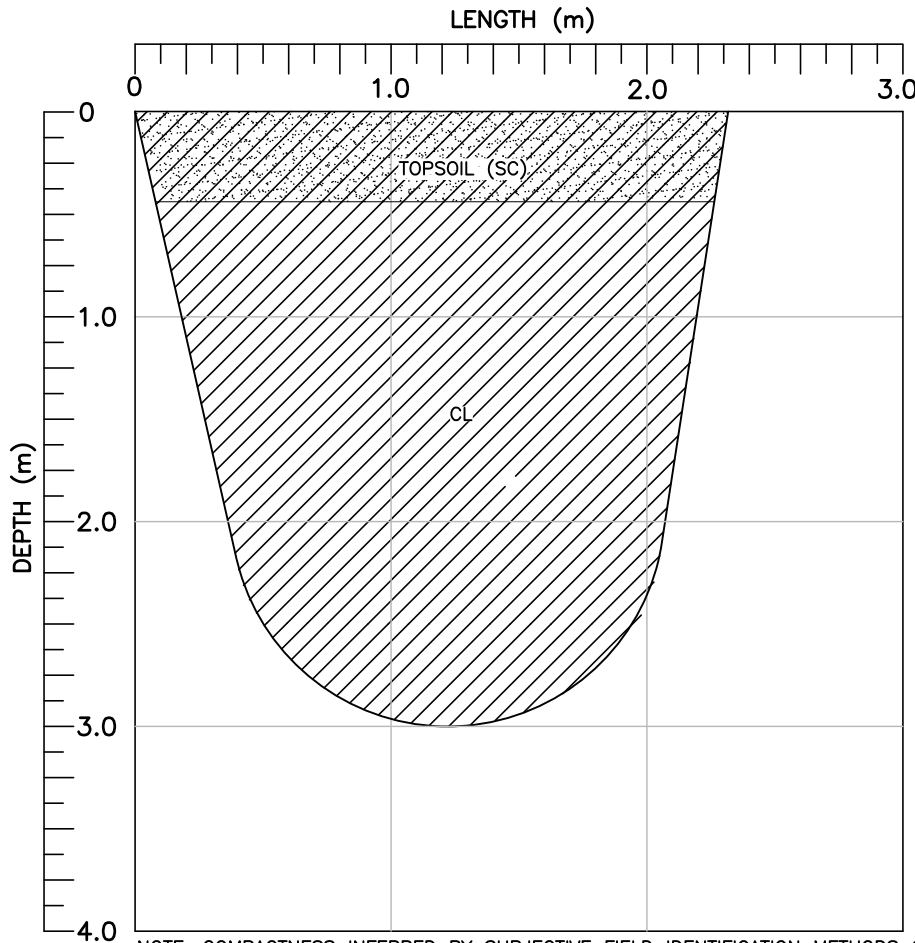




# TEST PIT LOG

No. TP-20

CLIENT PERSHIMCO RESSOURCES INC. PROJECT CERRO QUEMA MINE PRE-FEASIBILITY STUDY  
 TEMP — °F WEATHER MOIST, SUNNY ENGINEER B. EASBY OPERATOR MIN CERRO QUEMA  
 EQUIPMENT CAT 326 TRACK EXCAVATOR CONTRACTOR MINERA CERRO QUEMA DATE 10/18/2013  
 COORDINATES N 833981 E 550032 ELEV. 264M DATUM NAD 27 JOB 130-0709  
 LOCATION SOUTH LA PAVA WRD TIME 10:20-10:30



## LITHOLOGIC DESCRIPTIONS AND EXCAVATION NOTES

**0-0.4m:**  
 Topsoil: CLAYEY SAND WITH GRAVEL (SC), moist, soft, angular sand, high plasticity clay, rounded to sub-rounded gravel.

**0.4m-2.5m:**  
 SANDY LEAN CLAY WITH GRAVEL (CL), red-brown, moist, firm, fine to medium grained sand, fine to coarse gravel, some cobbles up to 20 cm diameter; alluvial or debris flow, crumbles when handled.

**2.5m-2.95m**  
 SANDY LEAN CLAY WITH GRAVEL (CL), yellow red-brown, moist, firm, fine to coarse gravel, fine to coarse grained sand; alluvial or debris flow, crumbles when handled.

NOTE: COMPACTNESS INFERRED BY SUBJECTIVE FIELD IDENTIFICATION METHODS ONLY. SPT 'N'-VALUES NOT OBTAINED.

## SPECIAL NOTES

1. Near stream and sediment dam
2. Pit appears stable; no water inflow
3. Clasts of varying lithology and alteration as observed in La Pava pit area

## SAMPLES

NO.	TYPE	DEPTH (ft)
1	BG	1.0 m
2	BG	3.2 m

## LEGEND

BG=BAG SAMPLE  
 BK= BUCKET SAMPLE  
 T=2.5"Ø TUBE SAMPLE

CADD: SMB  
 CHECK: PS  
 REVIEW: RAB  
 DATE: 11-14-13

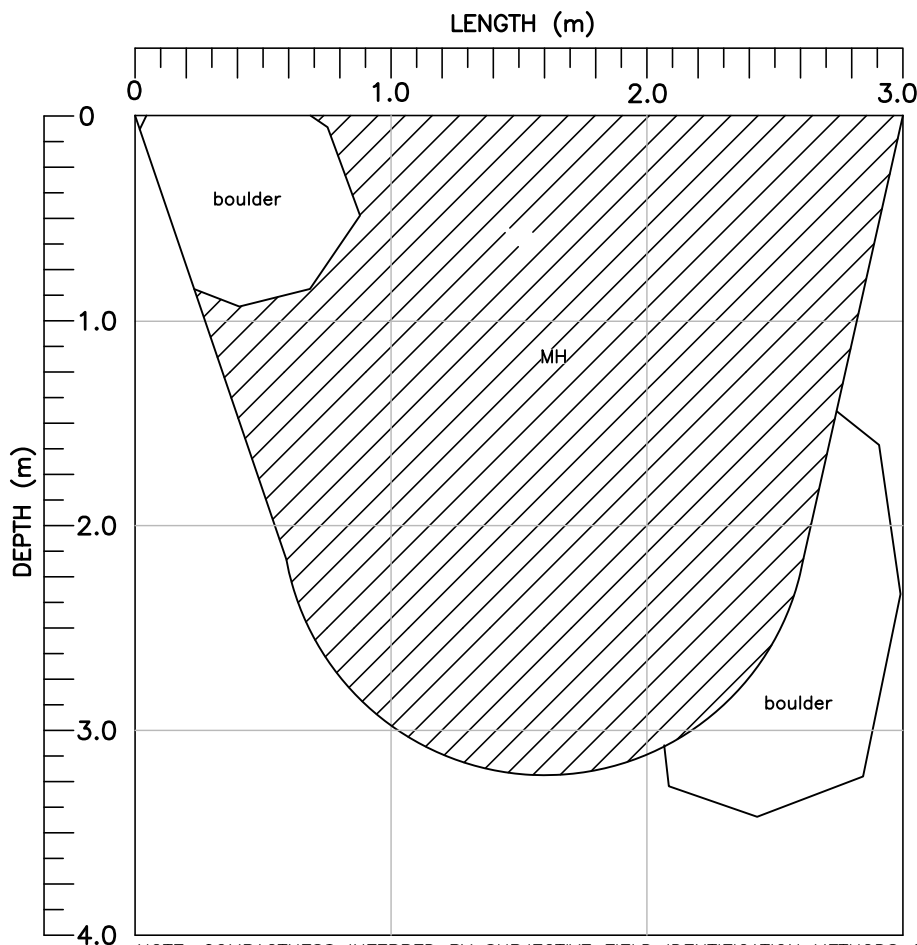




# TEST PIT LOG

No. TP-21

CLIENT PERSHIMCO RESSOURCES INC. PROJECT CERRO QUEMA MINE PRE-FEASIBILITY STUDY  
 TEMP - °F WEATHER DAMP, NO RAIN ENGINEER B. EASBY OPERATOR MIN CERRO QUEMA  
 EQUIPMENT CAT 326 TRACK EXCAVATOR CONTRACTOR MINERA CERRO QUEMA DATE 10/18/2013  
 COORDINATES N 834110 E 550065 ELEV. 331M DATUM NAD 27 JOB 130-0709  
 LOCATION SOUTH LA PAVA WRD TIME 11:45-12:05



LITHOLOGIC DESCRIPTIONS AND EXCAVATION NOTES
~0.2m TOPSOIL CLEARED FOR ROAD
<u>0-1.5m</u> ELASTIC SILT WITH SAND (MH), red-brown, moist, firm, fine to coarse sub-rounded to angular gravel and sand, high plasticity fines; alluvial or debris flow, crumbles when handled.
<u>1.5-3.2m</u> ELASTIC SILT (MH), yellow-brown, moist, firm, coarse sub-rounded gravel, fine sub-rounded sand; cobbles and large boulders rounded to sub-rounded, high plasticity fines; alluvial or debris flow, crumbles when handled, can be molded when water is added.

NOTE: COMPACTNESS INFERRED BY SUBJECTIVE FIELD IDENTIFICATION METHODS ONLY. SPT 'N'-VALUES NOT OBTAINED.



## SPECIAL NOTES

1. Heavily vegetated with many trees
2. Stream on either side
3. Tree bases up to 40cm

## SAMPLES

NO.	TYPE	DEPTH (ft)
1	BG	1.20 m
2	BG	2.95 m

## LEGEND

BG=BAG SAMPLE  
 BK= BUCKET SAMPLE  
 T=2.5"Ø TUBE SAMPLE

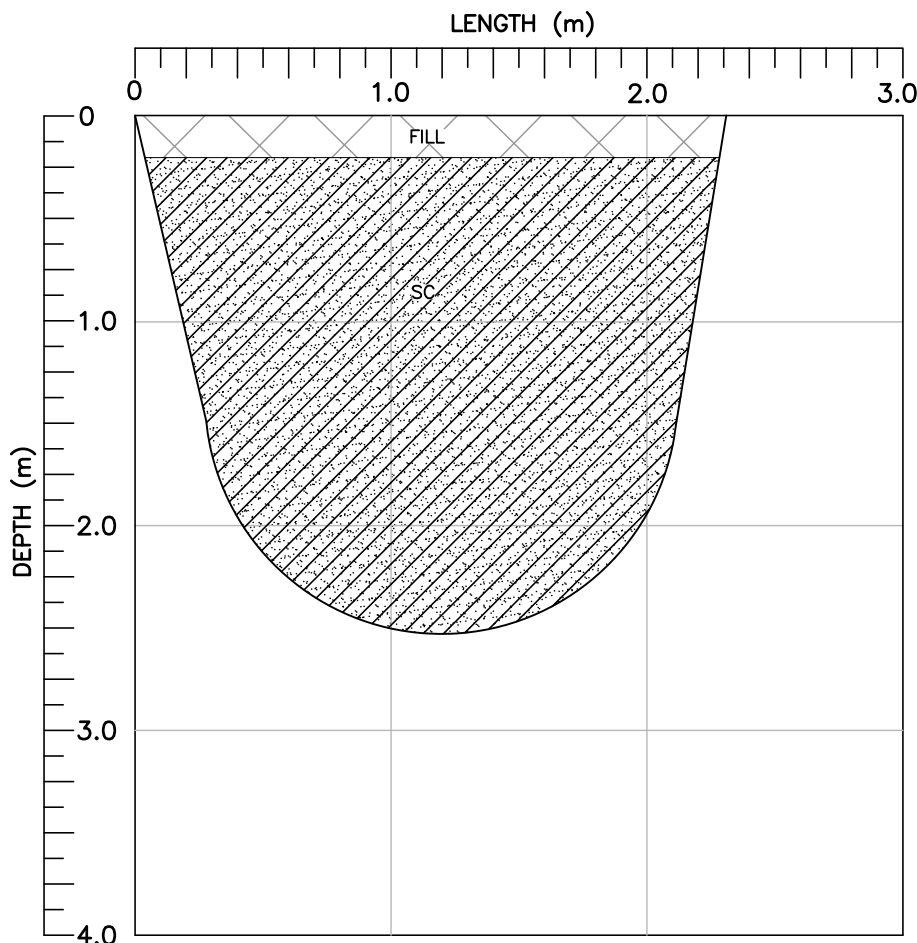
CADD: SMB  
 CHECK: PS  
 REVIEW: RAB  
 DATE: 11-14-13



# TEST PIT LOG

No. TP-22

CLIENT PERSHIMCO RESSOURCES INC. PROJECT CERRO QUEMA MINE PRE-FEASIBILITY STUDY  
 TEMP - °F WEATHER LIGHT RAIN ENGINEER B. EASBY OPERATOR MIN CERRO QUEMA  
 EQUIPMENT CAT 326 TRACK EXCAVATOR CONTRACTOR MINERA CERRO QUEMA DATE 10/18/2013  
 COORDINATES N 834114 E 549984 ELEV. 369M DATUM NAD 27 JOB 130-0709  
 LOCATION SOUTH LA PAVA WRD TIME 1:45-2:12



LITHOLOGIC DESCRIPTIONS AND EXCAVATION NOTES	
0-0.2m	Fill; gravel, sand, and debris
0.2-1.5m	Highly Weathered Hornblende Porphyry excavates as: CLAYEY SAND (SC), gray-green, moist, dense, angular fine-coarse sand, angular coarse gravel, moderate plasticity fines.
1.5-2.5m	Highly Weathered Hornblende Porphyry excavates as: CLAYEY SAND (SC), gray-green, moist, very dense, angular fine-coarse sand, angular coarse gravel, moderate plasticity fines.
Note: Increased density at 1.5m	

NOTE: COMPACTNESS INFERRED BY SUBJECTIVE FIELD IDENTIFICATION METHODS ONLY. SPT 'N'-VALUES NOT OBTAINED.



## SPECIAL NOTES

- Excavator making <5cm progress with each attempt at the end of excavation
- Fault located 5m to the west of pit, exposed in roadway dip/dip-direction 54°/276°
- Heavily forested, trees up to 60cm diameter
- Edge of steep slope ~30°

## SAMPLES

NO.	TYPE	DEPTH (ft)
1	BG	1.0 m
2	BG	2.5 m

## LEGEND

BG=BAG SAMPLE  
 BK= BUCKET SAMPLE  
 T=2.5"Ø TUBE SAMPLE

CADD: SMB  
 CHECK: PS  
 REVIEW: RAB  
 DATE: 11-14-13

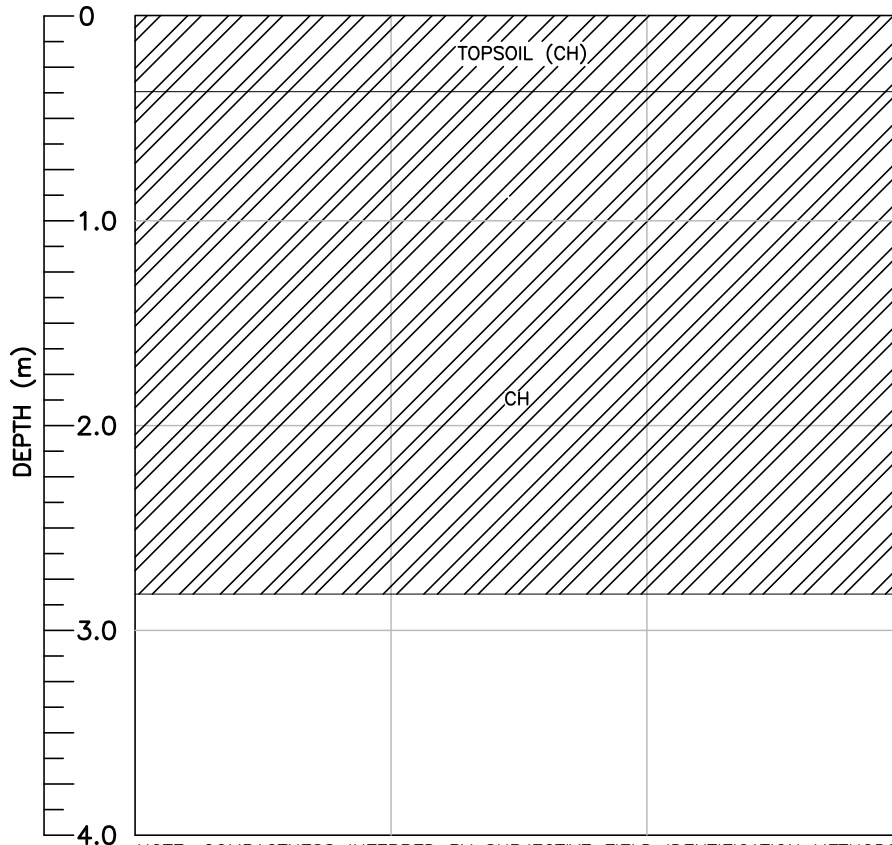




# ROAD CUT LOG

No. HLF-1

CLIENT PERSHIMCO RESSOURCES INC. PROJECT CERRO QUEMA MINE PRE-FEASIBILITY STUDY  
 TEMP - °F WEATHER MOIST ENGINEER B. EASBY OPERATOR MIN CERRO QUEMA  
 EQUIPMENT NONE - ROAD CUT CONTRACTOR MINERA CERRO QUEMA DATE   
 COORDINATES N 833777 E 550926 ELEV. 283M DATUM NAD 27 JOB 130-0709  
 LOCATION EAST OF MARICELA HLF TIME 7:45



## LITHOLOGIC DESCRIPTIONS AND EXCAVATION NOTES

### 0-0.4m

Topsoil: FAT CLAY (CH), brown, moist, very soft, high plasticity clay-silt and organics mixture. Abundant roots and grasses.

### 0.4-1.6m

FAT CLAY (CH), Red-brown, moist, firm, high plasticity clay. Contains gravel-sized fragments in original soil structure that are completely weathered to clay but visible as relict features; alluvial debris-flow deposit.

### 1.6-2.8m

SANDY FAT CLAY (CH), yellow-gray-brown, moist, hard; DACITE SAPROLITE, similar to advanced argillic altered rock observed in pit area. Gravel-sized fragments break down to sand and clay easily by hand. Relict sub-vertical fracture planes; separates easily along fissures.

NOTE: COMPACTNESS INFERRED BY SUBJECTIVE FIELD IDENTIFICATION METHODS ONLY. SPT 'N'-VALUES NOT OBTAINED.



## SPECIAL NOTES

1. Trees and vegetation; bases up to 100cm.
2. Dozer-ripped cut face

## SAMPLES

NO.	TYPE	DEPTH (ft)

## LEGEND

BG=BAG SAMPLE  
 BK= BUCKET SAMPLE  
 T=2.5"Ø TUBE SAMPLE

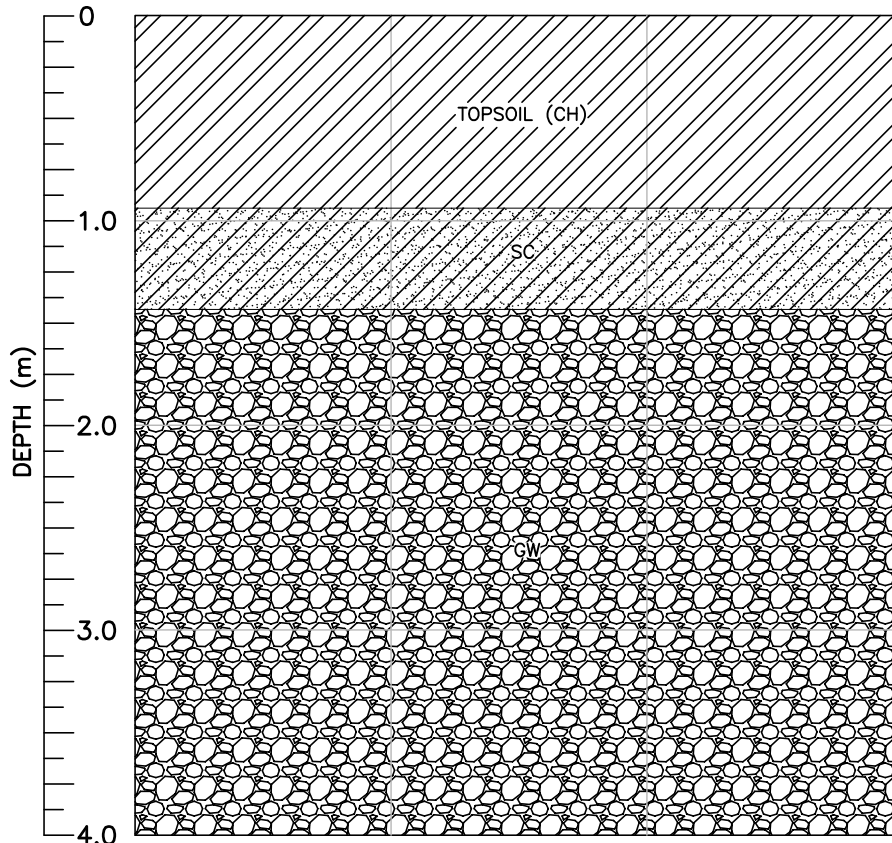
CADD: SMB  
 CHECK: PS  
 REVIEW: RAB  
 DATE: 11-14-13



# ROAD CUT LOG

No. HLF-2

CLIENT PERSHIMCO RESSOURCES INC. PROJECT CERRO QUEMA MINE PRE-FEASIBILITY STUDY  
 TEMP - °F WEATHER WET ENGINEER B. EASBY OPERATOR MIN CERRO QUEMA  
 EQUIPMENT NONE - ROAD CUT CONTRACTOR MINERA CERRO QUEMA DATE   
 COORDINATES N 833780 E 550910 ELEV. 247M DATUM NAD 27 JOB 130-0709  
 LOCATION EAST OF MARICELA HLF TIME 9:45



## LITHOLOGIC DESCRIPTIONS AND EXCAVATION NOTES

**0-0.9m**  
 TOPSOIL  
 FAT CLAY (CH), brown, moist, very soft, high plasticity clay-silt and organics mixture. Abundant roots and vegetation.

**0.9-1.4m**  
 CLAYEY SAND (SC), red-brown, compact, moderate plasticity fines, angular sand and gravel; hornblende porphyry saprock (DACITE) Gravel is broken down to sand with effort.

**1.4-4m**  
 WELL-GRADED GRAVEL WITH SAND AND CLAY (GW-GC), red-brown-gray, very dense, moist, highly fractured; BEDROCK hornblende porphyry (dacite). can be fractured easily with hammer Rock strength R1-R2, GSI=45-50.

NOTE: COMPACTNESS INFERRED BY SUBJECTIVE FIELD IDENTIFICATION METHODS ONLY. SPT 'N'-VALUES NOT OBTAINED.

## SPECIAL NOTES

1. Heavily vegetated area
2. Tree base up to 50cm in diameter

## SAMPLES

NO.	TYPE	DEPTH (ft)

## LEGEND

BG=BAG SAMPLE  
 BK= BUCKET SAMPLE  
 T=2.5"Ø TUBE SAMPLE

CADD: SMB  
 CHECK: PS  
 REVIEW: RAB  
 DATE: 11-14-13



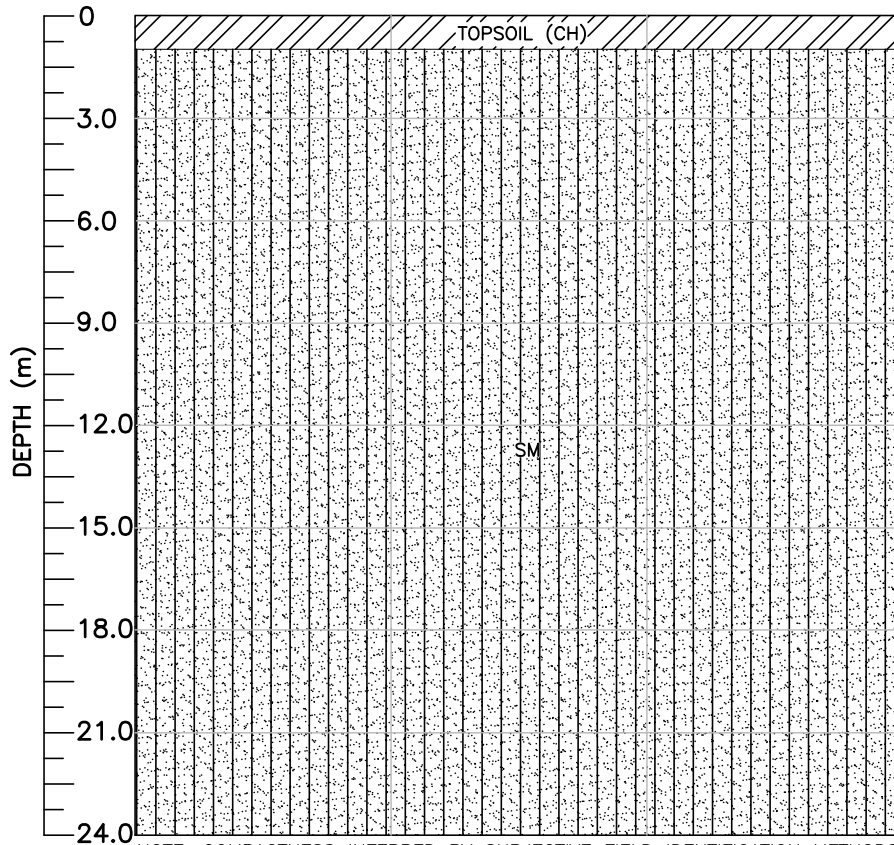




# ROAD CUT LOG

No. HLF-3

CLIENT PERSHIMCO RESSOURCES INC. PROJECT CERRO QUEMA MINE PRE-FEASIBILITY STUDY  
TEMP - °F WEATHER WET AND CLOUDY ENGINEER B. EASBY OPERATOR MIN CERRO QUEMA  
EQUIPMENT NONE - ROAD CUT CONTRACTOR MINERA CERRO QUEMA DATE   
COORDINATES N 833713 E 550801 ELEV. 237M DATUM NAD 27 JOB 130-0709  
LOCATION EAST OF MARICELA HLF TIME 10:20



## LITHOLOGIC DESCRIPTIONS AND EXCAVATION NOTES

### 0-1.0m

Topsoil: FAT CLAY (CH), brown, moist, firm, high plasticity clays with organics.

### 1.0-21m

SILTY SAND (SM), yellow-brown, moist, hard. Fragments come apart easily along fracture planes and degrade into fine sand and silt. Some sequences of material do not break down and are angular coarse gravel; highly weathered bedrock; sedimentary unit, shale/sandstone, 20m.

Contact with hornblende porphyry observed in roadway culvert.

Highly fractured weak "rock mass" R0  
GSI=40-45

NOTE: COMPACTNESS INFERRED BY SUBJECTIVE FIELD IDENTIFICATION METHODS ONLY. SPT 'N'-VALUES NOT OBTAINED.

## SPECIAL NOTES

1. Sedimentary unit contact with hornblende porphyry, visible in road culvert

## SAMPLES

NO.	TYPE	DEPTH (ft)

## LEGEND

BG=BAG SAMPLE

BK= BUCKET SAMPLE

T=2.5"Ø TUBE SAMPLE

CADD: SMB

CHECK: PS

REVIEW: RAB

DATE: 11-14-13



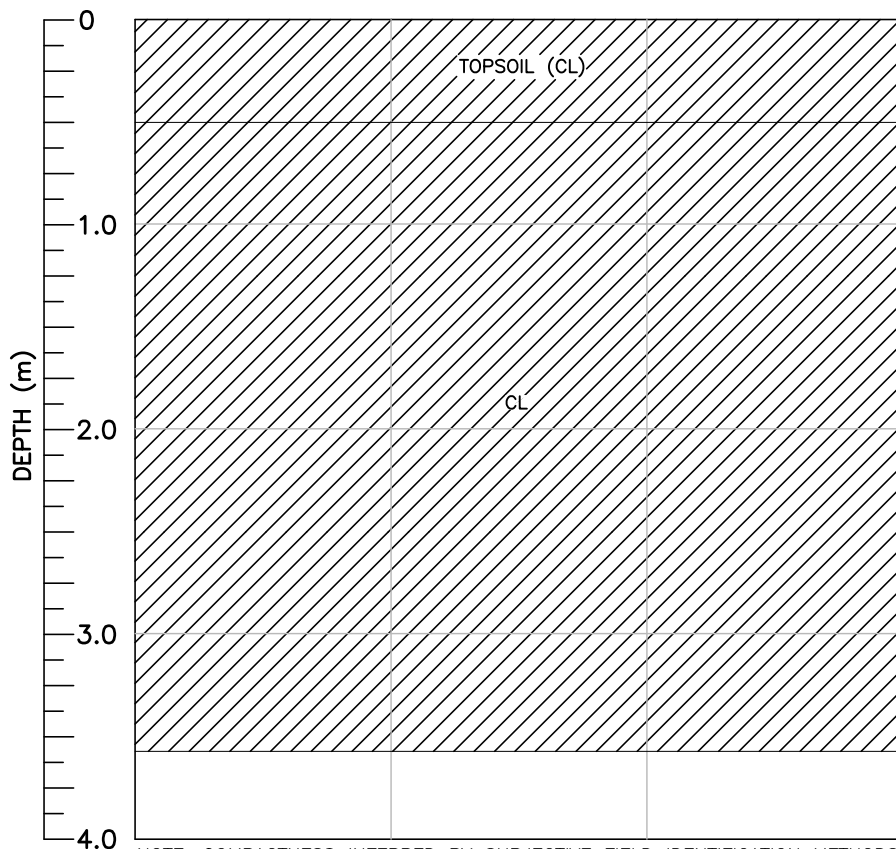




# ROAD CUT LOG

No. SWRD-1

CLIENT PERSHIMCO RESSOURCES INC. PROJECT CERRO QUEMA MINE PRE-FEASIBILITY STUDY  
 TEMP — °F WEATHER WET ENGINEER B. EASBY OPERATOR MIN CERRO QUEMA  
 EQUIPMENT NONE - ROAD CUT CONTRACTOR MINERA CERRO QUEMA DATE —  
 COORDINATES N 833690 E 550094 ELEV. 250M DATUM NAD 27 JOB 130-0709  
 LOCATION SOUTH LA PAVA WRD TIME —



LITHOLOGIC DESCRIPTIONS AND EXCAVATION NOTES
<u>0-0.5m</u> Topsoil: LEAN CLAY (CL)
<u>0.5-3.6m</u> GRAVELLY LEAN CLAY (CL), yellow-brown, moist, loose, low plasticity fines; Laminated sedimentary unit (laminated saprock), S4. Laminations ~1-8cm thick. Bedding dips: 20°/218° 23°/215° 22°/208° Significant plant roots to 1.5m Note: Relict fracture pattern. Some lenses of harder rock (R2) that break apart to coarse gravel.



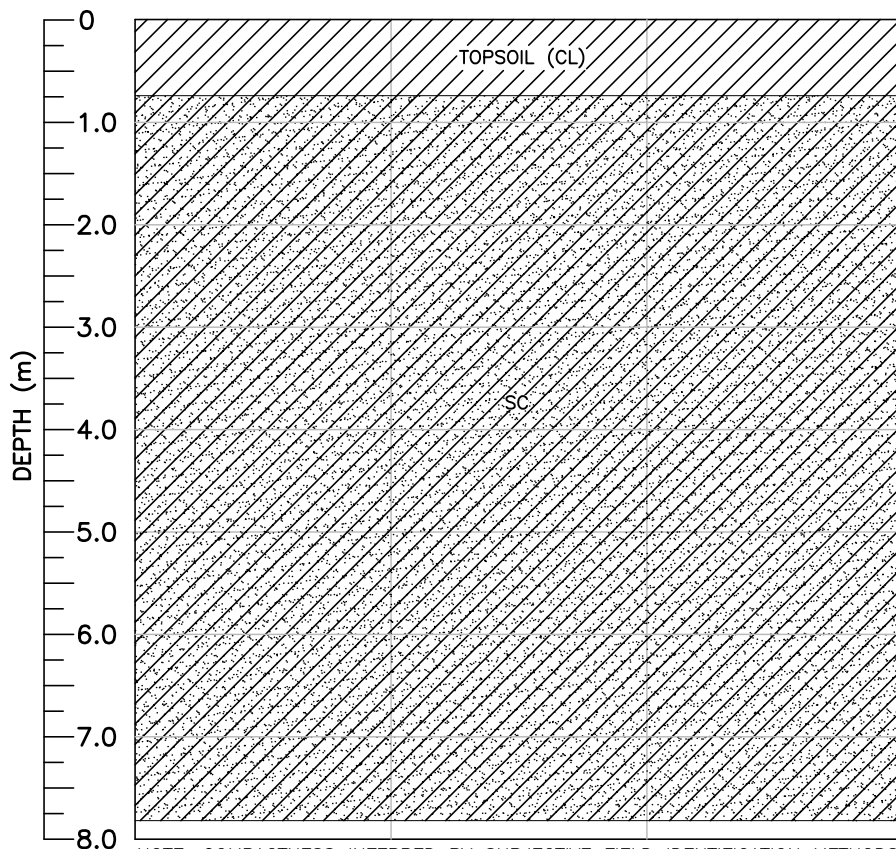
SPECIAL NOTES		
1. Running water in culvert 2. Access road was built in 1992		
SAMPLES		
NO.	TYPE	DEPTH (ft)
LEGEND		CADD: <u>SMB</u>
BG=BAG SAMPLE		CHECK: <u>PS</u>
BK= BUCKET SAMPLE		REVIEW: <u>RAB</u>
T=2.5"Ø TUBE SAMPLE		DATE: <u>11-14-13</u>



# ROAD CUT LOG

No. SWRD-2

CLIENT PERSHIMCO RESSOURCES INC. PROJECT CERRO QUEMA MINE PRE-FEASIBILITY STUDY  
 TEMP - °F WEATHER WET ENGINEER B. EASBY OPERATOR MIN CERRO QUEMA  
 EQUIPMENT NONE - ROAD CUT CONTRACTOR MINERA CERRO QUEMA DATE 10/18/13  
 COORDINATES N 834134 E 550063 ELEV. 335M DATUM NAD 27 JOB 130-0709  
 LOCATION SOUTH LA PAVA WRD TIME 8:20



LITHOLOGIC DESCRIPTIONS AND EXCAVATION NOTES	
0-0.75m	LEAN CLAY (CL), reddish-brown, moist, low plasticity. 5% sand and varying organic material. Roots penetrating throughout.
0.75-7.8m	CLAYEY SAND (SC), yellow-brown, moist, low plasticity fines. fine sand. Sand sub-rounded, poorly-graded. Iron oxide staining; siltstone, sandstone.
Note: Sedimentary unit is variable with some layers of strong rock that is fractured into gravel- and cobble-sized particles strongly interlocking with little clay infilling of fracture surfaces. Classify as POORLY GRADED GRAVEL with cobbles angular, strong. Sequences are 3-20cm thick.	
Bedding dip/dipdirection: 22°/180° 20°/185°	

NOTE: COMPACTNESS INFERRED BY SUBJECTIVE FIELD IDENTIFICATION METHODS ONLY. SPT 'N'-VALUES NOT OBTAINED.



SPECIAL NOTES		
1. Stratified/laminated 2. Forested area, tree bases up to 60cm		
SAMPLES		
NO.	TYPE	DEPTH (ft)
LEGEND		CADD: <u>SMB</u>
BG=BAG SAMPLE		CHECK: <u>PS</u>
BK= BUCKET SAMPLE		REVIEW: <u>RAB</u>
T=2.5"Ø TUBE SAMPLE		DATE: <u>11-14-13</u>

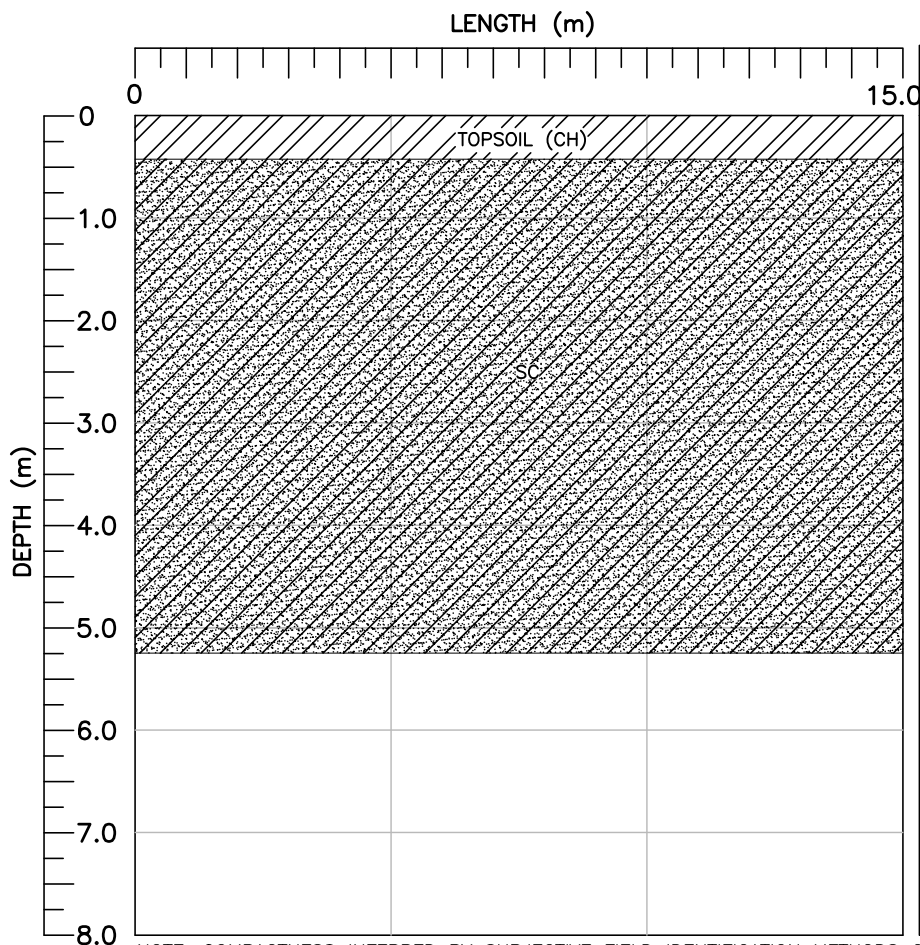




# ROAD CUT LOG

No. SWRD-3

CLIENT PERSHIMCO RESSOURCES INC. PROJECT CERRO QUEMA MINE PRE-FEASIBILITY STUDY  
 TEMP - °F WEATHER RAINING ENGINEER B. EASBY OPERATOR MIN CERRO QUEMA  
 EQUIPMENT NONE - ROAD CUT CONTRACTOR MINERA CERRO QUEMA DATE 10/17/13  
 COORDINATES N 833656 E 550132 ELEV. 250M DATUM NAD 27 JOB 130-0709  
 LOCATION SOUTH LA PAVA WRD TIME



LITHOLOGIC DESCRIPTIONS AND EXCAVATION NOTES	
<u>0-0.4m</u>	Topsoil: FAT CLAY (CH), brown, moist, firm, high plasticity clay, few fine grained sand.
<u>0.4-5.25m</u>	CLAYEY SAND WITH GRAVEL (SC), yellow-red-brown, moist, dense, clay-silt mixture, moderate plasticity, gravel, cobbles and boulders angular to sub-rounded; Alluvial debris-flow deposit, irregular lenses, "Halos" of clay weathering around clasts and fissures.

NOTE: COMPACTNESS INFERRED BY SUBJECTIVE FIELD IDENTIFICATION METHODS ONLY. SPT 'N'-VALUES NOT OBTAINED.



## SPECIAL NOTES

- Stream running ~10GPM
- Bedrock observed at small slope failure nearby ~30m NW

## SAMPLES

NO.	TYPE	DEPTH (ft)

## LEGEND

BG=BAG SAMPLE  
 BK= BUCKET SAMPLE  
 T=2.5"Ø TUBE SAMPLE

CADD: SMB  
 CHECK: PS  
 REVIEW: RAB  
 DATE: 11-14-13

# STANDARD PRACTICE FOR CLASSIFICATION OF SOILS FOR ENGINEERING PURPOSES (ASTM D 2487)

CRITERIA FOR ASSIGNING GROUP SYMBOLS AND NAMES			SOIL CLASSIFICATION GENERALIZED GROUP DESCRIPTIONS	
COARSE-GRAINED SOILS MORE THAN 50% RETAINED ON NO. 200 SIEVE	GRAVELS MORE THAN 50% OF COARSE FRACTION RETAINED ON NO. 4 SIEVE	CLEAN GRAVELS LESS THAN 5% FINES	GW	WELL-GRADED GRAVELS
			GP	POORLY-GRADED GRAVELS
		GRAVELS WITH FINES MORE THAN 12% FINES	GM	GRAVEL AND SILT MIXTURES
			GC	GRAVEL AND CLAY MIXTURES
	SANDS 50% OR MORE OF COARSE FRACTION PASSES NO. 4 SIEVE	CLEAN SANDS LESS THAN 5% FINES	SW	WELL-GRADED SANDS
			SP	NON- AND LOW-POORLY-GRADED SANDS
		SANDS WITH FINES MORE THAN 12% FINES	SM	SAND AND SILT MIXTURES
			SC	SAND AND CLAY MIXTURES
FINE-GRAINED SOILS 50% OR MORE PASSES THE NO. 200 SIEVE	SILTS AND CLAYS LIQUID LIMIT LESS THAN 50	INORGANIC	CL	LEAN CLAYS
			ML	SILTS AND ELASTIC SILTS
		ORGANIC	OL	LEAN ORGANIC CLAYS ORGANIC SILTS AND ELASTIC ORGANIC SILTS
	SILTS AND CLAYS LIQUID LIMIT GREATER THAN 50	INORGANIC	CH	FAT CLAYS
			MH	ELASTIC SILTS
		ORGANIC	OH	FAT ORGANIC CLAYS FAT ORGANIC SILTS
HIGHLY ORGANIC SOILS	PRIMARILY ORGANIC MATTER, DARK IN COLOR, AND ORGANIC ODOR		PT	PEAT

BASED ON: ASTM D2487-06

## SOIL CONSISTENCY

COHESIONLESS SOILS <sup>(a)</sup>		
DENSITY	N, blows/ft. <sup>(c)</sup>	RELATIVE DENSITY (%)
VERY LOOSE	0 to 4	0 - 15
LOOSE	4 to 10	15 - 35
MEDIUM DENSE	10 to 30	35 - 65
DENSE	30 to 50	65 - 85
VERY DENSE	over 50	>85

COHESIVE SOILS <sup>(b)</sup>		
CONSISTENCY	N, blows/ft. <sup>(c)</sup>	UNDRAINED SHEAR STRENGTH (ksf) <sup>(d)</sup>
VERY SOFT	0 to 2	<500
SOFT	2 to 4	500-1000
FIRM	4 to 8	100-2000
STIFF	8 to 15	2000-4000
VERY STIFF	15 to 30	4000-8000
HARD	over 30	>8000

- (a) SOILS CONSISTING OF GRAVEL, SAND, AND SILT, EITHER SEPARATELY OR IN COMBINATION, POSSESSING NO CHARACTERISTICS OF PLASTICITY, AND EXHIBITING DRAINED BEHAVIOR.  
 (b) SOILS POSSESSING THE CHARACTERISTICS OF PLASTICITY, AND EXHIBITING UNDRAINED BEHAVIOR.  
 (c) REFER TO TEXT OF ASTM D 1586-84 FOR A DEFINITION OF N; IN NORMALLY CONSOLIDATED COHESIONLESS SOILS, RELATIVE DENSITY TERMS ARE BASED ON N VALUES CORRECTED FOR OVERBURDEN PRESSURES.  
 (d) UNDRAINED SHEAR STRENGTH = 1/2 UNCONFINED COMPRESSION STRENGTH.

## COMPONENT DEFINITIONS BY GRADATION

COMPONENT	SIZE RANGE
BOULDERS	ABOVE 300 mm (12 in)
COBBLES	75 mm (3 in) to 300 mm (12 in)
GRAVEL	4.75 mm (No. 4) to 75 mm (3 in)
COARSE GRAVEL	19 mm (3/4 in) to 75 mm (3 in)
FINE GRAVEL	4.75 mm (No. 4) to 19 mm (3/4 in)
SAND	0.075mm (No. 200) to 4.75mm (No. 4)
COARSE SAND	2.0 mm (No. 10) to 4.75 mm (No. 4)
MEDIUM SAND	0.42 mm (No. 40) to 2.0 mm (No. 10)
FINE SAND	0.075 mm (No. 200) to 0.42 mm (No. 40)
SILT AND CLAY	SMALLER THAN 0.075mm (No. 200)

## QUALITATIVE DESCRIPTIVE TERMINOLOGY FOR MOISTURE CONTENT

DRY	NO DISCERNIBLE MOISTURE PRESENT
DAMP	ENOUGH MOISTURE PRESENT TO DARKEN THE APPEARANCE BUT WILL NOT MOISTEN THE HAND
MOIST	WILL MOISTEN THE HAND
Wet	VISIBLE WATER PRESENT ON MATERIALS

## DESCRIPTIVE TERMINOLOGY DENOTING COMPONENT PROPORTIONS

DESCRIPTIVE TERMS	RANGE OF PROPORTION
TRACE	0-5%
FEW	5-10%
LITTLE	15-25%
SOME	30-45%

## SILT AND CLAY DESCRIPTIONS

DESCRIPTION	TYPICAL UNIFIED DESIGNATION
SILT	ML (NON-PLASTIC)
CLAYEY SILT	CL-ML (LOW PLASTICITY)
CLAY	CL
FAT CLAY	CH
ELASTIC SILT	MH
ORGANIC SOILS	OL, OH, Pt

## SAMPLE TYPES

SYMBOL	DESCRIPTION
SPT	2" O.D. SPLIT SPOON
BK	BULK
BG	BAGGIE
SH	SHELBY TUBE
MC	2 1/4" I.D. CAL. MOD. SAMPLER
HQ	DIAMOND ROCK CORE SAMPLE

## SOIL CLASSIFICATION LEGEND



**APÉNDICE C**  
**PROGRAMA DE PRUEBAS GEOTÉCNICAS DEL LABORATORIO**



**Date:** January 27, 2014

**Project No.:** 1300709

**To:** Job File

**Company:** Golder Associates

**From:** Patrick Strenk, Chris MacMahon

**cc:** Russ Browne, Gene Tortelli

**Email:**

**RE: GEOTECHNICAL LABORATORY TESTING SUMMARY  
CERRO QUEMA PROJECT**

**Table 1: Geotechnical Laboratory Testing Summary Table**

Test Pit	Depth (m)	Sample No.	Atterberg Limits			Grain Size Distribution <sup>1</sup>			USCS Classification
			LL	PL	PI	% Gravel	% Sand	% Fines	
TP-3	2.0	1	30	16	14	0	58	42	SC
TP-10	3.1	1	35	20	15	0	38	62	CL
TP-12	2.6	1	32	21	11	33	53	14	SC
TP-13	3.0	1	44	25	19	4	35	61	CL
TP-13	3.2	1	34	24	10	4	36	60	ML
TP-14	1.7	1	42	27	15	0	17	83	ML
TP-14	3.6	1 and 2	34	23	11	5	83	12	SP-SC
TP-15	1.0	1	33	23	10	2	23	75	CL
TP-15	2.0	1	25	21	4	3	63	34	SM
TP-16	1.3	1	42	23	19	0	20	80	CL
TP-16	3.5	1 and 2	26	20	6	41	43	16	SC-SM
TP-17	2.1	2	32	20	12	0	31	69	CL
TP-18	1.7	2	25	15	10	5	66	29	SC
TP-19	3.4	1	48	23	25	5	28	67	CL
TP-20	3.0	2	45	23	22	18	27	54	CL
TP-21	1.0	1	59	31	28	3	12	85	MH
TP-21	3.2	2	65	33	32	1	9	90	MH
TP-22	1.0	1	28	14	14	11	55	34	SC
TP-22	2.5	2	29	17	12	10	53	37	SC

Notes: <sup>1</sup>LL = liquid limit, PL = plastic limit, PI = plasticity index (LL-PL)

<sup>2</sup>Gravel is defined as the percentage of material retained on the #4 sieve, sand is the percentage of material retained on the #200 sieve minus gravel, and fines are the percentage of material passing the #200 sieve

## **PRUEBAS ÍNDICE**

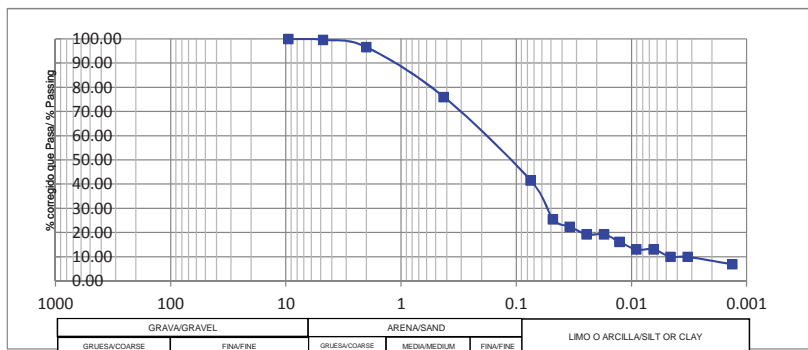
Fecha Efectiva:  
15 de Noviembre de 2011

Área:  
Pruebas y Ensayos

Versión:  
1

Página:  
1 de 1

TRABAJO No/ JOB #: 3-1972 CLIENTE/ CLIENT: CERRO QUEMA HOYO No/ HOLE #: TP-3  
PROYECTO/PROJECT: PERSCHIMCO CERRO QUEMA MUESTRA/SAMPLE: 1  
MUESTREADO POR/SAMPLED BY: TECNILAB S.A FECHA/DATE: 19-nov-13 PROFUNDIDAD/DEPTH: 2  
ENSAYADO POR/TESTED BY: TECNILAB S.A FECHA/DATE: 22-nov-13 LABORATORISTA/TECHNICIAN: I. NUÑEZ  
LOCALIZACIÓN/ LOCATION: PANAMA



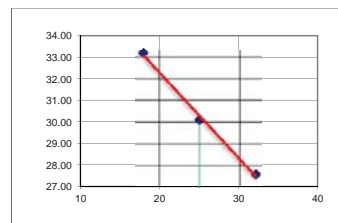
RESUMEN/ SUMMARY			
L. L.	30.00	C <sub>u</sub>	9
P. L.	16.3	C <sub>c</sub>	3.4
P. I.	13.8		
CLASIFICACIÓN S.U.C.S./U.C.S. CLASSIFICATION			
SC			
CLASIFICACIÓN AASHTO/ AASHTO CLASSIFICATION			
CLASIFICACIÓN / CLASSIFICATION			
A-6			
ÍNDICE DE GRUPO/GROUP INDEX			
2			
CLASIFICACIÓN/CLASSIFICATION			
ARENA ARCILLOSA			
OBSERVACIONES/ REMARKS: PLASTICIDAD MEDIA			

AGREGADO GRUESO/COARSE AGGREGATE				AGREGADO FINO/FINE AGGREGATE				HIDRÓMETRO/HYDROMETER	
TAMIZ/ SIEVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	TAMIZ/ SIEVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	CORR. PASA/ CORR. PASSING	DIÁMETRO DE PARTICULA/ PARTICLE SIZE
8"				#4	3.00	0.38	99.62	99.62	0.04793
6"				#10	26.90	3.40	96.60	96.60	0.03414
4"				#40	187.50	24.00	76.00	76.00	0.02440
3"				#200	456.60	58.50	41.50	41.50	0.01725
2 1/2"				FONDO					0.01269
2"				TOTAL					0.00907
1 1/2"				AGREGADO GRUESO/ COARSE AGGREGATE					0.00641
1"				Peso Muestra Total Seca/ Total Weigh Dry Sample					0.00458
3/4"				AGREGADO FINO/ FINE AGGREGATE					0.00324
1/2"				Peso Muestra Total Seca/ Total Weight Dry Sample				781.00 g	0.00133
3/8"	0.00	0.00	100.00	Peso Seco Después de Lavado/ Dry Weight after washed					0.00000
#4	3.00	0.38	99.62						
FONDO									
TOTAL									

% GRAVA / %GRAVEL 0.38 % ARENA / % SAND 58.12 % FINOS / % FINE 41.50

Equipo utilizado para Análisis Granulométrico / Equipment Used for Particle Size Distribution			
Equipo/Equipment:	BALANZA	No. Serie/Serial #:	674
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	897
Equipo/Equipment:	TAMIZADORA	No. Serie/Serial #:	1103
Equipo/Equipment:	BALANZA	No. Serie/Serial #:	394

LÍMITE LÍQUIDO/LIQUID LIMIT				LÍMITE PLÁSTICO/PLASTIC LIMIT			
Ensayo No./ Test N°	1	2	3	Ensayo No./ Test N°	1	2	
Cápsula No./ Can N°	99	xx	56	Cápsula No./ Can N°	4B	95L	
Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	12.39	12.18	11.43	Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	4.34	4.31	
Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	29.78	31.07	31.59	Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	6.58	6.65	
Cap + Suelo Seco/ Can+dry Soil (g)	26.02	26.70	26.57	Cap + Suelo Seco/ Can+dry Soil (g)	6.27	6.32	
Agua/ Water (g)	3.76	4.37	5.02	Agua/ water (g)	0.31	0.33	
Suelo Seco/ Dry Soil (g)	13.63	14.52	15.14	Suelo Seco/ Dry Soil (g)	1.93	2.01	
Cont. Humedad % / Water content %	27.60	30.10	33.20	Cont. Humedad % / Water content %	16.10	16.40	
# de Golpes / # of Blows	32	25	18	Promedio/ Average	16.3		



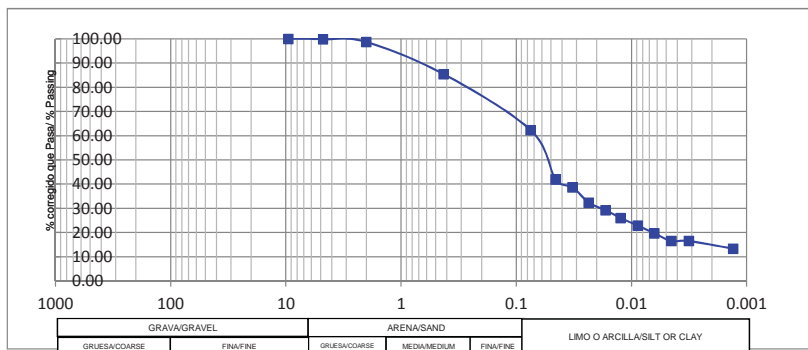
Equipo utilizado para Límites de Atterberg / Equipment used for Atterberg Limits			
Equipo/Equipment:	CASA GRANDE	No. Serie/Serial #:	107
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	551
Equipo/Equipment:	BALANZA	No. Serie/Serial #:	709
Equipo/Equipment:	-----	No. Serie/Serial #:	-----

Observaciones/ Remarks:

Muestreado en Campo por/ Sampled on site by: TECNILAB. S.A  
Compilado por/Compiled by: L. NAVARRO  
Ensayado por/ Tested by: I. NUÑEZ  
Presentado por/ Presented by: L. NAVARRO



TRABAJO No/ JOB #:	3-1972	CLIENTE/ CLIENT:	CERRO QUEMA	HOYO No/ HOLE #:	TP-10
PROYECTO/PROJECT:	PERSCHIMCO CERRO QUEMA			MUESTRA/SAMPLE:	1
MUESTREO POR/SAMPLED BY:	CERRO QUEMA	FECHA/DATE:	----	PROFUNDIDAD/DEPTH:	3.1
ENSAYADO POR/TESTED BY:	TECNILAB S.A	FECHA/DATE:	05-dic-13	LABORATORISTA/TECHNICIAN:	I. NUÑEZ
LOCALIZACIÓN/ LOCATION:	PANAMA				



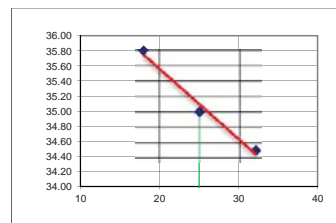
RESUMEN/ SUMMARY		
L. L.	35.00	C <sub>u</sub> _____
P. L.	20.4	C <sub>c</sub> _____
P. I.	14.6	
CLASIFICACIÓN S.U.C./SIS.U.C.S. CLASSIFICATION		
CL		
CLASIFICACIÓN AASHTO/ AASHTO CLASSIFICATION		
CLASIFICACION / CLASSIFICATION	A-6	
INDICE DE GRUPO/GROUP INDEX	7	
CLASIFICACIÓN/CLASSIFICATION		
ARCILLA LIGERA ARENOSA		
OBSERVACIONES/ REMARKS:		PLASTICIDAD MEDIA

AGREGADO GRUESO/COARSE AGGREGATE				AGREGADO FINO/FINE AGGREGATE					HIDRÓMETRO/HYDROMETER	
TAMIZ / SEIVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	TAMIZ / SEIVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	CORR. PASA/ CORR. PASSING	DIÁMETRO DE PARTICULA/ PARTICLE SIZE	CORREGIDO QUE PASA/ CORRECTED PASSING
8"				#4	0.90	0.13	99.87	99.87	0.04542	41.85
6"				#10	8.60	1.30	98.70	98.70	0.03250	38.68
4"				#40	98.50	14.60	85.40	85.40	0.02344	32.34
3"				#200	254.60	37.70	62.30	62.30	0.01676	29.17
2 1/2"				FONDO					0.01238	26.00
2"				TOTAL					0.00881	22.83
1 1/2"				AGREGADO GRUESO/ COARSE AGGREGATE					0.00630	19.66
1"				Peso Muestra Total Seca/ Total Weigh Dry Sample					0.00449	16.49
3/4"				AGREGADO FINO/ FINE AGGREGATE					0.00317	16.49
1/2"				Peso Muestra Total Seca/ Total Weight Dry Sample					0.00131	13.32
3/8"	0.00	0.00	100.00	Peso Seco Después de Lavado/ Dry Weight after washed					0.00000	0.00
#4	0.90	0.13	99.87							
FONDO										
TOTAL										

% GRAVA / %GRAVEL	0.13	% ARENA / % SAND	37.57	% FINOS / % FINE	62.30
-------------------	------	------------------	-------	------------------	-------

Equipo utilizado para Análisis Granulométrico / Equipment Used for Particle Size Distribution							
Equipo/Equipment:	BALANZA	No. Serie/Serial #:	927	Equipo/Equipment:	----	No. Serie/Serial #:	----
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	278	Equipo/Equipment:	----	No. Serie/Serial #:	----

LÍMITE LÍQUIDO/LIQUID LIMIT				LÍMITE PLÁSTICO/PLASTIC LIMIT		
Ensayo No./ Test N°	1	2	3	Ensayo No./ Test N°	1	2
Cápsula No./ Can N°	6	A3	48	Cápsula No./ Can N°	87	10
Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	11.44	12.48	10.81	Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	4.74	4.30
Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	22.98	20.00	22.12	Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	8.30	8.12
Cap + Suelo Seco/ Can+Dry Soil (g)	20.02	18.05	19.14	Cap + Suelo Seco/ Can+Dry Soil (g)	7.69	7.48
Agua/ Water (g)	2.96	1.95	2.98	Agua/ water (g)	0.61	0.64
Suelo Seco/ Dry Soil (g)	8.58	5.57	8.33	Suelo Seco/ Dry Soil (g)	2.95	3.18
Cont. Humedad % / Water content %	34.50	35.00	35.80	Cont. Humedad % / Water content %	20.70	20.10
# de Golpes / # of Blows	32	25	18	Promedio/ Average	20.4	



Equipo utilizado para Límites de Atterberg / Equipment used for Atterberg Limits							
Equipo/Equipment:	CASA GRANDE	No. Serie/Serial #:	107	Equipo/Equipment:	BALANZA	No. Serie/Serial #:	709
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	551	Equipo/Equipment:	-----	No. Serie/Serial #:	-----

Observaciones/ Remarks:

Muestreado en Campo por/ Sampled on site by: TECNILAB. S.A  
 Compilado por/Compiled by: L. NAVARRO

Ensayado por/ Tested by: I. NUÑEZ  
Presentado por/ Presented by: L. NAVARRO

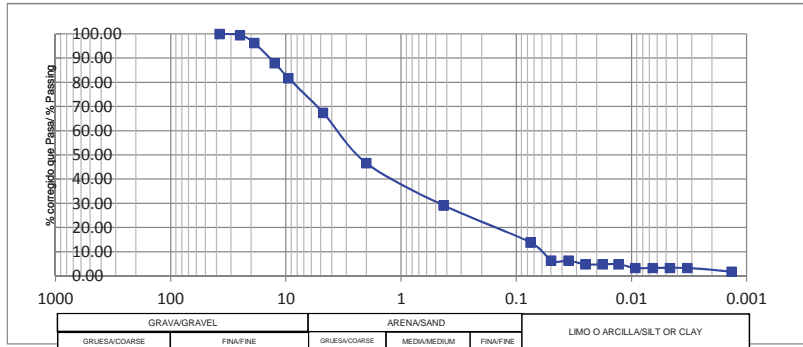
Fecha Efectiva:  
**15 de Noviembre de 2011**

Área:  
**Pruebas y Ensayos**

Versión:  
**1**

Página:  
**1 de 1**

TRABAJO No/ JOB #: 3-1972 CLIENTE/ CLIENT: CERRO QUEMA HOYO No/ HOLE #: TP-12  
PROYECTO/PROJECT: PERSCHIMCO CERRO QUEMA MUESTRA/SAMPLE: 1  
MUESTREADO POR/SAMPLED BY: CERRO QUEMA FECHA/DATE: ---- PROFUNDIDAD/DEPTH: 2.60  
ENSAYADO POR/TESTED BY: TECNILAB S.A FECHA/DATE: 05-dic-13 LABORATORISTA/TECHNICIAN: I. NUÑEZ  
LOCALIZACIÓN/ LOCATION: PANAMA



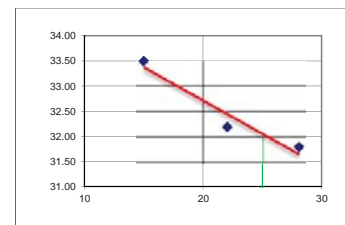
RESUMEN/ SUMMARY	
L. L.	32.00
P. L.	20.7
P. I.	11.4
CLASIFICACIÓN S.U.C.S./U.C.S. CLASSIFICATION	
SC	
CLASIFICACIÓN AASHTO/ AASHTO CLASSIFICATION	
CLASIFICACIÓN / CLASSIFICATION	
A-2-6	
ÍNDICE DE GRUPO/GROUP INDEX	
0	
CLASIFICACIÓN/CLASSIFICATION	
ARENA ARCILLOSA CON GRAVA	
OBSERVACIONES/ REMARKS:	
PLASTICIDAD MEDIA	

AGREGADO GRUESO/COARSE AGGREGATE				AGREGADO FINO/FINE AGGREGATE				HIDRÓMETRO/HYDROMETER	
TAMIZ/ SIEVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	TAMIZ/ SIEVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	CORR. PASA/ CORR. PASSING	DIÁMETRO DE PARTICULA/ PARTICLE SIZE
8"				#4	1,631.80	32.56	67.44	67.44	0.04965
6"				#10	2,334.90	46.60	46.60	46.60	0.03511
4"				#40	3,552.10	70.90	29.10	29.10	0.02508
3"				#200	4,318.70	86.20	13.80	13.80	0.01773
2 1/2"				FONDO					0.01295
2"				TOTAL					0.00922
1 1/2"	0.00	0.00	100.00	AGREGADO GRUESO/ COARSE AGGREGATE					0.00652
1"	26.90	0.54	99.46	Peso Muestra Total Seca/ Total Weigh Dry Sample					0.00461
3/4"	190.70	3.80	96.20	AGREGADO FINO/ FINE AGGREGATE					0.00326
1/2"	606.30	12.10	87.90	Peso Muestra Total Seca/ Total Weight Dry Sample				5,012.00	0.00134
3/8"	917.60	18.31	81.69	Peso Seco Después de Lavado/ Dry Weight after washed					0.00000
#4	1,631.80	32.56	67.44						0.00000
FONDO									
TOTAL									

% GRAVA / %GRAVEL 32.56 % ARENA / % SAND 53.64 % FINOS / % FINE 13.80

Equipo utilizado para Análisis Granulométrico / Equipment Used for Particle Size Distribution			
Equipo/Equipment:	BALANZA	No. Serie/Serial #:	674
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	897
Equipo/Equipment:	TAMIZADORA	No. Serie/Serial #:	1103
Equipo/Equipment:	BALANZA	No. Serie/Serial #:	394

LÍMITE LÍQUIDO/LIQUID LIMIT				LÍMITE PLÁSTICO/PLASTIC LIMIT			
Ensayo No./ Test N°	1	2	3	Ensayo No./ Test N°	1	2	
Cápsula No./ Can N°	42	18L	8L	Cápsula No./ Can N°	L-29	2	
Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	12.32	12.36	12.42	Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	4.34	4.27	
Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	28.22	24.06	28.33	Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	8.73	8.23	
Cap + Suelo Seco/ Can+Dry Soil (g)	24.38	21.21	24.34	Cap + Suelo Seco/ Can+Dry Soil (g)	7.97	7.56	
Agua/ Water (g)	3.84	2.85	3.99	Agua/ water (g)	0.76	0.67	
Suelo Seco/ Dry Soil (g)	12.06	8.85	11.92	Suelo Seco/ Dry Soil (g)	3.63	3.29	
Cont. Humedad % / Water content %	31.80	32.20	33.50	Cont. Humedad % / Water content %	20.90	20.40	
# de Golpes / # of Blows	28	22	15	Promedio/ Average	20.7		



Equipo utilizado para Límites de Atterberg / Equipment used for Atterberg Limits			
Equipo/Equipment:	CASA GRANDE	No. Serie/Serial #:	107
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	551
Equipo/Equipment:	BALANZA	No. Serie/Serial #:	709
Equipo/Equipment:	-----	No. Serie/Serial #:	-----

Observaciones/ Remarks: \_\_\_\_\_

Muestreado en Campo por/ Sampled on site by: TECNILAB, S.A Ensayado por/ Tested by: I. NUÑEZ  
Compilado por/Compiled by: L. NAVARRO Presentado por/ Presented by: L. NAVARRO

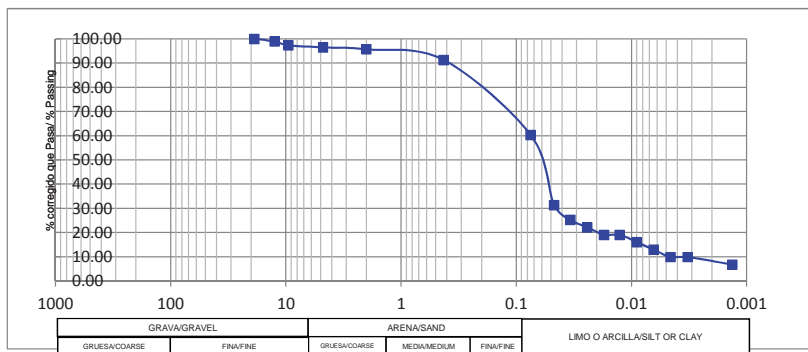
Fecha Efectiva:  
15 de Noviembre de 2011

Área:  
Pruebas y Ensayos

Versión:  
1

Página:  
1 de 1

TRABAJO No/ JOB #: 3-1972 CLIENTE/ CLIENT: CERRO QUEMA HOYO No/ HOLE #: TP-13  
PROYECTO/PROJECT: PERSCHIMCO CERRO QUEMA MUESTRA/SAMPLE: 1  
MUESTREADO POR/SAMPLED BY: CERRO QUEMA FECHA/DATE: ---- PROFUNDIDAD/DEPTH: 3.2  
ENSAYADO POR/TESTED BY: TECNILAB S.A. FECHA/DATE: 05-dic-13 LABORATORISTA/TECHNICIAN: I. NUÑEZ  
LOCALIZACIÓN/ LOCATION: PANAMA



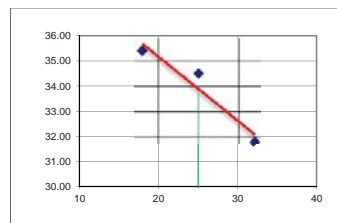
RESUMEN/ SUMMARY	
L. L.	33.70
P. L.	23.8
P. I.	10.0
CLASIFICACIÓN S.U.C.S./U.C.S. CLASSIFICATION	
ML	
CLASIFICACIÓN AASHTO/ AASHTO CLASSIFICATION	
CLASIFICACIÓN / CLASSIFICATION	A-4
ÍNDICE DE GRUPO/GROUP INDEX	5
CLASIFICACIÓN/CLASSIFICATION	
LIMO ARENOSO	
OBSERVACIONES/ REMARKS:	PLASTICIDAD BAJA

AGREGADO GRUESO/COARSE AGGREGATE				AGREGADO FINO/FINE AGGREGATE				HIDRÓMETRO/HYDROMETER	
TAMIZ/ SIEVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	TAMIZ/ SIEVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	CORR. PASA/ CORR. PASSING	DIÁMETRO DE PARTICULA/ PARTICLE SIZE
8"				#4	15.20	3.52	96.48	96.48	0.04687
6"				#10	18.60	4.30	95.70	95.70	0.03389
4"				#40	37.40	8.70	91.30	91.30	0.02414
3"				#200	171.40	39.70	60.30	60.30	0.01725
2 1/2"				FONDO					0.01260
2"				TOTAL					0.00897
1 1/2"				AGREGADO GRUESO/ COARSE AGGREGATE					0.00641
1"				Peso Muestra Total Seca/ Total Weight Dry Sample					0.00458
3/4"	0.00	0.00	100.00	AGREGADO FINO/ FINE AGGREGATE					0.00324
1/2"	4.70	1.09	98.91	Peso Muestra Total Seca/ Total Weight Dry Sample					0.00133
3/8"	11.50	2.66	97.34	Peso Seco Después de Lavado/ Dry Weight after washed					0.00000
#4	15.20	3.52	96.48						
FONDO									
TOTAL									

% GRAVA / %GRAVEL 3.52 % ARENA / % SAND 36.18 % FINOS / % FINE 60.30

Equipo utilizado para Análisis Granulométrico / Equipment Used for Particle Size Distribution			
Equipo/Equipment:	BALANZA	No. Serie/Serial #:	927
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	278

LÍMITE LÍQUIDO/LIQUID LIMIT				LÍMITE PLÁSTICO/PLASTIC LIMIT			
Ensayo No/ Test N°	1	2	3	Ensayo No/ Test N°	1	2	
Cápsula No./ Can N°	25	20	33	Cápsula No./ Can N°	28	95L	
Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	11.14	11.36	11.47	Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	4.28	4.33	
Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	28.01	28.28	25.46	Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	6.82	6.90	
Cap + Suelo Seco/ Can+dry soil (g)	23.94	23.94	21.80	Cap + Suelo Seco/ Can+dry soil (g)	6.33	6.41	
Agua/ Water (g)	4.07	4.34	3.66	Agua/ water (g)	0.49	0.49	
Suelo Seco/ Dry Soil (g)	12.80	12.58	10.33	Suelo Seco/ Dry Soil (g)	2.05	2.08	
Cont. Humedad % / Water content %	31.80	34.50	35.40	Cont. Humedad % / Water content %	23.90	23.60	
# de Golpes / # of Blows	32	25	18	Promedio/ Average	23.8		



Equipo utilizado para Límites de Atterberg / Equipment used for Atterberg Limits			
Equipo/Equipment:	CASA GRANDE	No. Serie/Serial #:	107
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	551

Observaciones/ Remarks:

Muestreado en Campo por/ Sampled on site by: TECNILAB, S.A. Ensayado por/ Tested by: I. NUÑEZ  
Compilado por/Compiled by: L. NAVARRO Presentado por/ Presented by: L. NAVARRO

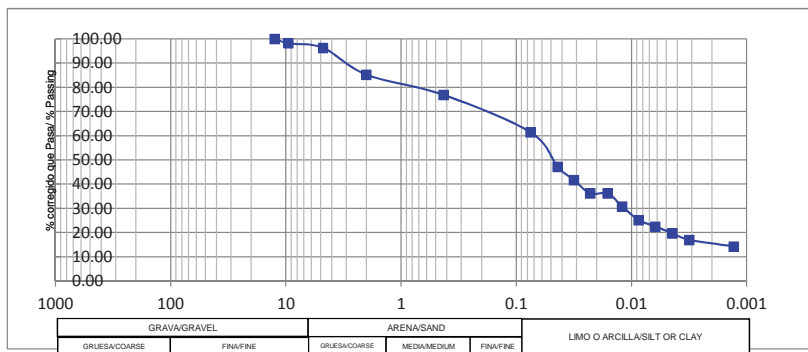
Fecha Efectiva:  
15 de Noviembre de 2011

Área:  
Pruebas y Ensayos

Versión:  
1

Página:  
1 de 1

TRABAJO No/ JOB #: 3-1972 CLIENTE/ CLIENT: CERRO QUEMA HOYO No/ HOLE #: TP-13  
PROYECTO/PROJECT: PERSCHIMCO CERRO QUEMA MUESTRA/SAMPLE: 1  
MUESTREADO POR/SAMPLED BY: CERRO QUEMA FECHA/DATE: ---- PROFUNDIDAD/DEPTH: 3.00  
ENSAYADO POR/TESTED BY: TECNILAB S.A. FECHA/DATE: 05-dic-13 LABORATORISTA/TECHNICIAN: I. NUÑEZ  
LOCALIZACIÓN/ LOCATION: PANAMA



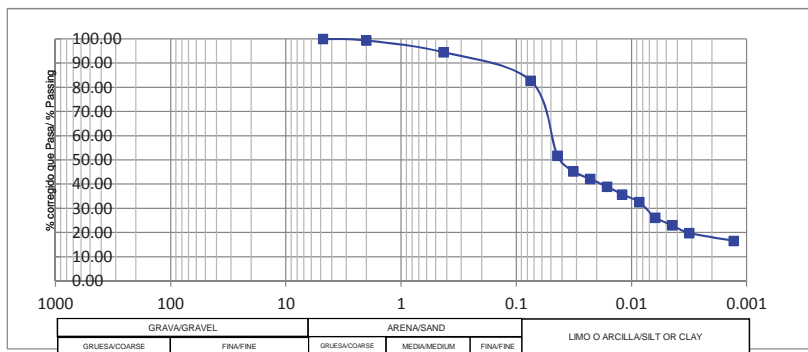
Fecha Efectiva:  
15 de Noviembre de 2011

Área:  
Pruebas y Ensayos

Versión:  
1

Página:  
1 de 1

TRABAJO No/ JOB #: 3-1972 CLIENTE/ CLIENT: CERRO QUEMA HOYO No/ HOLE #: TP-14  
PROYECTO/PROJECT: PERSCHIMCO CERRO QUEMA MUESTRA/SAMPLE: 1  
MUESTREADO POR/SAMPLED BY: CERRO QUEMA FECHA/DATE: ---- PROFUNDIDAD/DEPTH: 1.7  
ENSAYADO POR/TESTED BY: TECNILAB S.A. FECHA/DATE: 05-dic-13 LABORATORISTA/TECHNICIAN: I. NUÑEZ  
LOCALIZACIÓN/ LOCATION: PANAMA



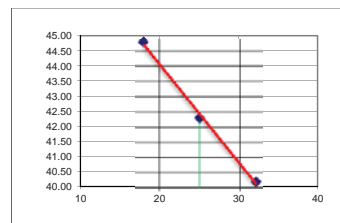
RESUMEN/ SUMMARY	
L. L.	42.20
P. L.	26.5
P. I.	15.7
CLASIFICACIÓN S.U.C.S./U.C.S. CLASSIFICATION	
ML	
CLASIFICACIÓN AASHTO/ AASHTO CLASSIFICATION	
CLASIFICACIÓN / CLASSIFICATION	
A-7-6	
ÍNDICE DE GRUPO/GROUP INDEX	
11	
CLASIFICACIÓN/CLASSIFICATION	
LIMO CON ARENA	
OBSERVACIONES/ REMARKS:	
PLASTICIDAD MEDIA	

AGREGADO GRUESO/COARSE AGGREGATE				AGREGADO FINO/FINE AGGREGATE				HIDRÓMETRO/HYDROMETER	
TAMIZ/ SIEVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	TAMIZ/ SIEVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	CORR. PASA/ CORR. PASSING	DIÁMETRO DE PARTICULA/ PARTICLE SIZE
8"				#4	0.00	0.00	100.00	100.00	0.04392
6"				#10	3.20	0.70	99.30	99.30	0.03185
4"				#40	24.30	5.50	94.50	94.50	0.02271
3"				#200	76.00	17.30	82.70	82.70	0.01625
2 1/2"				FONDO					0.01201
2"				TOTAL					0.00856
1 1/2"				AGREGADO GRUESO/ COARSE AGGREGATE					0.00619
1"				Peso Muestra Total Seca/ Total Weigh Dry Sample					0.00441
3/4"				AGREGADO FINO/ FINE AGGREGATE					0.00315
1/2"				Peso Muestra Total Seca/ Total Weight Dry Sample				439.00	0.00130
3/8"				Peso Seco Después de Lavado/ Dry Weight after washed					0.00000
#4									
FONDO									
TOTAL									

% GRAVA / %GRAVEL 0.00 % ARENA / % SAND 17.30 % FINOS / % FINE 82.70

Equipo utilizado para Análisis Granulométrico / Equipment Used for Particle Size Distribution			
Equipo/Equipment:	BALANZA	No. Serie/Serial #:	927
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	278

LÍMITE LÍQUIDO/LIQUID LIMIT				LÍMITE PLÁSTICO/PLASTIC LIMIT			
Ensayo No./ Test N°	1	2	3	Ensayo No./ Test N°	1	2	
Cápsula No./ Can N°	A6	19	79	Cápsula No./ Can N°	18	19	
Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	12.28	11.41	12.23	Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	4.25	4.30	
Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	25.05	24.74	27.33	Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	6.67	7.13	
Cap + Suelo Seco/ Can+dry Soil (g)	21.39	20.78	22.66	Cap + Suelo Seco/ Can+dry Soil (g)	6.16	6.54	
Agua/ Water (g)	3.66	3.96	4.67	Agua/ water (g)	0.51	0.59	
Suelo Seco/ Dry Soil (g)	9.11	9.37	10.43	Suelo Seco/ Dry Soil (g)	1.91	2.24	
Cont. Humedad % / Water content %	40.20	42.30	44.80	Cont. Humedad % / Water content %	26.70	26.30	
# de Golpes / # of Blows	32	25	18	Promedio/ Average	26.5		



Equipo utilizado para Límites de Atterberg / Equipment used for Atterberg Limits			
Equipo/Equipment:	CASA GRANDE	No. Serie/Serial #:	107
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	551

Observaciones/ Remarks:

Muestreado en Campo por/ Sampled on site by: CERRO QUEMA Ensayado por/ Tested by: I. NUÑEZ  
Compilado por/Compiled by: L. NAVARRO Presentado por/ Presented by: L. NAVARRO

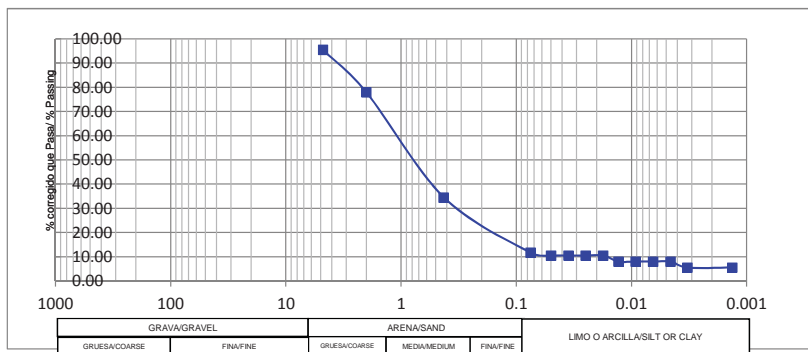
Fecha Efectiva:  
15 de Noviembre de 2011

Área:  
Pruebas y Ensayos

Versión:  
1

Página:  
1 de 1

TRABAJO No/ JOB #: 3-1972 CLIENTE/ CLIENT: CERRO QUEMA HOYO No/ HOLE #: TP-14  
PROYECTO/PROJECT: PERSCHIMCO CERRO QUEMA MUESTRA/SAMPLE: 1,2  
MUESTREADO POR/SAMPLED BY: CERRO QUEMA FECHA/DATE: ---- PROFUNDIDAD/DEPTH: 3.6  
ENSAYADO POR/TESTED BY: TECNILAB S.A. FECHA/DATE: 05-dic-13 LABORATORISTA/TECHNICIAN: I. NUÑEZ/C. CORDOBA  
LOCALIZACIÓN/ LOCATION: PANAMA



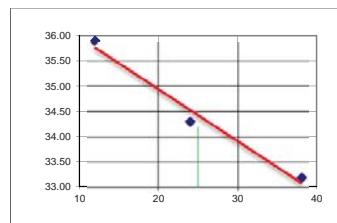
RESUMEN/ SUMMARY	
L. L.	34.20
P. L.	22.9
P. I.	11.4
CLASIFICACIÓN S.U.C.S./U.C.S. CLASSIFICATION	
SP-SC	
CLASIFICACIÓN AASHTO/ AASHTO CLASSIFICATION	
CLASIFICACIÓN / CLASSIFICATION	A-2-6
ÍNDICE DE GRUPO/GROUP INDEX	0
CLASIFICACIÓN/CLASSIFICATION	
ARENA MAL GRADUADA CON ARCILLA O ARCILLA LIMOSA	
OBSERVACIONES/ REMARKS:	PLASTICIDAD MEDIA

AGREGADO GRUESO/COARSE AGGREGATE				AGREGADO FINO/FINE AGGREGATE				HIDRÓMETRO/HYDROMETER	
TAMIZ/ SIEVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	TAMIZ/ SIEVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	CORR. PASA/ CORR. PASSING	DIÁMETRO DE PARTICULA/ PARTICLE SIZE
8"				#4	22.80	4.56	95.44	95.44	0.04965
6"				#10	110.50	22.10	77.90	77.90	0.03511
4"				#40	327.40	65.50	34.50	34.50	0.02483
3"				#200	441.30	88.30	11.70	11.70	0.01755
2 1/2"				FONDO					0.01295
2"				TOTAL					0.00916
1 1/2"				AGREGADO GRUESO/ COARSE AGGREGATE					0.00648
1"				Peso Muestra Total Seca/ Total Weigh Dry Sample					0.00458
3/4"				AGREGADO FINO/ FINE AGGREGATE					0.00326
1/2"				Peso Muestra Total Seca/ Total Weight Dry Sample				500.00	0.00133
3/8"	0.00	0.00	100.00	Peso Seco Después de Lavado/ Dry Weight after washed					0.00000
#4	22.80	4.56	95.44						
FONDO									
TOTAL									

% GRAVA / %GRAVEL 4.56 % ARENA / % SAND 83.74 % FINOS / % FINE 11.70

Equipo utilizado para Análisis Granulométrico / Equipment Used for Particle Size Distribution			
Equipo/Equipment:	BALANZA	No. Serie/Serial #:	927
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	278

LÍMITE LÍQUIDO/LIQUID LIMIT				LÍMITE PLÁSTICO/PLASTIC LIMIT			
Ensayo No./ Test N°	1	2	3	Ensayo No./ Test N°	1	2	
Cápsula No./ Can N°	26	81	21A	Cápsula No./ Can N°	66	77	
Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	11.46	11.43	11.23	Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	4.26	4.30	
Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	29.85	26.19	26.52	Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	8.42	8.59	
Cap + Suelo Seco/ Can+dry soil (g)	25.27	22.42	22.48	Cap + Suelo Seco/ Can+dry soil (g)	7.64	7.80	
Agua/ Water (g)	4.58	3.77	4.04	Agua/ water (g)	0.78	0.79	
Suelo Seco/ Dry Soil (g)	13.81	10.99	11.25	Suelo Seco/ Dry Soil (g)	3.38	3.50	
Cont. Humedad % / Water content %	33.20	34.30	35.90	Cont. Humedad % / Water content %	23.10	22.60	
# de Golpes / # of Blows	38	24	12	Promedio/ Average	22.9		



Equipo utilizado para Límites de Atterberg / Equipment used for Atterberg Limits			
Equipo/Equipment:	CASA GRANDE	No. Serie/Serial #:	107
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	551

Observaciones/ Remarks:

Muestreado en Campo por/ Sampled on site by: CERRO QUEMA Ensayado por/ Tested by: I. NUÑEZ/C. CORDOBA  
Compilado por/Compiled by: L. NAVARRO Presentado por/ Presented by: L. NAVARRO

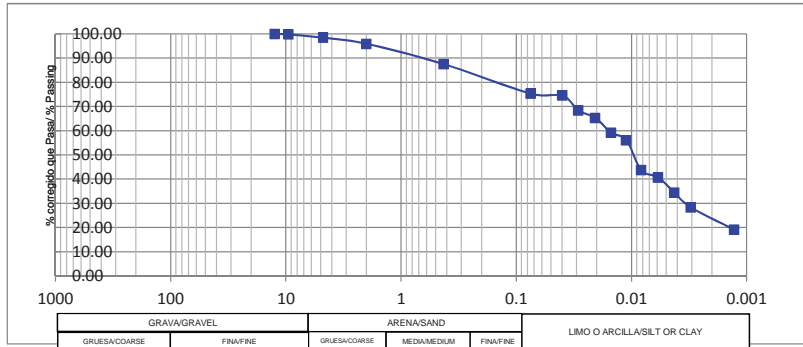
Fecha Efectiva:  
15 de Noviembre de 2011

Área:  
Pruebas y Ensayos

Versión:  
1

Página:  
1 de 1

TRABAJO No/ JOB #: 3-1972 CLIENTE/ CLIENT: CERRO QUEMA HOYO No/ HOLE #: TP-15  
PROYECTO/PROJECT: PERSCHIMCO CERRO QUEMA MUESTRA/SAMPLE: 1  
MUESTREADO POR/SAMPLED BY: CERRO QUEMA FECHA/DATE: ---- PROFUNDIDAD/DEPTH: 1.00  
ENSAYADO POR/TESTED BY: TECNILAB S.A. FECHA/DATE: 05-dic-13 LABORATORISTA/TECHNICIAN: I. NUÑEZ  
LOCALIZACIÓN/ LOCATION: PANAMA



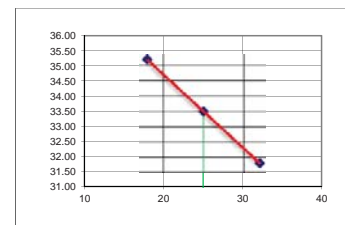
RESUMEN/ SUMMARY	
L. L.	33.30
P. L.	22.6
P. I.	10.7
CLASIFICACIÓN S.U.C.S./U.C.S. CLASSIFICATION	
CL	
CLASIFICACIÓN AASHTO/ AASHTO CLASSIFICATION	
CLASIFICACIÓN / CLASSIFICATION	A-6
ÍNDICE DE GRUPO/GROUP INDEX	8
CLASIFICACIÓN/CLASSIFICATION	
ARCILLA LIGERA CON ARENA	
OBSERVACIONES/ REMARKS:	PLASTICIDAD MEDIA

AGREGADO GRUESO/COARSE AGGREGATE				AGREGADO FINO/FINE AGGREGATE				HIDRÓMETRO/HYDROMETER	
TAMIZ/ SIEVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	TAMIZ/ SIEVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	CORR. PASA/ CORR. PASSING	DIÁMETRO DE PARTICULA/ PARTICLE SIZE
8"				#4	10.90	1.59	98.41	98.41	0.03970
6"				#10	28.10	4.10	95.90	95.90	0.02896
4"				#40	85.40	12.50	87.50	87.50	0.02068
3"				#200	169.20	24.70	75.30	75.30	0.01498
2 1/2"				FONDO					0.01109
2"				TOTAL					0.00822
1 1/2"				AGREGADO GRUESO/ COARSE AGGREGATE					0.00586
1"				Peso Muestra Total Seca/ Total Weigh Dry Sample					0.00425
3/4"				AGREGADO FINO/ FINE AGGREGATE					0.00306
1/2"	0.00	0.00	100.00	Peso Muestra Total Seca/ Total Weight Dry Sample				684.00	0.00129
3/8"	1.50	0.22	99.78	Peso Seco Después de Lavado/ Dry Weight after washed					0.00000
#4	10.90	1.59	98.41						
FONDO									
TOTAL									

% GRAVA / %GRAVEL 1.59 % ARENA / % SAND 23.11 % FINOS / % FINE 75.30

Equipo utilizado para Análisis Granulométrico / Equipment Used for Particle Size Distribution			
Equipo/Equipment:	BALANZA	No. Serie/Serial #:	927
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	278

LÍMITE LÍQUIDO/LIQUID LIMIT			LÍMITE PLÁSTICO/PLASTIC LIMIT		
Ensayo No./ Test N°	1	2	Ensayo No./ Test N°	1	2
Cápsula No./ Can N°	11L	6	21	42X	X1
Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	12.38	11.42	11.32	4.75	4.68
Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	32.42	27.84	30.03	7.48	7.48
Cap + Suelo Seco/ Can+Dry Soil (g)	27.59	23.72	25.16	6.98	6.96
Agua/ Water (g)	4.83	4.12	4.87	0.50	0.52
Suelo Seco/ Dry Soil (g)	15.21	12.30	13.84	2.23	2.28
Cont. Humedad % / Water content %	31.80	33.50	35.20	22.40	22.80
# de Golpes / # of Blows	32	25	18	Promedio/ Average 22.6	



Equipo utilizado para Límites de Atterberg / Equipment used for Atterberg Limits			
Equipo/Equipment:	CASA GRANDE	No. Serie/Serial #:	107
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	551

Observaciones/ Remarks:

Muestreado en Campo por/ Sampled on site by: CERRO QUEMA Ensayado por/ Tested by: I. NUÑEZ  
Compilado por/Compiled by: L. NAVARRO Presentado por/ Presented by: L. NAVARRO

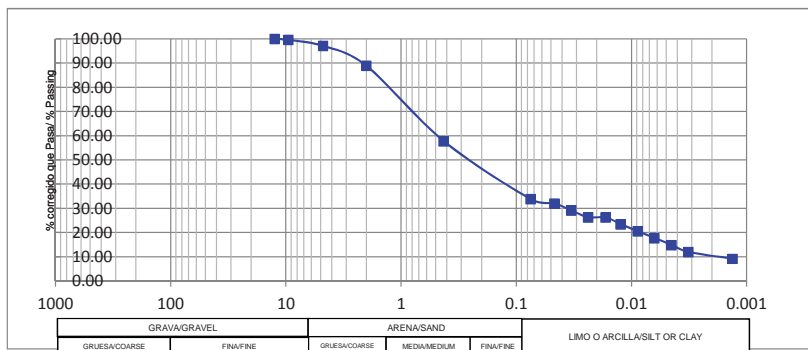
Fecha Efectiva:  
15 de Noviembre de 2011

Área:  
Pruebas y Ensayos

Versión:  
1

Página:  
1 de 1

TRABAJO No/ JOB #: 3-1972 CLIENTE/ CLIENT: CERRO QUEMA HOYO No/ HOLE #: TP-15  
PROYECTO/PROJECT: PERSCHIMCO CERRO QUEMA MUESTRA/SAMPLE: 2  
MUESTREADO POR/SAMPLED BY: CERRO QUEMA FECHA/DATE: ---- PROFUNDIDAD/DEPTH: 2.00  
ENSAYADO POR/TESTED BY: TECNILAB S.A. FECHA/DATE: 05-dic-13 LABORATORISTA/TECHNICIAN: I. NUÑEZ  
LOCALIZACIÓN/ LOCATION: PANAMA



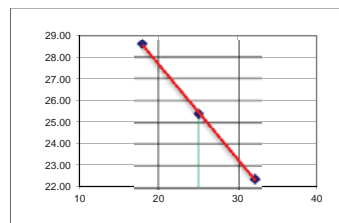
RESUMEN/ SUMMARY	
L. L.	25.20
P. L.	21.4
P. I.	3.9
CLASIFICACIÓN S.U.C.S./U.C.S. CLASSIFICATION	
SM	
CLASIFICACIÓN AASHTO/ AASHTO CLASSIFICATION	
CLASIFICACIÓN / CLASSIFICATION	
A-2-4	
ÍNDICE DE GRUPO/GROUP INDEX	
0	
CLASIFICACIÓN/CLASSIFICATION	
ARENA LIMOSA	
OBSERVACIONES/ REMARKS:	
PLASTICIDAD BAJA	

AGREGADO GRUESO/COARSE AGGREGATE				AGREGADO FINO/FINE AGGREGATE				HIDRÓMETRO/HYDROMETER	
TAMIZ/ SIEVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	TAMIZ/ SIEVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	CORR. PASA/ CORR. PASSING	DIÁMETRO DE PARTICULA/ PARTICLE SIZE
8"				#4	15.00	2.90	97.10	97.10	0.04651
6"				#10	57.70	11.10	88.90	88.90	0.03314
4"				#40	219.30	42.30	57.70	57.70	0.02370
3"				#200	343.00	66.20	33.80	33.80	0.01676
2 1/2"				FONDO					0.01238
2"				TOTAL					0.00881
1 1/2"				AGREGADO GRUESO/ COARSE AGGREGATE					0.00630
1"				Peso Muestra Total Seca/ Total Weight Dry Sample					0.00449
3/4"				AGREGADO FINO/ FINE AGGREGATE					0.00320
1/2"	0.00	0.00	100.00	Peso Muestra Total Seca/ Total Weight Dry Sample					0.00132
3/8"	2.40	0.46	99.54	Peso Seco Después de Lavado/ Dry Weight after washed					0.00000
#4	15.00	2.90	97.10						
FONDO									
TOTAL									

% GRAVA / %GRAVEL 2.90 % ARENA / % SAND 63.30 % FINOS / % FINE 33.80

Equipo utilizado para Análisis Granulométrico / Equipment Used for Particle Size Distribution			
Equipo/Equipment:	BALANZA	No. Serie/Serial #:	927
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	278

LÍMITE LÍQUIDO/LIQUID LIMIT				LÍMITE PLÁSTICO/PLASTIC LIMIT			
Ensayo No./ Test N°	1	2	3	Ensayo No./ Test N°	1	2	
Cápsula No./ Can N°	99	25	40	Cápsula No./ Can N°	80	63	
Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	12.40	11.13	12.27	Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	4.76	4.27	
Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	28.52	30.12	30.18	Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	8.67	8.32	
Cap + Suelo Seco/ Can+Dry Soil (g)	25.57	26.27	26.20	Cap + Suelo Seco/ Can+Dry Soil (g)	7.98	7.61	
Agua/ Water (g)	2.95	3.85	3.98	Agua/ water (g)	0.69	0.71	
Suelo Seco/ Dry Soil (g)	13.17	15.14	13.93	Suelo Seco/ Dry Soil (g)	3.22	3.34	
Cont. Humedad % / Water content %	22.40	25.40	28.60	Cont. Humedad % / Water content %	21.40	21.30	
# de Golpes / # of Blows	32	25	18	Promedio/ Average	21.4		



Equipo utilizado para Límites de Atterberg / Equipment used for Atterberg Limits			
Equipo/Equipment:	CASA GRANDE	No. Serie/Serial #:	107
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	551

Observaciones/ Remarks:

Muestreado en Campo por/ Sampled on site by: CERRO QUEMA Ensayado por/ Tested by: I. NUÑEZ  
Compilado por/Compiled by: L. NAVARRO Presentado por/ Presented by: L. NAVARRO



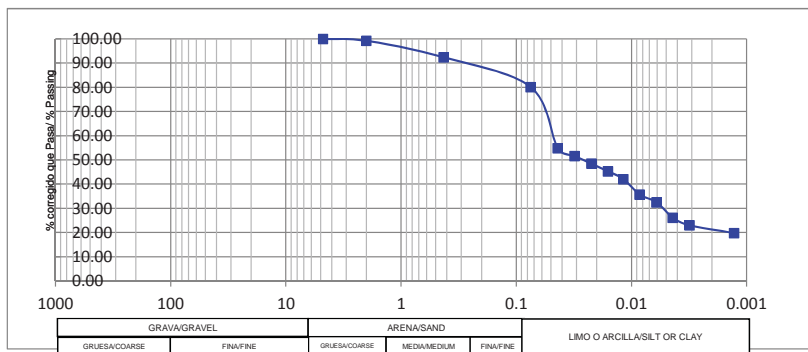
Fecha Efectiva:  
15 de Noviembre de 2011

Área:  
Pruebas y Ensayos

Versión:  
1

Página:  
1 de 1

TRABAJO No/ JOB #: 3-1972 CLIENTE/ CLIENT: CERRO QUEMA HOYO No/ HOLE #: TP-16  
PROYECTO/PROJECT: PERSCHIMCO CERRO QUEMA MUESTRA/SAMPLE: 1  
MUESTREADO POR/SAMPLED BY: CERRO QUEMA FECHA/DATE: ---- PROFUNDIDAD/DEPTH: 1.30  
ENSAYADO POR/TESTED BY: TECNILAB S.A. FECHA/DATE: 05-dic-13 LABORATORISTA/TECHNICIAN: I. NUÑEZ  
LOCALIZACIÓN/ LOCATION: PANAMA



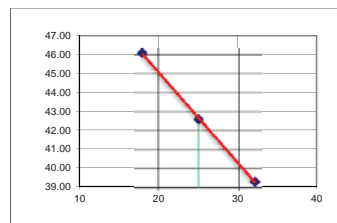
RESUMEN/ SUMMARY	
L. L.	42.30
P. L.	22.9
P. I.	19.5
CLASIFICACIÓN S.U.C.S./U.C.S. CLASSIFICATION	
CL	
CLASIFICACIÓN AASHTO/ AASHTO CLASSIFICATION	
CLASIFICACIÓN / CLASSIFICATION	
A-7-6	
ÍNDICE DE GRUPO/GROUP INDEX	
12	
CLASIFICACIÓN/CLASSIFICATION	
ARCILLA LIGERA CON ARENA	
OBSERVACIONES/ REMARKS: PLASTICIDAD MEDIA	

AGREGADO GRUESO/COARSE AGGREGATE				AGREGADO FINO/FINE AGGREGATE				HIDRÓMETRO/HYDROMETER	
TAMIZ/ SIEVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	TAMIZ/ SIEVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	CORR. PASA/ CORR. PASSING	DIÁMETRO DE PARTICULA/ PARTICLE SIZE
8"				#4	0.00	0.00	100.00	100.00	0.04353
6"				#10	3.90	0.80	99.20	99.20	0.03105
4"				#40	38.00	7.60	92.40	92.40	0.02224
3"				#200	99.60	19.90	80.10	80.10	0.01593
2 1/2"				FONDO					0.01173
2"				TOTAL					0.00849
1 1/2"				AGREGADO GRUESO/ COARSE AGGREGATE					0.00605
1"				Peso Muestra Total Seca/ Total Weigh Dry Sample					0.00438
3/4"				AGREGADO FINO/ FINE AGGREGATE					0.00312
1/2"				Peso Muestra Total Seca/ Total Weight Dry Sample					0.00129
3/8"				Peso Seco Después de Lavado/ Dry Weight after washed					0.00000
#4									
FONDO									
TOTAL									

% GRAVA / %GRAVEL 0.00 % ARENA / % SAND 19.90 % FINOS / % FINE 80.10

Equipo utilizado para Análisis Granulométrico / Equipment Used for Particle Size Distribution			
Equipo/Equipment:	BALANZA	No. Serie/Serial #:	927
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	456

LÍMITE LÍQUIDO/LIQUID LIMIT				LÍMITE PLÁSTICO/PLASTIC LIMIT			
Ensayo No./ Test N°	1	2	3	Ensayo No./ Test N°	1	2	
Cápsula No./ Can N°	A-6	119	XXX	Cápsula No./ Can N°	66	40	
Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	12.28	11.42	12.20	Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	4.26	4.79	
Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	28.61	26.32	31.62	Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	7.44	7.69	
Cap + Suelo Seco/ Can+dry Soil (g)	24.00	21.87	25.49	Cap + Suelo Seco/ Can+dry Soil (g)	6.86	7.14	
Agua/ Water (g)	4.61	4.45	6.13	Agua/ water (g)	0.58	0.55	
Suelo Seco/ Dry Soil (g)	11.72	10.45	13.29	Suelo Seco/ Dry Soil (g)	2.60	2.35	
Cont. Humedad % / Water content %	39.30	42.60	46.10	Cont. Humedad % / Water content %	22.30	23.40	
# de Golpes / # of Blows	32	25	18	Promedio/ Average	22.9		



Equipo utilizado para Límites de Atterberg / Equipment used for Atterberg Limits			
Equipo/Equipment:	CASA GRANDE	No. Serie/Serial #:	107
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	551

Observaciones/ Remarks:

Muestreado en Campo por/ Sampled on site by: CERRO QUEMA Ensayado por/ Tested by: I. NUÑEZ  
Compilado por/Compiled by: E. VALDEZ Presentado por/ Presented by: L. NAVARRO

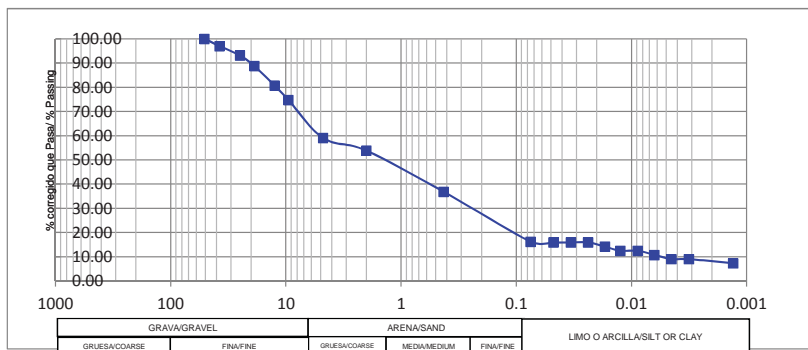
Fecha Efectiva:  
15 de Noviembre de 2011

Área:  
Pruebas y Ensayos

Versión:  
1

Página:  
1 de 1

TRABAJO No/ JOB #: 3-1972 CLIENTE/ CLIENT: CERRO QUEMA HOYO No/ HOLE #: TP-16  
PROYECTO/PROJECT: PERSCHIMCO CERRO QUEMA MUESTRA/SAMPLE: 1.2  
MUESTREADO POR/SAMPLED BY: CERRO QUEMA FECHA/DATE: ---- PROFUNDIDAD/DEPTH: 3.5  
ENSAYADO POR/TESTED BY: TECNILAB S.A. FECHA/DATE: 05-dic-13 LABORATORISTA/TECHNICIAN: I. NUÑEZ/C. CORDOBA  
LOCALIZACIÓN/ LOCATION: PANAMA



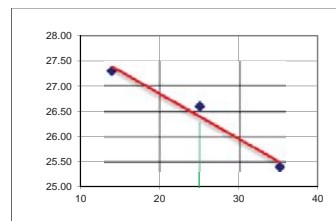
RESUMEN/ SUMMARY	
L. L.	26.30
P. L.	20.2
P. I.	6.1
CLASIFICACIÓN S.U.C.S./U.C.S. CLASSIFICATION	
SC-SM	
CLASIFICACIÓN AASHTO/ AASHTO CLASSIFICATION	
CLASIFICACIÓN / CLASSIFICATION	A-2-4
ÍNDICE DE GRUPO/GROUP INDEX	0
CLASIFICACIÓN/CLASSIFICATION	
ARENA LIMOSA ARCILLOSA CON GRAVA	
OBSERVACIONES/ REMARKS:	PLASTICIDAD BAJA

AGREGADO GRUESO/COARSE AGGREGATE				AGREGADO FINO/FINE AGGREGATE				HIDRÓMETRO/HYDROMETER	
TAMIZ/ SIEVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	TAMIZ/ SIEVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	CORR. PASA/ CORR. PASSING	DIÁMETRO DE PARTICULA/ PARTICLE SIZE
8"				#4	3,127.00	40.98	59.02	59.02	0.04740
6"				#10	57.60	8.80	91.20	53.83	0.03352
4"				#40	207.50	31.70	68.30	36.76	0.02370
3"				#200	366.00	55.90	44.10	16.21	0.01695
2 1/2"				FONDO					0.01247
2"	0.00	0.00	100.00	TOTAL					0.00881
1 1/2"	228.00	2.99	97.01	AGREGADO GRUESO/ COARSE AGGREGATE					0.00630
1"	523.00	6.85	93.15	Peso Muestra Total Seca/ Total Weigh Dry Sample				7,631.00 g	0.00449
3/4"	862.00	11.30	88.70	AGREGADO FINO/ FINE AGGREGATE					0.00317
1/2"	1,471.00	19.28	80.72	Peso Muestra Total Seca/ Total Weight Dry Sample				655.00 g	0.00131
3/8"	1,927.00	25.25	74.75	Peso Seco Después de Lavado/ Dry Weight after washed					0.00000
#4	3,127.00	40.98	59.02						0.00000
FONDO									
TOTAL									

% GRAVA / %GRAVEL 40.98 % ARENA / % SAND 42.81 % FINOS / % FINE 16.21

Equipo utilizado para Análisis Granulométrico / Equipment Used for Particle Size Distribution			
Equipo/Equipment:	BALANZA	No. Serie/Serial #:	927
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	278

LÍMITE LÍQUIDO/LIQUID LIMIT				LÍMITE PLÁSTICO/PLASTIC LIMIT			
Ensayo No/ Test N°	1	2	3	Ensayo No/ Test N°	1	2	
Cápsula No./ Can N°	44	10	53	Cápsula No./ Can N°	5L	63	
Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	10.55	10.76	10.23	Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	4.27	4.28	
Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	31.31	35.13	32.14	Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	9.44	8.86	
Cap + Suelo Seco/ Can+dry Soil (g)	27.11	30.01	27.44	Cap + Suelo Seco/ Can+dry Soil (g)	8.57	8.09	
Agua/ Water (g)	4.20	5.12	4.70	Agua/ water (g)	0.87	0.77	
Suelo Seco/ Dry Soil (g)	16.56	19.25	17.21	Suelo Seco/ Dry Soil (g)	4.30	3.81	
Cont. Humedad % / Water content %	25.40	26.60	27.30	Cont. Humedad % / Water content %	20.20	20.20	
# de Golpes / # of Blows	35	25	14	Promedio/ Average	20.2		



Equipo utilizado para Límites de Atterberg / Equipment used for Atterberg Limits			
Equipo/Equipment:	CASA GRANDE	No. Serie/Serial #:	107
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	551

Observaciones/ Remarks:

Muestreado en Campo por/ Sampled on site by: CERRO QUEMA Ensayado por/ Tested by: I. NUÑEZ/C. CORDOBA  
Compilado por/Compiled by: L. NAVARRO Presentado por/ Presented by: L. NAVARRO

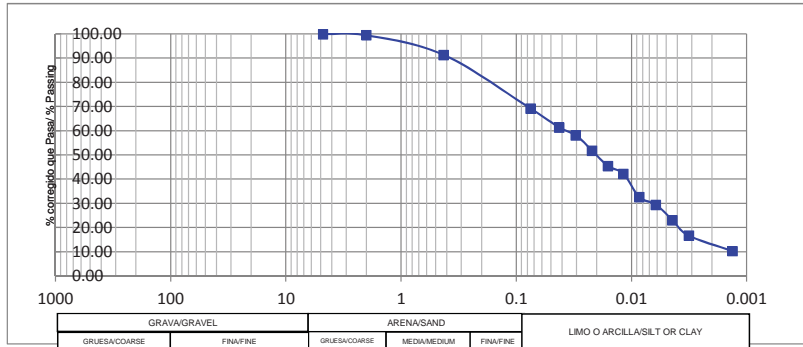
Fecha Efectiva:  
**15 de Noviembre de 2011**

Área:  
**Pruebas y Ensayos**

Versión:  
**1**

Página:  
**1 de 1**

TRABAJO No/ JOB #: 3-1972 CLIENTE/ CLIENT: CERRO QUEMA HOYO No/ HOLE #: TP-17  
PROYECTO/PROJECT: PERSCHIMCO CERRO QUEMA MUESTRA/SAMPLE: 1  
MUESTREADO POR/SAMPLED BY: CERRO QUEMA FECHA/DATE: ---- PROFUNDIDAD/DEPTH: 2.10  
ENSAYADO POR/TESTED BY: TECNILAB S.A FECHA/DATE: 05-dic-13 LABORATORISTA/TECHNICIAN: I. NUÑEZ  
LOCALIZACIÓN/ LOCATION: PANAMA



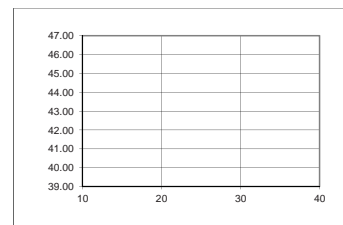
RESUMEN/ SUMMARY	
L. L.	32.30
P. L.	20.5
P. I.	11.9
CLASIFICACIÓN S.U.C.S./U.C.S. CLASSIFICATION	
CL	
CLASIFICACIÓN AASHTO/ AASHTO CLASSIFICATION	
CLASIFICACIÓN / CLASSIFICATION	
A-6	
ÍNDICE DE GRUPO/GROUP INDEX	
8	
CLASIFICACIÓN/CLASSIFICATION	
ARCILLA LIGERA ARENOSA	
OBSERVACIONES/ REMARKS:	
PLASTICIDAD MEDIA	

AGREGADO GRUESO/COARSE AGGREGATE				AGREGADO FINO/FINE AGGREGATE				HIDRÓMETRO/HYDROMETER	
TAMIZ/ SIEVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	TAMIZ/ SIEVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	CORR. PASA/ CORR. PASSING	DIÁMETRO DE PARTICULA/ PARTICLE SIZE
8"				#4	0.90	0.11	99.89	99.89	0.04236
6"				#10	4.60	0.60	99.40	99.40	0.03037
4"				#40	71.90	8.70	91.30	91.30	0.02196
3"				#200	256.10	30.90	69.10	69.10	0.01593
2 1/2"				FONDO					0.01173
2"				TOTAL					0.00856
1 1/2"				AGREGADO GRUESO/ COARSE AGGREGATE					0.00612
1"				Peso Muestra Total Seca/ Total Weigh Dry Sample					0.00441
3/4"				AGREGADO FINO/ FINE AGGREGATE					0.00317
1/2"				Peso Muestra Total Seca/ Total Weight Dry Sample				829.00 g	0.00132
3/8"	0.00	0.00	100.00	Peso Seco Después de Lavado/ Dry Weight after washed					0.00000
#4	0.90	0.11	99.89						0.00
FONDO									
TOTAL									

% GRAVA / %GRAVEL 0.11 % ARENA / % SAND 30.79 % FINOS / % FINE 69.10

Equipo utilizado para Análisis Granulométrico / Equipment Used for Particle Size Distribution			
Equipo/Equipment:	BALANZA	No. Serie/Serial #:	927
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	456

LÍMITE LÍQUIDO/LIQUID LIMIT				LÍMITE PLÁSTICO/PLASTIC LIMIT			
Ensayo No/ Test N°	1	2	3	Ensayo No/ Test N°	1	2	
Cápsula No./ Can N°	17	79	18L	Cápsula No./ Can N°	10	10L	
Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	11.17	12.23	12.34	Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	4.30	4.24	
Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	27.70	30.06	30.36	Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	7.23	6.91	
Cap + Suelo Seco/ Can+Dry Soil (g)	23.71	25.73	25.87	Cap + Suelo Seco/ Can+Dry Soil (g)	6.73	6.46	
Agua/ Water (g)	3.99	4.33	4.49	Agua/ water (g)	0.50	0.45	
Suelo Seco/ Dry Soil (g)	12.54	13.50	13.53	Suelo Seco/ Dry Soil (g)	2.43	2.22	
Cont. Humedad % / Water content %	31.80	32.10	33.20	Cont. Humedad % / Water content %	20.60	20.30	
# de Golpes / # of Blows	32	25	18	Promedio/ Average	20.5		

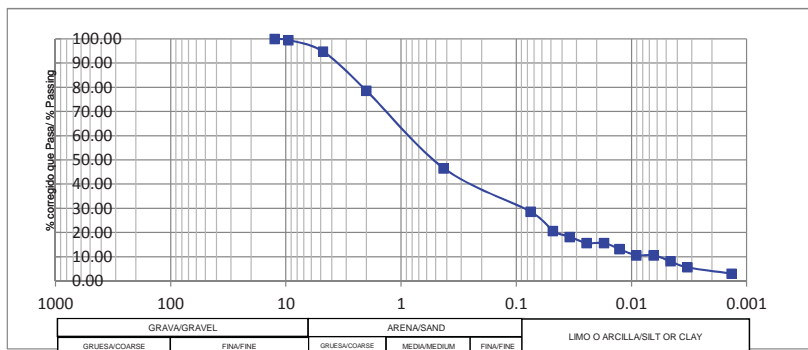


Equipo utilizado para Límites de Atterberg / Equipment used for Atterberg Limits			
Equipo/Equipment:	CASA GRANDE	No. Serie/Serial #:	107
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	551

Observaciones/ Remarks:

Muestreado en Campo por/ Sampled on site by: CERRO QUEMA Ensayado por/ Tested by: I. NUÑEZ  
Compilado por/Compiled by: E. VALDEZ Presentado por/ Presented by: L. NAVARRO

TRABAJO No/ JOB #:	3-1972	CLIENTE/ CLIENT:	CERRO QUEMA	HOYO No/ HOLE #:	TP-18
PROYECTO/PROJECT:	PERSCHIMCO CERRO QUEMA			MUESTRA/SAMPLE:	2
MUESTREO POR/SAMPLED BY:	CERRO QUEMA	FECHA/DATE:	----	PROFUNDIDAD/DEPTH:	1.70
ENSAYADO POR/TESTED BY:	TECNILAB S.A	FECHA/DATE:	05-dic-13	LABORATORISTA/TECHNICIAN:	I. NUÑEZJ. GARCIA
LOCALIZACIÓN/ LOCATION:	PANAMA				



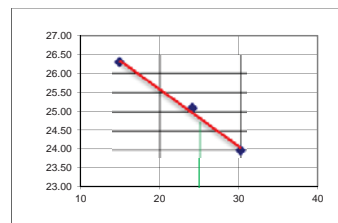
RESUMEN/ SUMMARY		
L. L.	24.70	C <sub>u</sub> _____
P. L.	15.1	C <sub>c</sub> _____
P. I.	9.7	
CLASIFICACION S.U.C./S.I.S.U.C.S. CLASSIFICATION		
SC		
CLASIFICACION AASHTO/ AASHTO CLASSIFICATION		
CLASIFICACION / CLASSIFICATION	A-2-4	
INDICE DE GRUPO/GROUP INDEX	0	
CLASIFICACION/CLASSIFICATION		
ARENA ARCILLOSA		
OBSERVACIONES/ REMARKS:		PLASTICIDAD BAJA

AGREGADO GRUESO/COARSE AGGREGATE				AGREGADO FINO/FINE AGGREGATE					HIDROMETRO/HYDROMETER		
TAMIZ / SEIVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	TAMIZ/ SEIVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ RETAINED %	% PASA/ % PASSING	CORR. PASA/ CORR. PASSING	DIAMETRO DE PARTICULA/ PARTICLE SIZE	CORREGIDO QUE PASA/ CORRECTED PASSING	
8"				#4	37.50	5.24	94.76	94.76	0.04793	20.70	
6"				#10	153.00	21.40	78.60	78.60	0.03414	18.18	
4"				#40	382.70	53.50	46.50	46.50	0.02440	15.65	
3"				#200	510.40	71.40	28.60	28.60	0.01725	15.65	
2 1/2"				FONDO					0.01269	13.13	
2"				TOTAL					0.00907	10.60	
1 1/2"				AGREGADO GRUESO/ COARSE AGGREGATE						0.00641	10.60
1"				Peso Muestra Total Seca/ Total Weigh Dry Sample						0.00458	8.08
3/4"				AGREGADO FINO/ FINE AGGREGATE						0.00326	5.55
1/2"	0.00	0.00	100.00	Peso Muestra Total Seca/ Total Weight Dry Sample					715.00	0.00134	3.03
3/8"	3.70	0.52	99.48	Peso Seco Después de Lavado/ Dry Weight after washed						0.00000	0.00
#4	37.50	5.24	94.76								
FONDO											
TOTAL											

% GRAVA / %GRAVEL	5.24	% ARENA / % SAND	66.16	% FINOS / % FINE	28.60
-------------------	------	------------------	-------	------------------	-------

Equipo utilizado para Análisis Granulométrico / Equipment Used for Particle Size Distribution							
Equipo/Equipment:	BALANZA	No. Serie/Serial #:	927	Equipo/Equipment:	----	No. Serie/Serial #:	----
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	278	Equipo/Equipment:	----	No. Serie/Serial #:	----

LÍMITE LÍQUIDO/LIQUID LIMIT				LÍMITE PLÁSTICO/PLASTIC LIMIT			
Ensayo No./ Test N°	1	2	3	Ensayo No./ Test N°	1	2	
Cápsula No./ Can N°	8L	99	56	Cápsula No./ Can N°	10	80	
Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	12.40	12.40	11.40	Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	4.30	4.77	
Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	26.58	25.26	23.94	Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	8.98	9.78	
Cap + Suelo Seco/ Can+Dry Soil (g)	23.84	22.68	21.33	Cap + Suelo Seco/ Can+Dry Soil (g)	8.38	9.11	
Agua/ Water (g)	2.74	2.58	2.61	Agua/ water (g)	0.60	0.67	
Suelo Seco/ Dry Soil (g)	11.44	10.28	9.93	Suelo Seco/ Dry Soil (g)	4.08	4.34	
Cont. Humedad % / Water content %	24.00	25.10	26.30	Cont. Humedad % / Water content %	14.70	15.40	
# de Golpes / # of Blows	30	24	15	Promedio/ Average	15.1		



Equipo utilizado para Límites de Atterberg / Equipment used for Atterberg Limits							
Equipo/Equipment:	CASA GRANDE	No. Serie/Serial #:	107	Equipo/Equipment:	BALANZA	No. Serie/Serial #:	709
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	551	Equipo/Equipment:	-----	No. Serie/Serial #:	-----

Observaciones/ Remarks:

Muestreado en Campo por/ Sampled on site by: TECNILAB. S.A  
 Compilado por/Compiled by: L. NAVARRO

Ensayado por/ Tested by: I. NUÑEZ/J. GARCIA  
Presentado por/ Presented by: L. NAVARRO

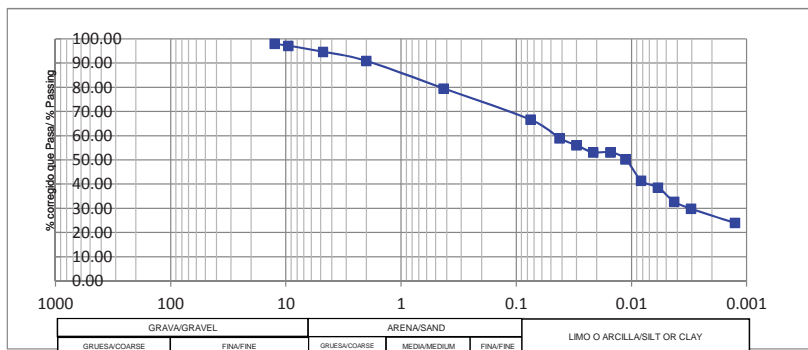
Fecha Efectiva:  
15 de Noviembre de 2011

Área:  
Pruebas y Ensayos

Versión:  
1

Página:  
1 de 1

TRABAJO No/ JOB #: 3-1972 CLIENTE/ CLIENT: CERRO QUEMA HOYO No/ HOLE #: TP-19  
PROYECTO/PROJECT: PERSCHIMCO CERRO QUEMA MUESTRA/SAMPLE: 1  
MUESTREADO POR/SAMPLED BY: CERRO QUEMA FECHA/DATE: ---- PROFUNDIDAD/DEPTH: 3.40  
ENSAYADO POR/TESTED BY: TECNILAB S.A. FECHA/DATE: 05-dic-13 LABORATORISTA/TECHNICIAN: I. NUÑEZ/J. GARCIA  
LOCALIZACIÓN/ LOCATION: PANAMA



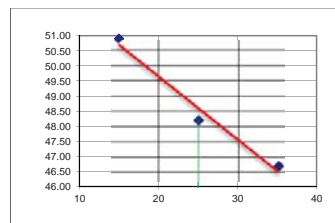
RESUMEN/ SUMMARY	
L. L.	48.30
P. L.	23.0
P. I.	25.3
CLASIFICACIÓN S.U.C.S./U.C.S. CLASSIFICATION	
CL	
CLASIFICACIÓN AASHTO/ AASHTO CLASSIFICATION	
CLASIFICACIÓN / CLASSIFICATION	
A-7-6	
ÍNDICE DE GRUPO/GROUP INDEX	
14	
CLASIFICACIÓN/CLASSIFICATION	
ARCILLA LIGERA ARENOSA	
OBSERVACIONES/ REMARKS: PLASTICIDAD ALTA	

AGREGADO GRUESO/COARSE AGGREGATE				AGREGADO FINO/FINE AGGREGATE				HIDRÓMETRO/HYDROMETER	
TAMIZ/ SIEVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	TAMIZ/ SIEVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	CORR. PASA/ CORR. PASSING	DIÁMETRO DE PARTICULA/ PARTICLE SIZE
8"				#4	28.80	5.35	94.65	94.65	0.04196
6"				#10	49.00	9.10	90.90	90.90	0.02995
4"				#40	110.20	20.50	79.50	79.50	0.02148
3"				#200	179.70	33.40	66.60	66.60	0.01519
2 1/2"				FONDO					0.01124
2"				TOTAL					0.00822
1 1/2"				AGREGADO GRUESO/ COARSE AGGREGATE					0.00586
1"				Peso Muestra Total Seca/ Total Weigh Dry Sample					0.00425
3/4"	0.00	0.00	100.00	AGREGADO FINO/ FINE AGGREGATE					0.00303
1/2"	11.20	2.08	97.92	Peso Muestra Total Seca/ Total Weight Dry Sample					0.00126
3/8"	15.40	2.86	97.14	Peso Seco Después de Lavado/ Dry Weight after washed					0.00000
#4	28.80	5.35	94.65						0.00000
FONDO									0.00000
TOTAL									0.00000

% GRAVA / %GRAVEL 5.35 % ARENA / % SAND 28.05 % FINOS / % FINE 66.60

Equipo utilizado para Análisis Granulométrico / Equipment Used for Particle Size Distribution			
Equipo/Equipment:	BALANZA	No. Serie/Serial #:	927
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	278

LÍMITE LÍQUIDO/LIQUID LIMIT				LÍMITE PLÁSTICO/PLASTIC LIMIT		
Ensayo No./ Test N°	1	2	3	Ensayo No./ Test N°	1	2
Cápsula No./ Can N°	57	18L	26	Cápsula No./ Can N°	8L	11L
Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	12.31	12.34	11.48	Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	12.42	12.41
Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	34.28	36.54	36.10	Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	21.78	21.45
Cap + Suelo Seco/ Can+Dry Soil (g)	27.29	28.67	27.80	Cap + Suelo Seco/ Can+Dry Soil (g)	20.06	19.73
Agua/ Water (g)	6.99	7.87	8.30	Agua/ water (g)	1.72	1.72
Suelo Seco/ Dry Soil (g)	14.98	16.33	16.32	Suelo Seco/ Dry Soil (g)	7.64	7.32
Cont. Humedad % / Water content %	46.70	48.20	50.90	Cont. Humedad % / Water content %	22.50	23.50
# de Golpes / # of Blows	35	25	15	Promedio/ Average	23.0	

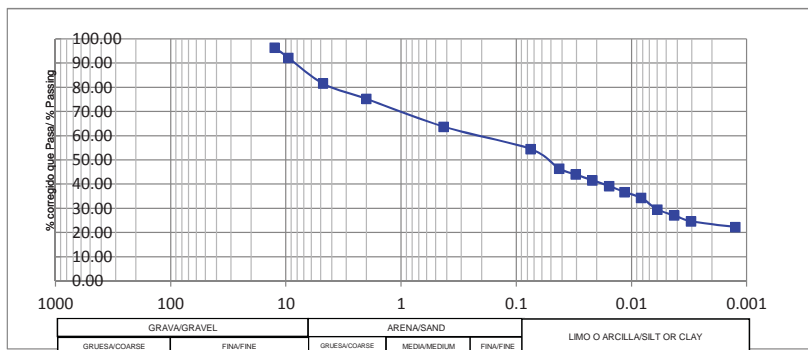


Equipo utilizado para Límites de Atterberg / Equipment used for Atterberg Limits			
Equipo/Equipment:	CASA GRANDE	No. Serie/Serial #:	107
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	551

Observaciones/ Remarks:

Muestreado en Campo por/ Sampled on site by: TECNILAB, S.A.  
Compilado por/Compiled by: L. NAVARRO  
Ensayado por/ Tested by: I. NUÑEZ/J. GARCIA  
Presentado por/ Presented by: L. NAVARRO

TRABAJO No/ JOB #:	3-1972	CLIENTE/ CLIENT:	CERRO QUEMA	HOYO No/ HOLE #:	TP-20
PROYECTO/PROJECT:	PERSCHIMCO CERRO QUEMA			MUESTRA/SAMPLE:	2
MUESTREO POR/SAMPLED BY:	CERRO QUEMA	FECHA/DATE:	----	PROFUNDIDAD/DEPTH:	2.95
ENSAYADO POR/TESTED BY:	TECNILAB S.A	FECHA/DATE:	05-dic-13	LABORATORISTA/TECHNICIAN:	I. NUÑEZ
LOCALIZACIÓN/ LOCATION:	PANAMA				



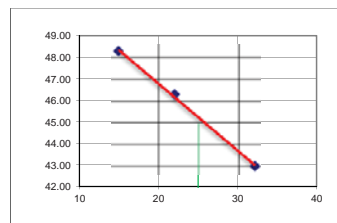
RESUMEN/ SUMMARY		
L. L.	45.00	C <sub>0</sub> _____
P. L.	23.4	C <sub>C</sub> _____
P. I.	21.6	
CLASIFICACION S.U.C./S.I.S.U.C.S. CLASSIFICATION		
CL		
CLASIFICACION AASHTO/ AASHTO CLASSIFICATION		
CLASIFICACION / CLASSIFICATION	A-7-6	
INDICE DE GRUPO/GROUP INDEX	9	
CLASIFICACION/CLASSIFICATION		
ARCILLA LIGERA ARENOSA CON GRAVA		
OBSERVACIONES/ REMARKS:		PLASTICIDAD ALTA

AGREGADO GRUESO/COARSE AGGREGATE				AGREGADO FINO/FINE AGGREGATE					HIDRÓMETRO/HYDROMETER		
TAMIZ / SEIVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	TAMIZ / SEIVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	CORR. PASA/ CORR. PASSING	DIAMETRO DE PARTICULA/ PARTICLE SIZE	CORREGIDO QUE PASA/ CORRECTED PASSING	
8"				#4	119.30	18.50	81.50	81.50	0.04236	46.38	
6"				#10	159.70	24.80	75.20	75.20	0.03037	43.96	
4"				#40	234.40	36.30	63.70	63.70	0.02177	41.55	
3"				#200	293.40	45.50	54.50	54.50	0.01553	39.13	
2 1/2"				FONDO					0.01149	36.72	
2"				TOTAL					0.00822	34.30	
1 1/2"				AGREGADO GRUESO/ COARSE AGGREGATE						0.00593	29.47
1"				Peso Muestra Total Seca/ Total Weigh Dry Sample						0.00425	27.05
3/4"	0.00	0.00	100.00	AGREGADO FINO/ FINE AGGREGATE						0.00303	24.64
1/2"	23.20	3.60	96.40	Peso Muestra Total Seca/ Total Weight Dry Sample					645.00	0.00125	22.22
3/8"	50.60	7.84	92.16	Peso Seco Después de Lavado/ Dry Weight after washed						0.00000	0.00
#4	119.30	18.50	81.50								
FONDO											
TOTAL											

% GRAVA / %GRAVEL	18.50	% ARENA / % SAND	27.00	% FINOS / % FINE	54.50
-------------------	-------	------------------	-------	------------------	-------

Equipo utilizado para Análisis Granulométrico / Equipment Used for Particle Size Distribution							
Equipo/Equipment:	BALANZA	No. Serie/Serial #:	927	Equipo/Equipment:	----	No. Serie/Serial #:	----
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	278	Equipo/Equipment:	----	No. Serie/Serial #:	----

LÍMITE LÍQUIDO/LIQUID LIMIT				LÍMITE PLÁSTICO/PLASTIC LIMIT		
Ensayo No./ Test N°	1	2	3	Ensayo No./ Test N°	1	2
Cápsula No./ Can N°	8L	57	17	Cápsula No./ Can N°	4B	10L
Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	12.42	12.30	11.18	Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	4.34	4.23
Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	26.25	27.18	26.13	Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	8.68	7.85
Cap + Suelo Seco/ Can+Dry Soil (g)	22.09	22.47	21.26	Cap + Suelo Seco/ Can+Dry Soil (g)	7.86	7.16
Agua/ Water (g)	4.16	4.71	4.87	Agua/ water (g)	0.82	0.69
Suelo Seco/ Dry Soil (g)	9.67	10.17	10.08	Suelo Seco/ Dry Soil (g)	3.52	2.93
Cont. Humedad % / Water content %	43.00	46.30	48.30	Cont. Humedad % / Water content %	23.30	23.50
# de Golpes / # of Blows	32	22	15	Promedio/ Average	23.4	



Equipo utilizado para Límites de Atterberg / Equipment used for Atterberg Limits							
Equipo/Equipment:	CASA GRANDE	No. Serie/Serial #:	107	Equipo/Equipment:	BALANZA	No. Serie/Serial #:	709
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	551	Equipo/Equipment:	-----	No. Serie/Serial #:	-----

Observaciones/ Remarks:

Muestreado en Campo por/ Sampled on site by: TECNILAB. S.A  
 Compilado por/Compiled by: L. NAVARRO

Ensayado por/ Tested by: I. NUÑEZ  
Presentado por/ Presented by: L. NAVARRO

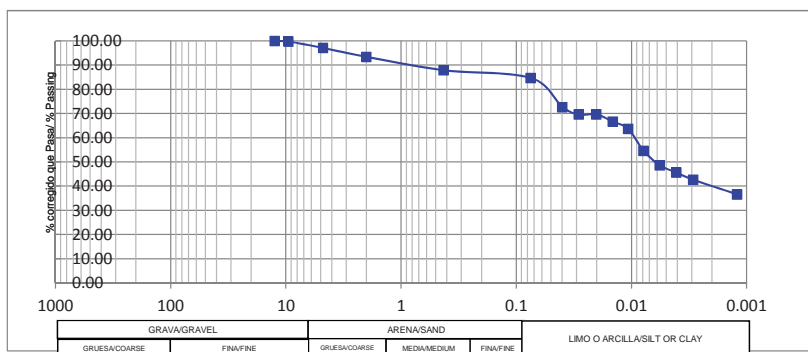
Fecha Efectiva:  
15 de Noviembre de 2011

Área:  
Pruebas y Ensayos

Versión:  
1

Página:  
1 de 1

TRABAJO No/ JOB #: 3-1972 CLIENTE/ CLIENT: CERRO QUEMA HOYO No/ HOLE #: TP-21  
PROYECTO/PROJECT: PERSCHIMCO CERRO QUEMA MUESTRA/SAMPLE: 1  
MUESTREADO POR/SAMPLED BY: CERRO QUEMA FECHA/DATE: ---- PROFUNDIDAD/DEPTH: 1.00  
ENSAYADO POR/TESTED BY: TECNILAB S.A. FECHA/DATE: 05-dic-13 LABORATORISTA/TECHNICIAN: I. NUÑEZ  
LOCALIZACIÓN/ LOCATION: PANAMA



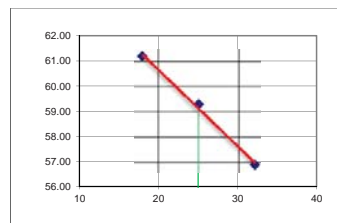
RESUMEN/ SUMMARY	
L. L.	58.90
P. L.	31.2
P. I.	27.7
CLASIFICACIÓN S.U.C.S./U.C.S. CLASSIFICATION	
MH	
CLASIFICACIÓN AASHTO/ AASHTO CLASSIFICATION	
CLASIFICACIÓN / CLASSIFICATION A-7-5	
ÍNDICE DE GRUPO/GROUP INDEX 19	
CLASIFICACIÓN/CLASSIFICATION	
LIMO ELASTICO CON ARENA	
OBSERVACIONES/ REMARKS: PLASTICIDAD ALTA	

AGREGADO GRUESO/COARSE AGGREGATE				AGREGADO FINO/FINE AGGREGATE				HIDRÓMETRO/HYDROMETER	
TAMIZ/ SIEVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	TAMIZ/ SIEVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	CORR. PASA/ CORR. PASSING	DIÁMETRO DE PARTICULA/ PARTICLE SIZE
8"				#4	15.20	2.92	97.08	97.08	0.03970
6"				#10	34.50	6.60	93.40	93.40	0.02852
4"				#40	63.00	12.10	87.90	87.90	0.02017
3"				#200	79.50	15.30	84.70	84.70	0.01448
2 1/2"				FONDO					0.01068
2"				TOTAL					0.00784
1 1/2"				AGREGADO GRUESO/ COARSE AGGREGATE					0.00567
1"				Peso Muestra Total Seca/ Total Weigh Dry Sample					0.00406
3/4"				AGREGADO FINO/ FINE AGGREGATE					0.00291
1/2"	0.00	0.00	100.00	Peso Muestra Total Seca/ Total Weight Dry Sample				520.00	0.00121
3/8"	1.50	0.29	99.71	Peso Seco Después de Lavado/ Dry Weight after washed					0.00000
#4	15.20	2.92	97.08						
FONDO									
TOTAL									

% GRAVA / %GRAVEL 2.92 % ARENA / % SAND 12.38 % FINOS / % FINE 84.70

Equipo utilizado para Análisis Granulométrico / Equipment Used for Particle Size Distribution			
Equipo/Equipment:	BALANZA	No. Serie/Serial #:	927
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	456

LÍMITE LÍQUIDO/LIQUID LIMIT				LÍMITE PLÁSTICO/PLASTIC LIMIT		
Ensayo No./ Test N°	1	2	3	Ensayo No./ Test N°	1	2
Cápsula No./ Can N°	1	A6	20	Cápsula No./ Can N°	80	19
Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	11.42	12.27	11.35	Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	4.76	4.29
Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	27.96	28.68	28.23	Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	7.54	7.02
Cap + Suelo Seco/ Can+Dry Soil (g)	21.96	22.57	21.82	Cap + Suelo Seco/ Can+Dry Soil (g)	6.88	6.37
Agua/ Water (g)	6.00	6.11	6.41	Agua/ water (g)	0.66	0.65
Suelo Seco/ Dry Soil (g)	10.54	10.30	10.47	Suelo Seco/ Dry Soil (g)	2.12	2.08
Cont. Humedad % / Water content %	56.90	59.30	61.20	Cont. Humedad % / Water content %	31.10	31.30
# de Golpes / # of Blows	32	25	18	Promedio/ Average	31.2	



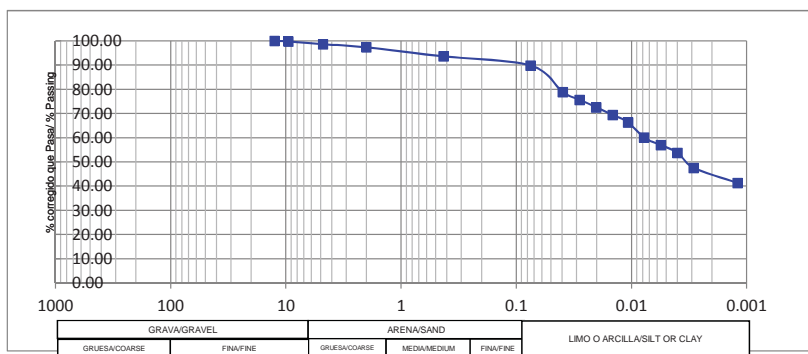
Equipo utilizado para Límites de Atterberg / Equipment used for Atterberg Limits			
Equipo/Equipment:	CASA GRANDE	No. Serie/Serial #:	107
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	551

Observaciones/ Remarks:

Muestreado en Campo por/ Sampled on site by: CERRO QUEMA Ensayado por/ Tested by: I. NUÑEZ  
Compilado por/Compiled by: E. VALDEZ Presentado por/ Presented by: L. NAVARRO



TRABAJO No/ JOB #:	3-1972	CLIENTE/ CLIENT:	CERRO QUEMA	HOYO No/ HOLE #:	TP-21
PROYECTO/PROJECT:	PERSCHIMCO CERRO QUEMA			MUESTRA/SAMPLE:	2
MUESTREO POR/SAMPLED BY:	CERRO QUEMA	FECHA/DATE:	----	PROFUNDIDAD/DEPTH:	3.20
ENSAYADO POR/TESTED BY:	TECNILAB S.A	FECHA/DATE:	05-dic-13	LABORATORISTA/TECHNICIAN:	I. NUÑEZ
LOCALIZACIÓN/ LOCATION:	PANAMA				



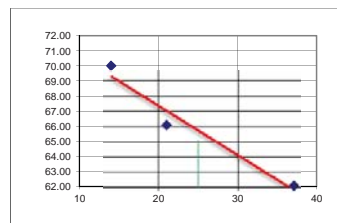
RESUMEN/ SUMMARY		
L. L.	65.10	C <sub>0</sub> _____
P. L.	32.7	C <sub>C</sub> _____
P. I.	32.4	_____
CLASIFICACION S.U.C./S.I.S.U.C.S. CLASSIFICATION		
MH		
CLASIFICACION AASHTO/ AASHTO CLASSIFICATION		
CLASIFICACION / CLASSIFICATION	A-7-5	
INDICE DE GRUPO/GROUP INDEX	20	
CLASIFICACION/CLASSIFICATION		
LIMO		
OBSERVACIONES/ REMARKS:		PLASTICIDAD ALTA

AGREGADO GRUESO/COARSE AGGREGATE				AGREGADO FINO/FINE AGGREGATE					HIDROMETRO/HYDROMETER		
TAMIZ / SEIVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	TAMIZ/ SEIVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ RETAINED %	% PASA/ % PASSING	CORR. PASA/ CORR. PASSING	DIAMETRO DE PARTICULA/ PARTICLE SIZE	CORREGIDO QUE PASA/ CORRECTED PASSING	
8"				#4	8.20	1.38	98.62	98.62	0.03928	78.76	
6"				#10	16.20	2.70	97.30	97.30	0.02807	75.63	
4"				#40	38.20	6.40	93.60	93.60	0.02017	72.51	
3"				#200	60.30	10.20	89.80	89.80	0.01448	69.38	
2 1/2"				FONDO					0.01068	66.26	
2"				TOTAL					0.00773	60.01	
1 1/2"				AGREGADO GRUESO/ COARSE AGGREGATE					0.00554	56.88	
1"				Peso Muestra Total Seca/ Total Weigh Dry Sample					g	0.00397	53.76
3/4"				AGREGADO FINO/ FINE AGGREGATE					0.00287	47.51	
1/2"	0.00	0.00	100.00	Peso Muestra Total Seca/ Total Weight Dry Sample					593.00 g	0.00120	41.26
3/8"	1.70	0.29	99.71	Peso Seco Después de Lavado/ Dry Weight after washed					g	0.00000	0.00
#4	8.20	1.38	98.62								
FONDO											
TOTAL											

% GRAVA / %GRAVEL	1.38	% ARENA / % SAND	8.82	% FINOS / % FINE	89.80
-------------------	------	------------------	------	------------------	-------

Equipo utilizado para Análisis Granulométrico / Equipment Used for Particle Size Distribution							
Equipo/Equipment:	BALANZA	No. Serie/Serial #:	927	Equipo/Equipment:	----	No. Serie/Serial #:	----
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	278	Equipo/Equipment:	----	No. Serie/Serial #:	----

LÍMITE LÍQUIDO/LIQUID LIMIT				LÍMITE PLÁSTICO/PLASTIC LIMIT		
Ensayo No./ Test N°	1	2	3	Ensayo No./ Test N°	1	2
Cápsula No./ Can N°	11L	18L	26	Cápsula No./ Can N°	73	80
Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	12.40	12.36	11.46	Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	4.61	4.77
Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	25.69	27.11	29.55	Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	8.34	8.99
Cap + Suelo Seco/ Can+Dry Soil (g)	20.60	21.24	22.10	Cap + Suelo Seco/ Can+Dry Soil (g)	7.42	7.95
Agua/ Water (g)	5.09	5.87	7.45	Agua/ water (g)	0.92	1.04
Suelo Seco/ Dry Soil (g)	8.20	8.88	10.64	Suelo Seco/ Dry Soil (g)	2.81	3.18
Cont. Humedad % / Water content %	62.10	66.10	70.00	Cont. Humedad % / Water content %	32.70	32.70
# de Golpes / # of Blows	37	21	14	Promedio/ Average	32.7	



Equipo utilizado para Límites de Atterberg / Equipment used for Atterberg Limits							
Equipo/Equipment:	CASA GRANDE	No. Serie/Serial #:	107	Equipo/Equipment:	BALANZA	No. Serie/Serial #:	709
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	551	Equipo/Equipment:	-----	No. Serie/Serial #:	-----

Observaciones/ Remarks:

Muestreado en Campo por/ Sampled on site by: TECNILAB. S.A Ensayado por/ Tested by: I. NUÑEZ  
 Compilado por/Compiled by: L. NAVARRO Presentado por/ Presented by: L. NAVARRO

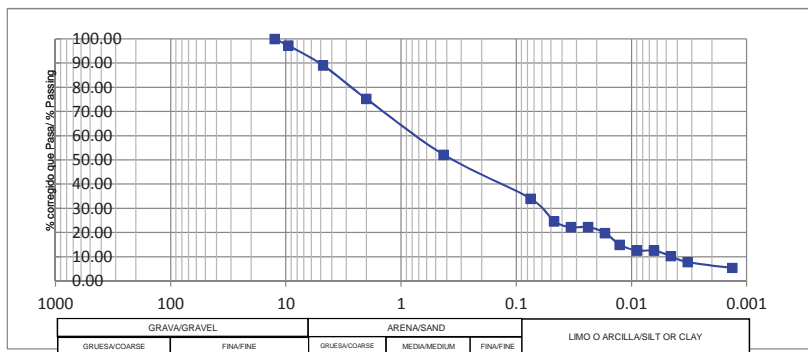
Fecha Efectiva:  
15 de Noviembre de 2011

Área:  
Pruebas y Ensayos

Versión:  
1

Página:  
1 de 1

TRABAJO No/ JOB #: 3-1972 CLIENTE/ CLIENT: CERRO QUEMA HOYO No/ HOLE #: TP-22  
PROYECTO/PROJECT: PERSCHIMCO CERRO QUEMA MUESTRA/SAMPLE: 1  
MUESTREADO POR/SAMPLED BY: CERRO QUEMA FECHA/DATE: ---- PROFUNDIDAD/DEPTH: 1.00  
ENSAYADO POR/TESTED BY: TECNILAB S.A. FECHA/DATE: 05-dic-13 LABORATORISTA/TECHNICIAN: I. NUÑEZ  
LOCALIZACIÓN/ LOCATION: PANAMA



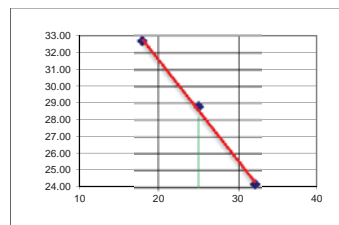
RESUMEN/ SUMMARY	
L. L.	28.20
P. L.	14.1
P. I.	14.2
CLASIFICACIÓN S.U.C.S./U.C.S. CLASSIFICATION	
SC	
CLASIFICACIÓN AASHTO/ AASHTO CLASSIFICATION	
CLASIFICACIÓN / CLASSIFICATION	
A-2-6	
ÍNDICE DE GRUPO/GROUP INDEX	
1	
CLASIFICACIÓN/CLASSIFICATION	
ARENA ARCILLOSA	
OBSERVACIONES/ REMARKS:	
PLASTICIDAD MEDIA	

AGREGADO GRUESO/COARSE AGGREGATE				AGREGADO FINO/FINE AGGREGATE				HIDRÓMETRO/HYDROMETER	
TAMIZ/ SIEVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	TAMIZ/ SIEVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	CORR. PASA/ CORR. PASSING	DIÁMETRO DE PARTICULA/ PARTICLE SIZE
8"				#4	60.70	10.98	89.02	89.02	0.04687
6"				#10	137.40	24.80	75.20	75.20	0.03352
4"				#40	264.80	47.90	52.10	52.10	0.02370
3"				#200	364.80	66.00	34.00	34.00	0.01695
2 1/2"				FONDO					0.01260
2"				TOTAL					0.00897
1 1/2"				AGREGADO GRUESO/ COARSE AGGREGATE					0.00634
1"				Peso Muestra Total Seca/ Total Weigh Dry Sample					0.00453
3/4"				AGREGADO FINO/ FINE AGGREGATE					0.00324
1/2"	0.00	0.00	100.00	Peso Muestra Total Seca/ Total Weight Dry Sample					0.00133
3/8"	15.60	2.82	97.18	Peso Seco Después de Lavado/ Dry Weight after washed					0.00000
#4	60.70	10.98	89.02						
FONDO									
TOTAL									

% GRAVA / %GRAVEL 10.98 % ARENA / % SAND 55.02 % FINOS / % FINE 34.00

Equipo utilizado para Análisis Granulométrico / Equipment Used for Particle Size Distribution			
Equipo/Equipment:	BALANZA	No. Serie/Serial #:	927
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	456

LÍMITE LÍQUIDO/LIQUID LIMIT				LÍMITE PLÁSTICO/PLASTIC LIMIT			
Ensayo No./ Test N°	1	2	3	Ensayo No./ Test N°	1	2	
Cápsula No./ Can N°	56	79	26	Cápsula No./ Can N°	19	28	
Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	11.44	12.23	11.49	Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	4.30	4.28	
Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	30.17	30.86	31.56	Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	7.92	8.04	
Cap + Suelo Seco/ Can+Dry Soil (g)	26.52	26.69	26.61	Cap + Suelo Seco/ Can+Dry Soil (g)	7.48	7.57	
Agua/ Water (g)	3.65	4.17	4.95	Agua/ water (g)	0.44	0.47	
Suelo Seco/ Dry Soil (g)	15.08	14.46	15.12	Suelo Seco/ Dry Soil (g)	3.18	3.29	
Cont. Humedad % / Water content %	24.20	28.80	32.70	Cont. Humedad % / Water content %	13.80	14.30	
# de Golpes / # of Blows	32	25	18	Promedio/ Average	14.1		



Equipo utilizado para Límites de Atterberg / Equipment used for Atterberg Limits			
Equipo/Equipment:	CASA GRANDE	No. Serie/Serial #:	107
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	551

Observaciones/ Remarks:

Muestreado en Campo por/ Sampled on site by: CERRO QUEMA  
Compilado por/Compiled by: E. VALDEZ  
Ensayado por/ Tested by: I. NUÑEZ  
Presentado por/ Presented by: L. NAVARRO

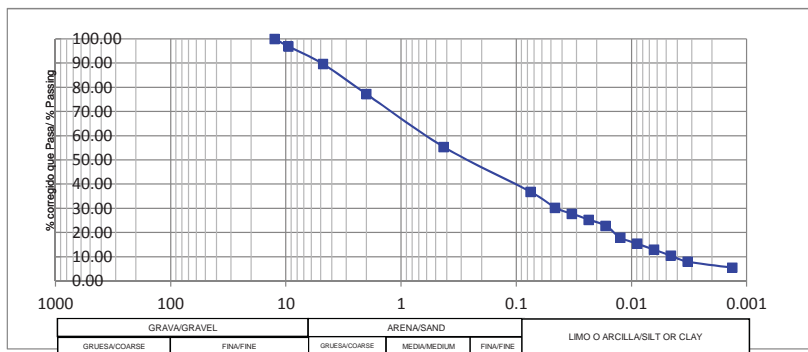
Fecha Efectiva:  
15 de Noviembre de 2011

Área:  
Pruebas y Ensayos

Versión:  
1

Página:  
1 de 1

TRABAJO No/ JOB #: 3-1972 CLIENTE/ CLIENT: CERRO QUEMA HOYO No/ HOLE #: TP-22  
PROYECTO/PROJECT: PERSCHIMCO CERRO QUEMA MUESTRA/SAMPLE: 1  
MUESTREADO POR/SAMPLED BY: CERRO QUEMA FECHA/DATE: ---- PROFUNDIDAD/DEPTH: 2.50  
ENSAYADO POR/TESTED BY: TECNILAB S.A. FECHA/DATE: 05-dic-13 LABORATORISTA/TECHNICIAN: I. NUÑEZ  
LOCALIZACIÓN/ LOCATION: PANAMA



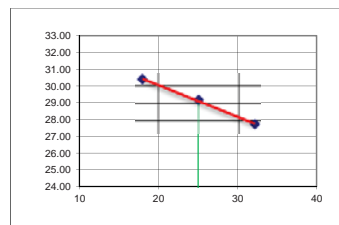
RESUMEN/ SUMMARY	
L. L.	29.00
P. L.	16.8
P. I.	12.3
CLASIFICACIÓN S.U.C.S./U.C.S. CLASSIFICATION	
SC	
CLASIFICACIÓN AASHTO/ AASHTO CLASSIFICATION	
CLASIFICACIÓN / CLASSIFICATION	
A-6	
ÍNDICE DE GRUPO/GROUP INDEX	
1	
CLASIFICACIÓN/CLASSIFICATION	
ARENA ARCILLOSA	
OBSERVACIONES/ REMARKS:	
PLASTICIDAD MEDIA	

AGREGADO GRUESO/COARSE AGGREGATE				AGREGADO FINO/FINE AGGREGATE				HIDRÓMETRO/HYDROMETER	
TAMIZ/ SIEVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	TAMIZ/ SIEVE	RETENIDO ACUMULADO/ ACCUMULATED RETAINED	% RETENIDO/ % RETAINED	% PASA/ % PASSING	CORR. PASA/ CORR. PASSING	DIÁMETRO DE PARTICULA/ PARTICLE SIZE
8"				#4	56.90	10.42	89.58	89.58	0.04597
6"				#10	124.50	22.80	77.20	77.20	0.03289
4"				#40	244.10	44.70	55.30	55.30	0.02344
3"				#200	344.80	63.20	36.80	36.80	0.01676
2 1/2"				FONDO					0.01247
2"				TOTAL					0.00891
1 1/2"				AGREGADO GRUESO/ COARSE AGGREGATE					0.00634
1"				Peso Muestra Total Seca/ Total Weigh Dry Sample					0.00453
3/4"				AGREGADO FINO/ FINE AGGREGATE					0.00324
1/2"	0.00	0.00	100.00	Peso Muestra Total Seca/ Total Weight Dry Sample					0.00133
3/8"	17.00	3.11	96.89	Peso Seco Después de Lavado/ Dry Weight after washed					0.00000
#4	56.90	10.42	89.58						
FONDO									
TOTAL									

% GRAVA / %GRAVEL 10.42 % ARENA / % SAND 52.78 % FINOS / % FINE 36.80

Equipo utilizado para Análisis Granulométrico / Equipment Used for Particle Size Distribution			
Equipo/Equipment:	BALANZA	No. Serie/Serial #:	927
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	456

LÍMITE LÍQUIDO/LIQUID LIMIT			LÍMITE PLÁSTICO/PLASTIC LIMIT			
Ensayo No./ Test N°	1	2	3	Ensayo No./ Test N°	1	2
Cápsula No./ Can N°	42	40	8L	Cápsula No./ Can N°	40	28
Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	12.90	12.27	12.40	Peso Cápsula/ Mass of Can (g)	4.78	4.28
Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	30.50	28.92	30.16	Cap + Suelo Hum/ Can+wet soil (g)	7.80	7.32
Cap + Suelo Seco/ Can+Dry Soil (g)	26.67	25.16	26.02	Cap + Suelo Seco/ Can+Dry Soil (g)	7.37	6.88
Agua/ Water (g)	3.83	3.76	4.14	Agua/ water (g)	0.43	0.44
Suelo Seco/ Dry Soil (g)	13.77	12.89	13.62	Suelo Seco/ Dry Soil (g)	2.59	2.60
Cont. Humedad % / Water content %	27.80	29.20	30.40	Cont. Humedad % / Water content %	16.60	16.90
# de Golpes / # of Blows	32	25	18	Promedio/ Average	16.8	



Equipo utilizado para Límites de Atterberg / Equipment used for Atterberg Limits			
Equipo/Equipment:	CASA GRANDE	No. Serie/Serial #:	107
Equipo/Equipment:	HORNO	No. Serie/Serial #:	551

Observaciones/ Remarks:

Muestreado en Campo por/ Sampled on site by: CERRO QUEMA Ensayado por/ Tested by: I. NUÑEZ  
Compilado por/Compiled by: E. VALDEZ Presentado por/ Presented by: L. NAVARRO

## **PRUEBAS DE LA RELACIÓN DE HUMEDAD-DENSIDAD**



**TECNILAB, S. A.**  
UNA EMPRESA E. BARRANCO Y ASOC., S. A.  
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

FUNDADA  
EN  
1973

## ENSAYO DE COMPACTACION/ COMPACTION TEST ASTM D 698 / ASTM D 1557

**F-088**

Fecha Efectiva:  
**15 de Noviembre de 2011**

Area:  
**Pruebas y Ensayos**

Versión:  
**1**

Página:  
**1 de 1**

TRABAJO No./ JOB N°: 3-1972 CLIENTE/ CLIENT: CERRO QUEMA MUESTRA/ SAMPLE: TP-14  
PROYECTO/PROJECT: CERRO QUEMA PROF./DEPTH: 3.6  
MUESTREO POR/ SAMPLED BY: CERRO QUEMA FECHA/ DATE: 24-nov LABORATORISTA/ TECHNICIAN: C. CORDOBA  
ENSAYADO POR/ TESTED BY: CERRO QUEMA FECHA/ DATE: 24-nov LABORATORISTA/ TECHNICIAN: C. CORDOBA  
LOCALIZACION/ LOCATION: PERSCHIMCO HOYO/HOLE:   
MÉTODO UTILIZADO/USED METHOD: MODIFICADO PESO DEL MOLDE/MOLD WEIGHT: 4.38 lb VOLUMEN DEL MOLDE/ MOLD VOLUME: 0.03318 pie<sup>3</sup>/ ft<sup>3</sup>

PRUEBA No/ TEST N°	1	2	3	4						
Peso del Molde/ Mold Weight (M <sub>O</sub> )	4.38	4.38	4.38	4.38						
Peso del Molde +Suelo Compactado/ Mold Weight + Compacted Soil (MF)	8.46	8.82	8.53	8.30						
Peso del Suelo Compactado/ Compacted Soil Weight (M)=MF - MO	4.08	4.44	4.15	3.92						
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD / DETERMINATION OF MOISTURE CONTENT										
Recipiente No./ Recipient N°	A	B	C	D	E	F	G	H		
Peso del Recipiente/ Recipient Weight (M <sub>c</sub> )	32.1	25.3	26.0	25.3	28.2	26.6	25.4	25.8		
169	169.0	117.7	116.2	102.5	150.7	140.3	193.4	193.9		
Recipiente + Suelo Seco/ Recipient + Dry Soil (M <sub>dc</sub> )	155.8	106.2	103.2	91.7	127.1	118.9	154.8	154.9		
Peso del Agua/ Water Weight (M <sub>w</sub> )	13.2	11.5	13.0	10.8	23.6	21.4	38.6	39.0		
Peso del Suelo/Mass Soil (M <sub>s</sub> )	123.7	80.9	77.2	66.4	98.9	92.3	129.4	129.1		
Contenido de Humedad / % Moisture	10.7	14.2	16.8	16.3	23.9	23.2	29.8	30.2		
Humedad Promedio / % Moisture Average (w)	12.4		16.6		23.5		30.0			
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD / DETERMINATION OF DENSITY										
Densidad Húmeda/ Wet Density rt = M / V	122.9		133.9		125.1		118.1			
Densidad Seca/ Dry Density rd = rt / (1 + w)	109.3		114.9		101.3		90.9			

RESULTADOS/ RESULTS		
DENSIDAD MÁX/ MAX DENSITY	<b>114.9</b>	lb/ft <sup>3</sup>
DENSIDAD MÁX/ MAX DENSITY	<b>1842.4</b>	kg/m <sup>3</sup>
HUMEDAD OPT. / OPT. MOISTURE	<b>16.6</b>	%

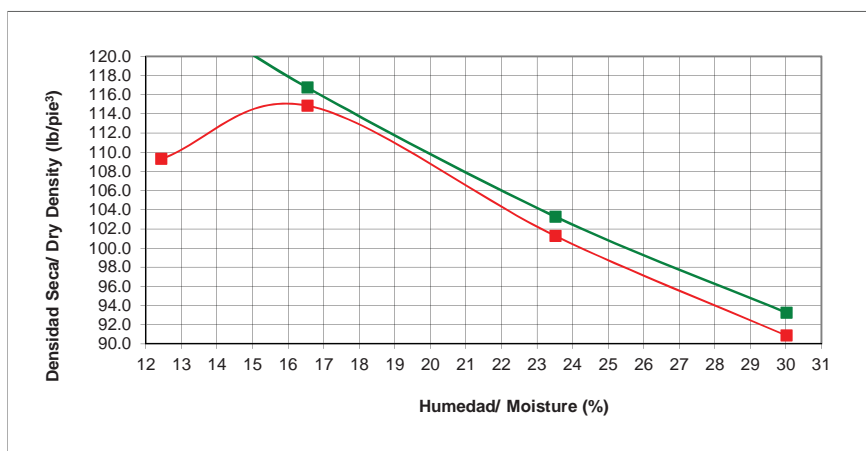
Equipo Utilizado para el Ensayo / Equipment Used for Testing		
Equipo/Equipment:	MARTILLO	Serie/Seri: 792
Equipo/Equipment:	BALANZA	Serie/Seri: 927
Equipo/Equipment:	HORNO	Serie/Seri: 936
Equipo/Equipment:	----	Serie/Seri: ----

### CURVA DE SATURACION/ SATURATION CURVE

G<sub>s</sub> 2.71 ASUM. ☒ REAL ☐

d<sub>s</sub> 62.4 lb/pie<sup>3</sup>·lb/ft<sup>3</sup>

%w	d <sub>p</sub>
12.4	126.46
16.6	116.74
23.5	103.27
30.0	93.25



Muestreado en campo por/ Sampled in site by: -----

Compilado por/ Compiled By: E. VALDEZ

Ensayado por/ Tested By: C. CORDOBA

Presentado por/ Presented By: L. NAVARRO



**TECNILAB, S. A.**  
UNA EMPRESA E. BARRANCO Y ASOC., S. A.  
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

FUNDADA  
EN  
1973

## ENSAYO DE COMPACTACION/ COMPACTION TEST ASTM D 698 / ASTM D 1557

**F-088**

Fecha Efectiva:  
**15 de Noviembre de 2011**

Area:  
**Pruebas y Ensayos**

Versión:  
**1**

Página:  
**1 de 1**

TRABAJO No./ JOB N°: 3-1972 CLIENTE/ CLIENT: CERRO QUEMA MUESTRA/ SAMPLE: TP-16  
PROYECTO/PROJECT: CERRO QUEMA PROF./DEPTH: 3.5  
MUESTREO POR/ SAMPLED BY: CERRO QUEMA FECHA/ DATE:        LABORATORISTA/ TECHNICIAN: -----  
ENSAYO POR/ TESTED BY: CERRO QUEMA FECHA/ DATE: 24-nov LABORATORISTA/ TECHNICIAN: C. CORDOBA  
LOCALIZACION/ LOCATION: PERSCHIMCO HOYO/HOLE:         
MÉTODO UTILIZADO/USED METHOD: "C" MODIFICADO PESO DEL MOLDE/MOLD WEIGHT: 12.33 lb VOLUMEN DEL MOLDE/ MOLD VOLUME: 0.07453 pie<sup>3</sup>/ft<sup>3</sup>

PRUEBA No./ TEST N°	1		2		3		4		5	
Peso del Molde/ Mold Weight (M <sub>O</sub> )	12.33		12.33		12.33		12.33		12.33	
Peso del Molde +Suelo Compactado/ Mold Weight + Compacted Soil (MF)	21.45		21.78		22.20		22.10		21.80	
Peso del Suelo Compactado/ Compacted Soil Weight (M)=MF - MO	9.12		9.45		9.87		9.77		9.47	
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD / DETERMINATION OF MOISTURE CONTENT										
Recipiente No./ Recipient N°	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Peso del Recipiente/ Recipient Weight (M <sub>c</sub> )	33.1	33.0	32.6	32.2	32.6	37.6	32.7	32.3	32.8	33.1
Recipiente + Suelo Húmeda/ Recipient + Wet Soil (M <sub>wc</sub> )	102.7	112.2	112.1	84.8	84.0	98.4	89.6	84.4	109.8	98.1
Recipiente + Suelo Seco/ Recipient + Dry Soil (M <sub>dc</sub> )	97.4	106.2	104.4	79.9	78.4	90.7	80.8	76.6	96.0	86.7
Peso del Agua/ Water Weight (M <sub>w</sub> )	5.3	6.0	7.7	4.9	5.6	7.7	8.8	7.8	13.8	11.4
Peso del Suelo/Mass Soil (M <sub>s</sub> )	64.3	73.2	71.8	47.7	45.8	53.1	48.1	44.3	63.2	53.6
Contenido de Humedad / % Moisture	8.2	8.2	10.7	10.3	12.2	14.5	18.3	17.6	21.8	21.3
Humedad Promedio / % Moisture Average (w)	8.2		10.5		13.4		18.0		21.6	
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD / DETERMINATION OF DENSITY										
Densidad Húmeda/ Wet Density rt = M / V	122.4		126.8		132.4		131.1		127.1	
Densidad Seca/ Dry Density rd = rt / (1 + w)	113.1		114.7		116.8		111.1		104.5	

RESULTADOS/ RESULTS		
DENSIDAD MÁX/ MAX DENSITY	<b>116.8</b>	lb/ft <sup>3</sup>
DENSIDAD MÁX/ MAX DENSITY	<b>1873.8</b>	kg/m <sup>3</sup>
HUMEDAD OPT. / OPT. MOISTURE	<b>13.4</b>	%

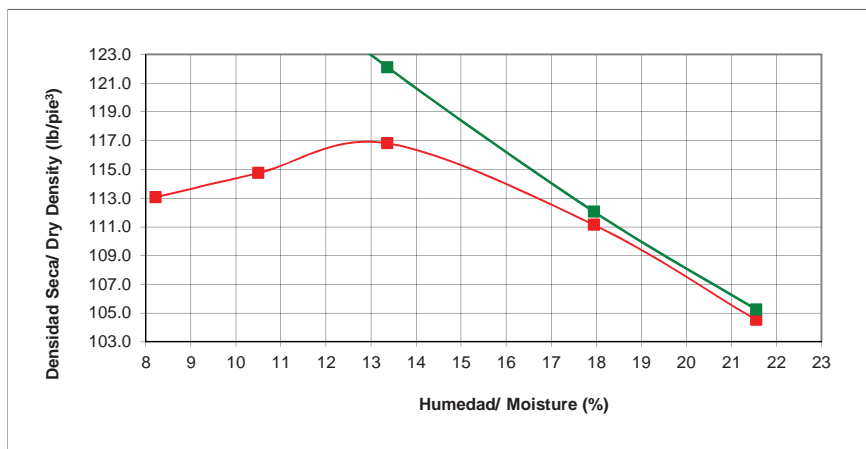
Equipo Utilizado para el Ensayo / Equipment Used for Testing		
Equipo/Equipment:	MARTILLO	Serie/Seri: 792
Equipo/Equipment:	BALANZA	Serie/Seri: 927
Equipo/Equipment:	HORNO	Serie/Seri: 936
Equipo/Equipment:	-----	Serie/Seri: ----

### CURVA DE SATURACION/ SATURATION CURVE

G<sub>s</sub> 2.65 ASUM. ☒ REAL ☐

d<sub>s</sub> 62.4 lb/pie<sup>3</sup>·lb/ft<sup>3</sup>

%w	d <sub>p</sub>
8.2	135.78
10.5	129.37
13.4	122.11
18.0	112.05
21.6	105.25



Muestreado en campo por/ Sampled in site by: -----

Compilado por/ Compiled By: E. VALDEZ

Ensayado por/ Tested By: C. CORDOBA

Presentado por/ Presented By: L. NAVARRO



## **PRUEBAS DE PERMEABILIDAD DE PARED FLEXIBLE**



## ENSAYO DE PERMEABILIDAD (ASTM D 5084)

Hoja 1 de 2

Prom. de Long. $L_o$ (cm):	11.75	Cont. de Humedad $W_o\%$ :		Tipo de Prueba:	D	Promedio de la Tasa de	
Prom. del Diam. $D_o$ (cm):	7.34	$W_f\%$ :		Rata de Deformación:	-	Prom. de rata de defor. axial a la falla:	-
Peso (g):	970.1	Densidad Inicial (g/cm <sup>3</sup> ):	1.95	Muestra #:	-	Esfuerzo Total Mayor Principal $\sigma_1$ :	-
Area Inicial $A_o$ (cm <sup>2</sup> ):	42.31	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> ):		Razón de Vacíos:		(tsf)	-
Volumen $V_o$ (cm <sup>3</sup> ):	497.19	$L_o/D_o$ Razón:	1.60	Grado de Saturación (%):		Presión de Confinamiento $\sigma_3$ (psi):	-
				Gravedad Específica $G_s$ :		(tsf)	-

[illegible]

Muestreado por: El Cliente      Ensayado por: C. Córdoba      Preparado por: C. Córdoba      Compilado por: L. Navarro



## ENSAYO DE PERMEABILIDAD (ASTM D 5084)

LABORATORISTA: C. Córdoba

PRESENTADO POR: \_\_\_\_\_



## ENSAYO DE PERMEABILIDAD (ASTM D 5084)

Hoja 1 de 2

Prom. de Long. $L_o$ (cm):	11.77	Cont. de Humedad $W_o\%$ :		Tipo de Prueba:	D	Promedio de la Tasa de	
Prom. del Diam. $D_o$ (cm):	7.38	$W_f\%$ :		Rata de Deformación:	-	Prom. de rata de defor. axial a la falla:	-
Peso (g):	992	Densidad Inicial (g/cm <sup>3</sup> ):	1.97	Muestra #:	-	Esfuerzo Total Mayor Principal $\sigma_1$ :	-
Area Inicial $A_o$ (cm <sup>2</sup> ):	42.78	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> ):		Razón de Vacíos:		(tsf)	-
Volumen $V_o$ (cm <sup>3</sup> ):	503.48	$L_o/D_o$ Razón:	1.59	Grado de Saturación (%):		Presión de Confinamiento $\sigma_3$ (psi):	-
				Gravedad Específica $G_s$ :		(tsf)	-

[illegible]

Muestreado por: El Cliente      Ensayado por: C. Córdoba      Preparado por: C. Córdoba      Compilado por: L. Navarro



### ENSAYO DE PERMEABILIDAD (ASTM D 5084)

MUESTRA No.: CALICATA

LABORATORISTA: C. Córdoba

PRUEBA No.	CELDA No.	ALTURA MUESTRA (cm)	GRADIENTE HIDRAULICO (i = dh/L)	DIAMETRO MUESTRA (cm)	AREA MUESTRA (cm²)	INICIO		FINAL		TIEMPO DE PERCOLACION (seg)	Q (cm³)	TEMPERATURA (°C)	k (cm/seg)	FACTOR CORREC. TEMP.	k <sub>20</sub> (cm/seg)	OBSERVACIONES
						FECHA	HORA	FECHA	HORA							
1	14	11.77	10	7.38	42.78	21-11-13	07:00	21-11-13	08:00	3600	0.60	25.0	3.90E-07	0.8893	3.46E-07	
1	14	11.77	10	7.38	42.78	21-11-13	08:00	21-11-13	09:00	3600	0.60	25.0	3.90E-07	0.8893	3.46E-07	
1	14	11.77	10	7.38	42.78	21-11-13	09:00	21-11-13	10:00	3600	0.60	25.0	3.90E-07	0.8893	3.46E-07	
1	14	11.77	10	7.38	42.78	21-11-13	10:00	21-11-13	11:00	3600	0.60	25.0	3.90E-07	0.8893	3.46E-07	
1	14	11.77	10	7.38	42.78	21-11-13	11:00	21-11-13	12:00	3600	0.60	25.0	3.90E-07	0.8893	3.46E-07	
1	14	11.77	10	7.38	42.78	21-11-13	12:00	21-11-13	01:00	3600	0.60	25.0	3.90E-07	0.8893	3.46E-07	
												PROMEDIO DESPUÉS DE ESTABILIZADO EL FLUJO	3.90E-07		3.46E-07	

PRESENTADO POR:

## **PRUEBAS TRIAXIAL DE CONSOLIDACIÓN NO DRENADO (C/U)**



**ENSAYO TRIAXIAL CU/ TRIAXIAL COMPRESSION TEST CU  
 (ASTM D 4767)**

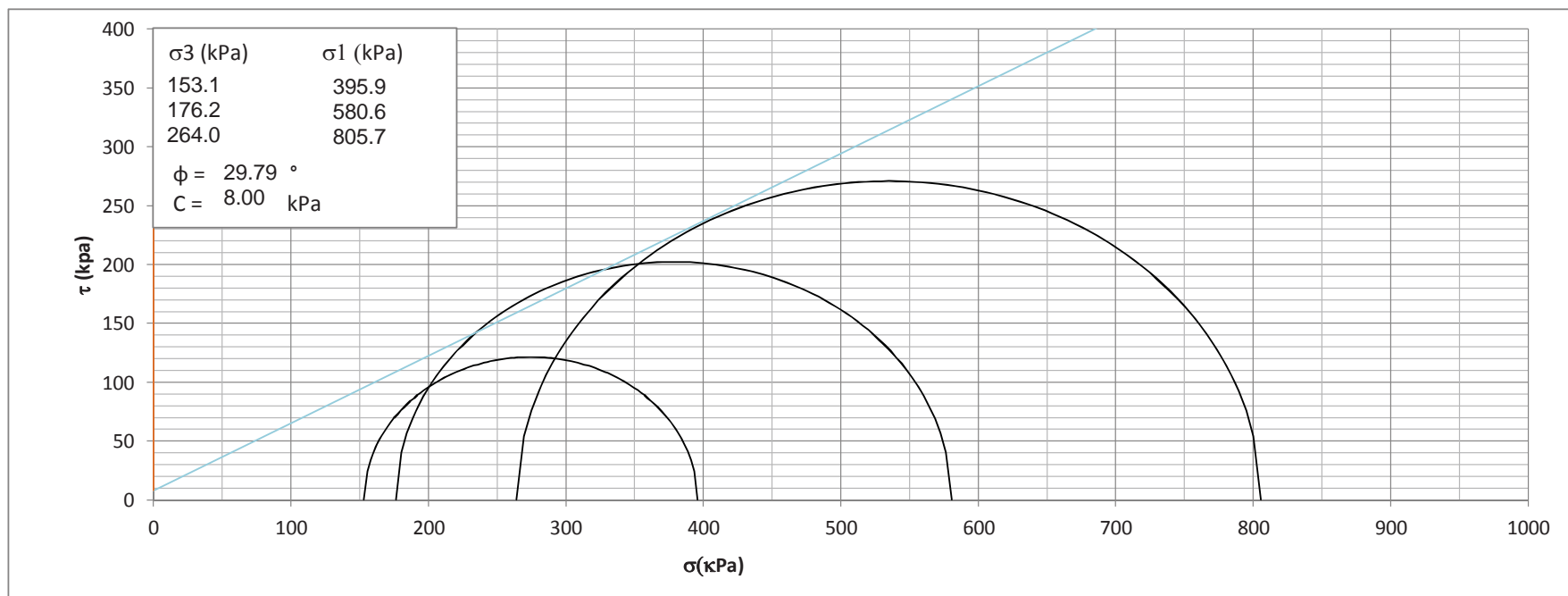
**F-062**

Página/Page:  
**1 de 8**

TRABAJO No./ JOB No.:  
 PROYECTO/ PROJECT:  
 LOCALIZACION/ LOCATION:  
 CLIENTE/ CLIENT:  
 DESCRIPCION/ DESCRIPTION:  
 ENSAYADO POR/ TESTED BY:

3-1972  
 PERSCHIMCO CERRO QUEMA  
 CERRO QUEMA  
 CERRO QUEMA  
 ARENA MAL GRADUADA CON ARCILLA  
 C. CÓRDOBA

HOYO No./ BOREHOLE No: TP-14  
 MUESTRA No./ SAMPLE No.: 1,2  
 PROFUNDIDAD/ DEPTH: 3.60  
 FECHA/ DATE: 16-dic-13

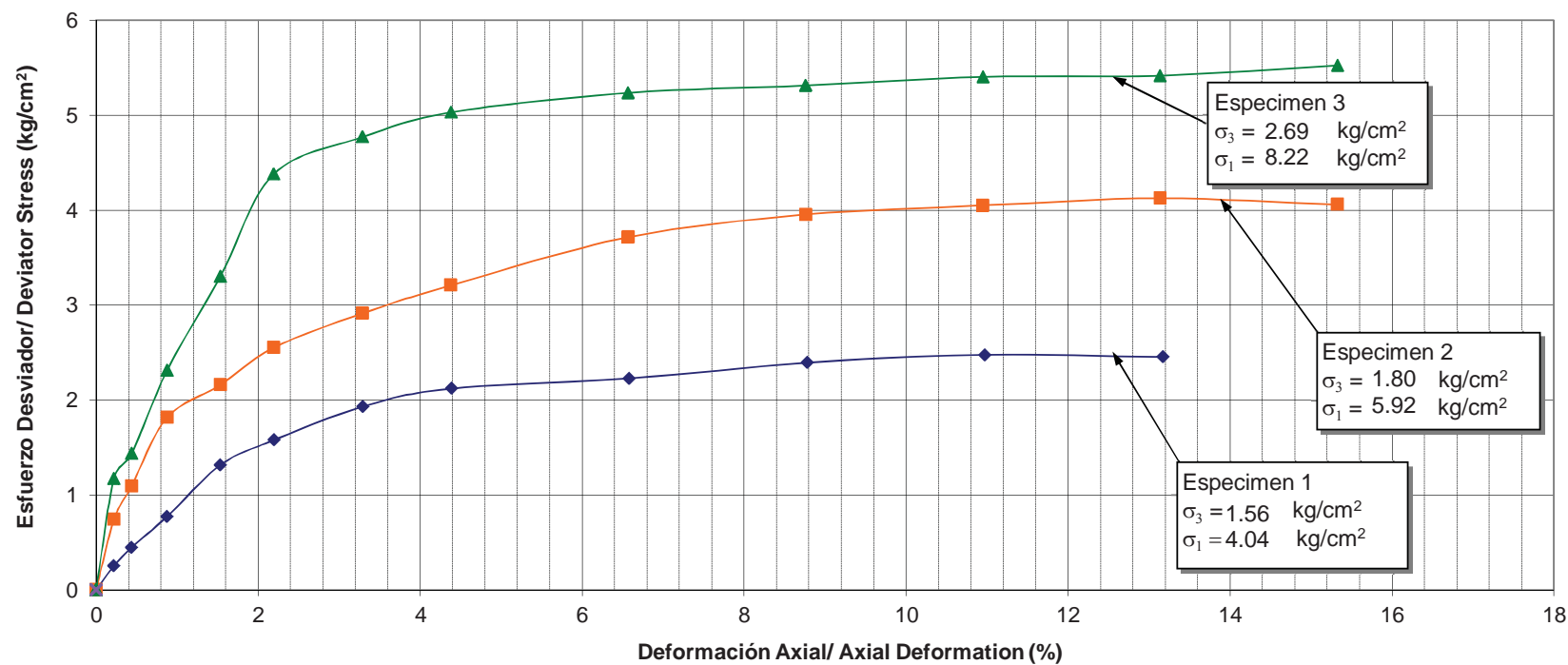


ENSAYADO POR/ TESTED BY: C. CÓRDOBA  
 COMPILADO POR/ COMPILATED BY: R. GÓMEZ

REVISADO POR/ REVIEWED BY: R. GÓMEZ  
 PRESENTADO POR/ PRESENTED BY: R. GÓMEZ

**PERSCHIMCO CERRO QUEMA  
 CERRO QUEMA  
 TRIAXIAL TEST CU  
 BOREHOLE: TP-14 , 1,2**

Trabajo No./ Job No. 26359 Fecha/ Date: 16/12/2013



**ENSAYO TRIAXIAL CU/ TRIAXIAL COMPRESSION TEST CU  
(ASTM D 4767)**

**F-062**

Area/Area:  
**Pruebas y Ensayos / Test and Trials**

Página/Page:  
**3 de 8**

TRABAJO No/ JOB No. 3-1972 HOYO No./ BOREHOLE No. TP-14  
PROYECTO/ PROJECT: PERSCHIMCO CERRO QUEMA MUESTRA No./ SAMPLE No. 1,2  
LOCALIZACION/ LOCATION: CERRO QUEMA PROF./ DEPTH: 3.60  
CLIENTE/ CLIENT: CERRO QUEMA FECHA/ DATE: 16-dic-13  
DESCRIPCION/ DESCRIPTION: ARENA MAL GRADUADA CON ARCILLA  
ENSAYO POR/ TESTED BY: C. CÓRDOBA

**[A] Información del Especímen (Antes de la Consolidación)/ Specimen Data (Before consolidation)**

Especímen N°/ Specimen No. 1 Presión Efectiva/ Effective Pressure 0.51 kg/cm<sup>2</sup>  
(1) Tipo de prueba realizada/ Type of test performed ..... Consolidada - No Drenada/ Consolidated-Undrained  
(2) Tipo de Especímen/ Type of specimen ..... ☐ Inalterada/Undisturbed ☒ Remoldeada/ Remolded  
(3) Diámetro del Especímen/ Diameter of Specimen ..... 7.38 cm  
(4) Área inicial del espécimen/ Initial area of specimen ..... 42.78 cm<sup>2</sup>  
(5) Altura Inicial del espécimen/ Initial height of specimen ..... 11.77 cm  
(6) Relación Alto - diámetro/ Relation Height- Diameter ..... 1.59  
(7) Volumen del espécimen/ Volume of specimen ..... 503.48 cm<sup>3</sup>  
(8) Masa del Especímen/ Mass of specimen ..... 987.50 g.  
(9) Peso unitario húmedo del espécimen/ Wet unit weight of specimen ..... 1.96 g/cm<sup>3</sup>  
(10) Contenido de agua del espécimen/ Water content of specimen ..... 19.05 %  
(a.) Tara N°/ Tare N° .....  
(b.) Peso de suelo húmedo + tara/ Mass of wet soil+can ..... 1135.60 g.  
(c.) Peso de suelo seco + tara/ Mass of dry soil+can ..... 974.30 g.  
(d.) Peso de la tara/ Mass of can ..... 127.80 g.  
(e.) Peso del agua/ Mass of water ..... 161.30 g.  
(f.) Peso del suelo seco/ Mass of dry soil ..... 846.50 g.  
(g.) Contenido de agua/ Water content ..... 19.10 %  
(11) Peso unitario seco del espécimen/ Dry unit weight of specimen ..... 1.65 g/cm<sup>3</sup>

**[A] Información del Especímen (Después de la Consolidación)/ Specimen Data (After Consolidation)**

(1) Presión Efectiva de La Cámara/ Chamber consolidation pressure ..... 0.51 kg/cm<sup>2</sup>  
(2) Presión de La Cámara/ Cell Pressure..... 1.78 kg/cm<sup>2</sup>  
(3) Contra Presión/ Back pressure ..... 1.27 kg/cm<sup>2</sup>  
(4) Parámetro B/ Parameter B ..... 100.00  
(5) Volumen Consolidado/ Volume of specimen after consolidation (V<sub>c</sub>)..... 490.78 cm<sup>3</sup>  
(6) Área de Muestra Después de la Consolidación/ Area of specimen after consolidation (A<sub>c</sub>)..... 42.05 cm<sup>2</sup>  
(7) Altura de la Muestra Después de la Consolidación/ Length of specimen after consolidation (L<sub>c</sub>)..... 11.57 cm

OBSERVACIONES/REMARKS:

ENSAYADO POR/ TESTED BY: C. CÓRDOBA

REVISADO POR/ REVIEWED BY: R. GÓMEZ

COMPILADO POR/ COMPILATED BY: R. GÓMEZ

PRESENTADO POR/ PRESENTED BY: R. GÓMEZ



**ENSAYO TRIAXIAL CU/ TRIAXIAL COMPRESSION TEST CU  
 (ASTM D 4767)**

**F-062**

Area/Area:  
**Pruebas y Ensayos / Test and Trials**

Página/Page:  
**5 de 8**

TRABAJO No./ JOB No. 3-1972 HOYO No./ BOREHOLE No. TP-14  
 PROYECTO/ PROJECT: PERSCHIMCO CERRO QUEMA MUESTRA No./ SAMPLE No. 1,2  
 LOCALIZACION/ LOCATION: CERRO QUEMA PROF./ DEPTH: 3.60  
 CLIENTE/ CLIENT: CERRO QUEMA FECHA/ DATE: 16-dic-13  
 DESCRIPCION/ DESCRIPTION: ARENA MAL GRADUADA CON ARCILLA  
 ENSAYO POR/ TESTED BY: C. CÓRDOBA

**[A] Información del Especímen (Antes de la Consolidación)/ Specimen Data (Before consolidation)**

Especímen N°/ Specimen No. 2 Presión Efectiva/ Effective Pressure 1.02 kg/cm<sup>2</sup>  
 (1) Tipo de prueba realizada/ Type of test performed ..... Consolidada - No Drenada/ Consolidated-Undrained  
 (2) Tipo de Especímen/ Type of specimen ..... ☐ Inalterada/Undisturbed ☒ Remoldeada/ Remolded  
 (3) Diámetro del Especímen/ Diameter of Specimen ..... 7.38 cm  
 (4) Área inicial del espécimen/ Initial area of specimen ..... 42.78 cm<sup>2</sup>  
 (5) Altura Inicial del espécimen/ Initial height of specimen ..... 11.77 cm  
 (6) Relación Alto - diámetro/ Relation Height- Diameter ..... 1.59  
 (7) Volumen del espécimen/ Volume of specimen ..... 503.48 cm<sup>3</sup>  
 (8) Masa del Especímen/ Mass of specimen ..... 990.70 g.  
 (9) Peso unitario húmedo del espécimen/ Wet unit weight of specimen ..... 1.97 g/cm<sup>3</sup>  
 (10) Contenido de agua del espécimen/ Water content of specimen ..... 19.22 %  
 (a.) Tara N°/ Tare N° .....  
 (b.) Peso de suelo húmedo + tara/ Mass of wet soil+can ..... 1139.40 g.  
 (c.) Peso de suelo seco + tara/ Mass of dry soil+can ..... 975.90 g.  
 (d.) Peso de la tara/ Mass of can ..... 125.10 g.  
 (e.) Peso del agua/ Mass of water ..... 163.50 g.  
 (f.) Peso del suelo seco/ Mass of dry soil ..... 850.80 g.  
 (g.) Contenido de agua/ Water content ..... 19.20 %  
 (11) Peso unitario seco del espécimen/ Dry unit weight of specimen ..... 1.65 g/cm<sup>3</sup>

**[A] Información del Especímen (Después de la Consolidación)/ Specimen Data (After Consolidation)**

(1) Presión Efectiva de La Cámara/ Chamber consolidation pressure ..... 1.02 kg/cm<sup>2</sup>  
 (2) Presión de La Cámara/ Cell Pressure..... 2.29 kg/cm<sup>2</sup>  
 (3) Contra Presión/ Back pressure ..... 1.27 kg/cm<sup>2</sup>  
 (4) Parámetro B/ Parameter B ..... 100.00  
 (5) Volumen Consolidado/ V olume of specimen after consolidation (V<sub>c</sub>)..... 492.68 cm<sup>3</sup>  
 (6) Área de Muestra Después de la Consolidación/ Area of specimen after consolidation (A<sub>c</sub>)..... 42.16 cm<sup>2</sup>  
 (7) Altura de la Muestra Después de la Consolidación/ Lenght of specimen after consolidation (L<sub>c</sub>)..... 11.60 cm

OBSERVACIONES/REMARKS: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

ENSAYADO POR/ TESTED BY: C. CÓRDOBA REVISADO POR/ REVIEWED BY: R. GÓMEZ  
 COMPILADO POR/ COMPILATED BY: R. GÓMEZ PRESENTADO POR/ PRESENTED BY: R. GÓMEZ





**ENSAYO TRIAXIAL CU/ TRIAXIAL COMPRESSION TEST CU  
(ASTM D 4767)**

**F-062**

Area/Area:  
**Pruebas y Ensayos / Test and Trials**

Página/Page:  
**7 de 8**

TRABAJO No/ JOB No. 3-1972 HOYO No./ BOREHOLE No. TP-14  
PROYECTO/ PROJECT: PERSCHIMCO CERRO QUEMA MUESTRA No./ SAMPLE No. 1,2  
LOCALIZACION/ LOCATION: CERRO QUEMA PROF./ DEPTH: 3.6  
CLIENTE/ CLIENT: CERRO QUEMA FECHA/ DATE: 16-dic-13  
DESCRIPCION/ DESCRIPTION: ARENA MAL GRADUADA CON ARCILLA  
ENSAYO POR/ TESTED BY: C. CÓRDOBA

**[A] Información del Especímen (Antes de la Consolidación)/ Specimen Data (Before consolidation)**

Especímen N°/ Specimen No. 3 Presión Efectiva/ Effective Pressure 2.04 kg/cm<sup>2</sup>  
(1) Tipo de prueba realizada/ Type of test performed ..... Consolidada - No Drenada/ Consolidated-Undrained  
(2) Tipo de Especímen/ Type of specimen ..... ☐ Inalterada/Undisturbed ☒ Remoldeada/ Remolded  
(3) Diámetro del Especímen/ Diameter of Specimen ..... 7.38 cm  
(4) Área inicial del espécimen/ Initial area of specimen ..... 42.78 cm<sup>2</sup>  
(5) Altura Inicial del espécimen/ Initial height of specimen ..... 11.77 cm  
(6) Relación Alto - diámetro/ Relation Height- Diameter ..... 1.59  
(7) Volumen del espécimen/ Volume of specimen ..... 503.48 cm<sup>3</sup>  
(8) Masa del Especímen/ Mass of specimen ..... 980.90 g.  
(9) Peso unitario húmedo del espécimen/ Wet unit weight of specimen ..... 1.95 g/cm<sup>3</sup>  
(10) Contenido de agua del espécimen/ Water content of specimen ..... 21.66 %  
(a.) Tara N°/ Tare N° .....  
(b.) Peso de suelo húmedo + tara/ Mass of wet soil+can ..... 1149.50 g.  
(c.) Peso de suelo seco + tara/ Mass of dry soil+can ..... 966.80 g.  
(d.) Peso de la tara/ Mass of can ..... 123.20 g.  
(e.) Peso del agua/ Mass of water ..... 182.70 g.  
(f.) Peso del suelo seco/ Mass of dry soil ..... 843.60 g.  
(g.) Contenido de agua/ Water content ..... 21.70 %  
(11) Peso unitario seco del espécimen/ Dry unit weight of specimen ..... 1.60 g/cm<sup>3</sup>

**[A] Información del Especímen (Después de la Consolidación)/ Specimen Data (After Consolidation)**

(1) Presión Efectiva de La Cámara/ Chamber consolidation pressure ..... 2.04 kg/cm<sup>2</sup>  
(2) Presión de La Cámara/ Cell Pressure..... 3.31 kg/cm<sup>2</sup>  
(3) Contra Presión/ Back pressure ..... 1.27 kg/cm<sup>2</sup>  
(4) Parámetro B/ Parameter B ..... 100.00  
(5) Volumen Consolidado/ V olume of specimen after consolidation (V<sub>c</sub>)..... 492.58 cm<sup>3</sup>  
(6) Área de Muestra Después de la Consolidación/ Area of specimen after consolidation (A<sub>c</sub>)..... 42.16 cm<sup>2</sup>  
(7) Altura de la Muestra Después de la Consolidación/ Lenght of specimen after consolidation (L<sub>c</sub>)..... 11.60 cm

OBSERVACIONES/REMARKS: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

ENSAYADO POR/ TESTED BY: C. CÓRDOBA REVISADO POR/ REVIEWED BY: R. GOMEZ  
COMPILADO POR/ COMPILATED BY: R. GÓMEZ PRESENTADO POR/ PRESENTED BY: R. GOMEZ



**ENSAYO TRIAXIAL CU/ TRIAXIAL COMPRESSION TEST CU  
 (ASTM D 4767)**

**F-062**

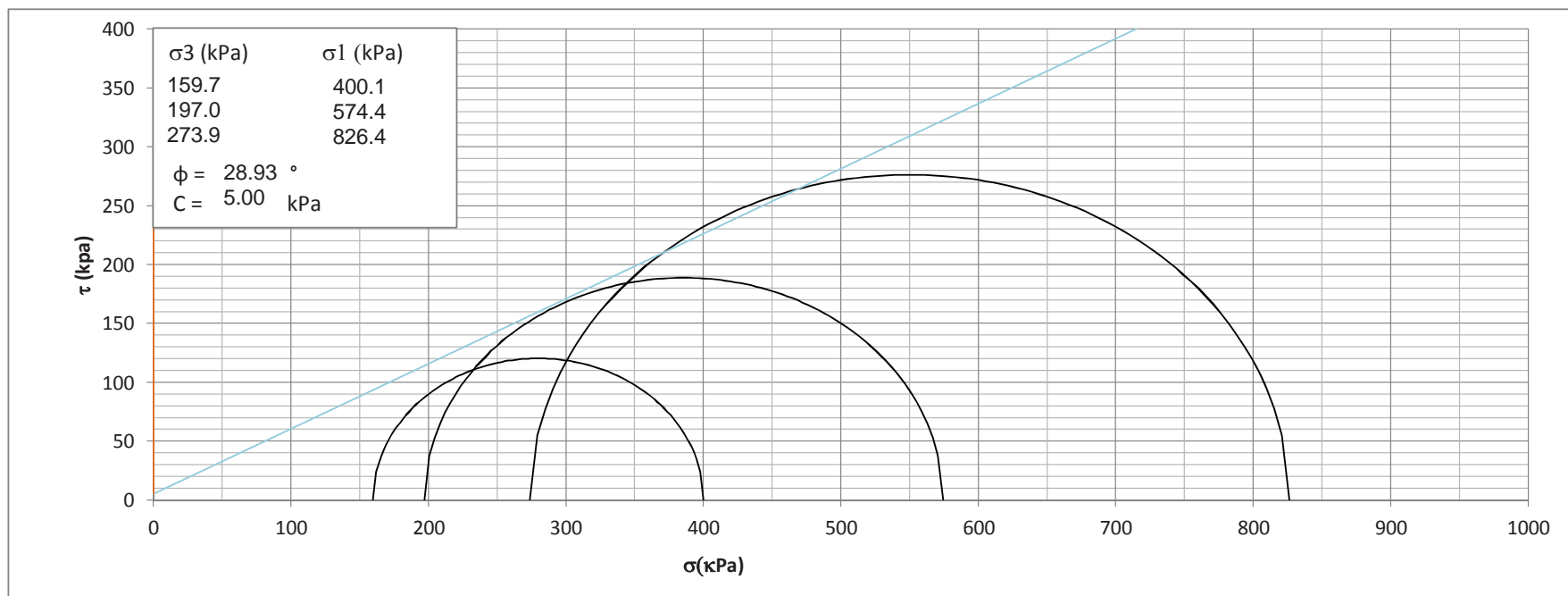
Página/Page:  
**1 de 8**

TRABAJO No./ JOB No.:  
 PROYECTO/ PROJECT:  
 LOCALIZACION/ LOCATION:  
 CLIENTE/ CLIENT:  
 DESCRIPCION/ DESCRIPTION:  
 ENSAYADO POR/ TESTED BY:

3-1972  
 CERRO QUEMA  
 CERRO QUEMA  
 CERRO QUEMA  
 ARENA LIMOSA ARCILLOSA CON GRAVA  
 C. CÓRDOBA

HOYO No./ BOREHOLE No:  
 MUESTRA No./ SAMPLE No.:  
 PROFUNDIDAD/ DEPTH:  
 FECHA/ DATE:

TP-16  
 1,2  
 3.50  
 16-dic-13



ENSAYADO POR/ TESTED BY:  
 COMPILADO POR/ COMPILATED BY:

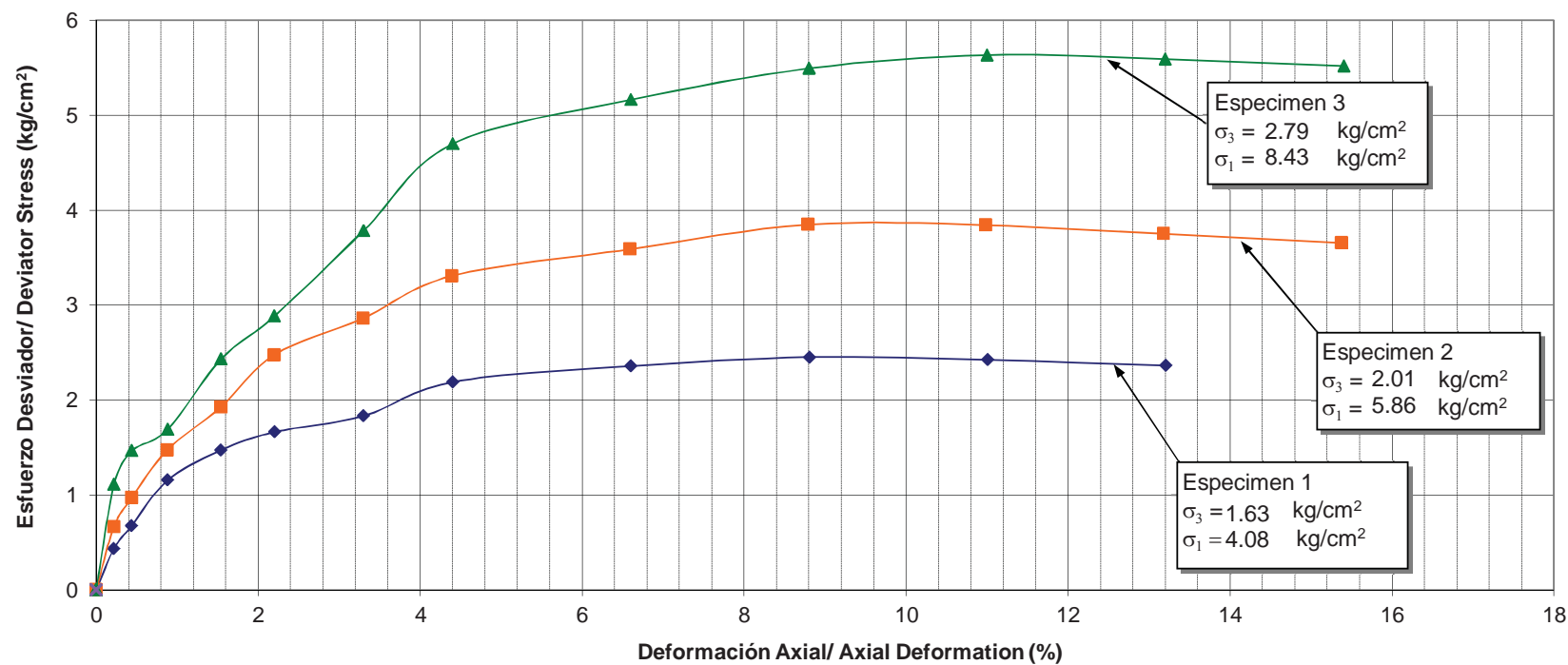
C. CÓRDOBA  
 R. GÓMEZ

REVISADO POR/ REVIEWED BY:  
 PRESENTADO POR/ PRESENTED BY:

R. GÓMEZ  
 R. GÓMEZ

**CERRO QUEMA  
 CERRO QUEMA  
 TRIAXIAL TEST CU  
 BOREHOLE: TP-16 , 1,2**

Trabajo No./ Job No. 26359 Fecha/ Date: 16/12/2013



**ENSAYO TRIAXIAL CU/ TRIAXIAL COMPRESSION TEST CU  
(ASTM D 4767)**

**F-062**

Area/Area:  
**Pruebas y Ensayos / Test and Trials**

Página/Page:  
**3 de 8**

TRABAJO No/ JOB No. 3-1972 HOYO No./ BOREHOLE No. TP-16  
PROYECTO/ PROJECT: CERRO QUEMA MUESTRA No./ SAMPLE No. 1,2  
LOCALIZACION/ LOCATION: CERRO QUEMA PROF./ DEPTH: 3.50  
CLIENTE/ CLIENT: CERRO QUEMA FECHA/ DATE: 16-dic-13  
DESCRIPCION/ DESCRIPTION: ARENA LIMOSA ARCILLOSA CON GRAVA  
ENSAYO POR/ TESTED BY: C. CÓRDOBA

**[A] Información del Especímen (Antes de la Consolidación)/ Specimen Data (Before consolidation)**

Especímen N°/ Specimen No. 1 Presión Efectiva/ Effective Pressure 0.51 kg/cm<sup>2</sup>  
(1) Tipo de prueba realizada/ Type of test performed ..... Consolidada - No Drenada/ Consolidated-Undrained  
(2) Tipo de Especímen/ Type of specimen ..... ☐ Inalterada/Undisturbed ☒ Remoldeada/ Remolded  
(3) Diámetro del Especímen/ Diameter of Specimen ..... 7.90 cm  
(4) Área inicial del espécimen/ Initial area of specimen ..... 49.02 cm<sup>2</sup>  
(5) Altura Inicial del espécimen/ Initial height of specimen ..... 11.71 cm  
(6) Relación Alto - diámetro/ Relation Height- Diameter ..... 1.48  
(7) Volumen del espécimen/ Volume of specimen ..... 573.99 cm<sup>3</sup>  
(8) Masa del Especímen/ Mass of specimen ..... 985.60 g.  
(9) Peso unitario húmedo del espécimen/ Wet unit weight of specimen ..... 1.72 g/cm<sup>3</sup>  
(10) Contenido de agua del espécimen/ Water content of specimen ..... 17.42 %  
(a.) Tara N°/ Tare N° .....  
(b.) Peso de suelo húmedo + tara/ Mass of wet soil+can ..... 1136.30 g.  
(c.) Peso de suelo seco + tara/ Mass of dry soil+can ..... 985.00 g.  
(d.) Peso de la tara/ Mass of can ..... 116.30 g.  
(e.) Peso del agua/ Mass of water ..... 151.30 g.  
(f.) Peso del suelo seco/ Mass of dry soil ..... 868.70 g.  
(g.) Contenido de agua/ Water content ..... 17.40 %  
(11) Peso unitario seco del espécimen/ Dry unit weight of specimen ..... 1.46 g/cm<sup>3</sup>

**[A] Información del Especímen (Después de la Consolidación)/ Specimen Data (After Consolidation)**

(1) Presión Efectiva de La Cámara/ Chamber consolidation pressure ..... 0.51 kg/cm<sup>2</sup>  
(2) Presión de La Cámara/ Cell Pressure..... 1.78 kg/cm<sup>2</sup>  
(3) Contra Presión/ Back pressure ..... 1.27 kg/cm<sup>2</sup>  
(4) Parámetro B/ Parameter B ..... 100.00  
(5) Volumen Consolidado/ Volume of specimen after consolidation (V<sub>c</sub>)..... 561.29 cm<sup>3</sup>  
(6) Área de Muestra Después de la Consolidación/ Area of specimen after consolidation (A<sub>c</sub>)..... 48.29 cm<sup>2</sup>  
(7) Altura de la Muestra Después de la Consolidación/ Length of specimen after consolidation (L<sub>c</sub>)..... 11.54 cm

OBSERVACIONES/REMARKS:

ENSAYADO POR/ TESTED BY: C. CÓRDOBA REVISADO POR/ REVIEWED BY: R. GÓMEZ  
COMPILADO POR/ COMPILATED BY: R. GÓMEZ PRESENTADO POR/ PRESENTED BY: R. GÓMEZ



**ENSAYO TRIAXIAL CU/ TRIAXIAL COMPRESSION TEST CU  
(ASTM D 4767)**

**F-062**

Area/Area:  
**Pruebas y Ensayos / Test and Trials**

Página/Page:  
**5 de 8**

TRABAJO No/ JOB No. 3-1972 HOYO No./ BOREHOLE No. TP-16  
PROYECTO/ PROJECT: CERRO QUEMA MUESTRA No./ SAMPLE No. 1,2  
LOCALIZACION/ LOCATION: CERRO QUEMA PROF./ DEPTH: 3.50  
CLIENTE/ CLIENT: CERRO QUEMA FECHA/ DATE: 16-dic-13  
DESCRIPCION/ DESCRIPTION: ARENA LIMOSA ARCILLOSA CON GRAVA  
ENSAYO POR/ TESTED BY: C. CÓRDOBA

**[A] Información del Especímen (Antes de la Consolidación)/ Specimen Data (Before consolidation)**

Especímen N°/ Specimen No. 2 Presión Efectiva/ Effective Pressure 1.02 kg/cm<sup>2</sup>  
(1) Tipo de prueba realizada/ Type of test performed ..... Consolidada - No Drenada/ Consolidated-Undrained  
(2) Tipo de Especímen/ Type of specimen ..... ☐ Inalterada/Undisturbed ☒ Remoldeada/ Remolded  
(3) Diámetro del Especímen/ Diameter of Specimen ..... 7.90 cm  
(4) Área inicial del espécimen/ Initial area of specimen ..... 49.02 cm<sup>2</sup>  
(5) Altura Inicial del espécimen/ Initial height of specimen ..... 11.71 cm  
(6) Relación Alto - diámetro/ Relation Height- Diameter ..... 1.48  
(7) Volumen del espécimen/ Volume of specimen ..... 573.99 cm<sup>3</sup>  
(8) Masa del Especímen/ Mass of specimen ..... 990.70 g.  
(9) Peso unitario húmedo del espécimen/ Wet unit weight of specimen ..... 1.73 g/cm<sup>3</sup>  
(10) Contenido de agua del espécimen/ Water content of specimen ..... 17.21 %  
(a.) Tara N°/ Tare N° .....  
(b.) Peso de suelo húmedo + tara/ Mass of wet soil+can ..... 1139.30 g.  
(c.) Peso de suelo seco + tara/ Mass of dry soil+can ..... 989.90 g.  
(d.) Peso de la tara/ Mass of can ..... 121.90 g.  
(e.) Peso del agua/ Mass of water ..... 149.40 g.  
(f.) Peso del suelo seco/ Mass of dry soil ..... 868.00 g.  
(g.) Contenido de agua/ Water content ..... 17.20 %  
(11) Peso unitario seco del espécimen/ Dry unit weight of specimen ..... 1.47 g/cm<sup>3</sup>

**[A] Información del Especímen (Después de la Consolidación)/ Specimen Data (After Consolidation)**

(1) Presión Efectiva de La Cámara/ Chamber consolidation pressure ..... 1.02 kg/cm<sup>2</sup>  
(2) Presión de La Cámara/ Cell Pressure..... 2.29 kg/cm<sup>2</sup>  
(3) Contra Presión/ Back pressure ..... 1.27 kg/cm<sup>2</sup>  
(4) Parámetro B/ Parameter B ..... 100.00  
(5) Volumen Consolidado/ V olume of specimen after consolidation (V<sub>c</sub>)..... 563.19 cm<sup>3</sup>  
(6) Área de Muestra Después de la Consolidación/ Area of specimen after consolidation (A<sub>c</sub>)..... 48.40 cm<sup>2</sup>  
(7) Altura de la Muestra Después de la Consolidación/ Lenght of specimen after consolidation (L<sub>c</sub>)..... 11.56 cm

OBSERVACIONES/REMARKS: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

ENSAYADO POR/ TESTED BY: C. CÓRDOBA REVISADO POR/ REVIEWED BY: R. GÓMEZ  
COMPILADO POR/ COMPILATED BY: R. GÓMEZ PRESENTADO POR/ PRESENTED BY: R. GÓMEZ



Rev-00\_15-abril-11

**ENSAYO TRIAXIAL CU/ TRIAXIAL COMPRESSION TEST CU  
(ASTM D 4767)**

**F-062**

Area/Area:  
**Pruebas y Ensayos / Test and Trials**

Página/Page:  
**7 de 8**

TRABAJO No/ JOB No. 3-1972 HOYO No./ BOREHOLE No. TP-16  
PROYECTO/ PROJECT: CERRO QUEMA MUESTRA No./ SAMPLE No. 1,2  
LOCALIZACION/ LOCATION: CERRO QUEMA PROF./ DEPTH: 3.5  
CLIENTE/ CLIENT: CERRO QUEMA FECHA/ DATE: 16-dic-13  
DESCRIPCION/ DESCRIPTION: ARENA LIMOSA ARCILLOSA CON GRAVA  
ENSAYO POR/ TESTED BY: C. CORDOBA

**[A] Información del Especimen (Antes de la Consolidación)/ Specimen Data (Before consolidation)**

Especimen N°/ Specimen No. 3 Presión Efectiva/ Effective Pressure 2.04 kg/cm<sup>2</sup>  
(1) Tipo de prueba realizada/ Type of test performed ..... Consolidada - No Drenada/ Consolidated-Undrained  
(2) Tipo de Especimen/ Type of specimen ..... ☐ Inalterada/Undisturbed ☒ Remoldeada/ Remolded  
(3) Diámetro del Especimen/ Diameter of Specimen ..... 7.46 cm  
(4) Área inicial del espécimen/ Initial area of specimen ..... 43.71 cm<sup>2</sup>  
(5) Altura Inicial del espécimen/ Initial height of specimen ..... 11.71 cm  
(6) Relación Alto - diámetro/ Relation Height- Diameter ..... 1.57  
(7) Volumen del espécimen/ Volume of specimen ..... 511.83 cm<sup>3</sup>  
(8) Masa del Especimen/ Mass of specimen ..... 988.50 g.  
(9) Peso unitario húmedo del espécimen/ Wet unit weight of specimen ..... 1.93 g/cm<sup>3</sup>  
(10) Contenido de agua del espécimen/ Water content of specimen ..... 16.93 %  
(a.) Tara N°/ Tare N° .....  
(b.) Peso de suelo húmedo + tara/ Mass of wet soil+can ..... 1135.40 g.  
(c.) Peso de suelo seco + tara/ Mass of dry soil+can ..... 988.10 g.  
(d.) Peso de la tara/ Mass of can ..... 118.30 g.  
(e.) Peso del agua/ Mass of water ..... 147.30 g.  
(f.) Peso del suelo seco/ Mass of dry soil ..... 869.80 g.  
(g.) Contenido de agua/ Water content ..... 16.90 %  
(11) Peso unitario seco del espécimen/ Dry unit weight of specimen ..... 1.65 g/cm<sup>3</sup>

**[A] Información del Especimen (Después de la Consolidación)/ Specimen Data (After Consolidation)**

(1) Presión Efectiva de La Cámara/ Chamber consolidation pressure ..... 2.04 kg/cm<sup>2</sup>  
(2) Presión de La Cámara/ Cell Pressure..... 3.31 kg/cm<sup>2</sup>  
(3) Contra Presión/ Back pressure ..... 1.27 kg/cm<sup>2</sup>  
(4) Parámetro B/ Parameter B ..... 100.00  
(5) Volumen Consolidado/ Volume of specimen after consolidation (V<sub>c</sub>)..... 500.93 cm<sup>3</sup>  
(6) Área de Muestra Después de la Consolidación/ Area of specimen after consolidation (A<sub>c</sub>)..... 43.09 cm<sup>2</sup>  
(7) Altura de la Muestra Después de la Consolidación/ Length of specimen after consolidation (L<sub>c</sub>)..... 11.54 cm

OBSERVACIONES/REMARKS: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

ENSAYADO POR/ TESTED BY: C. CORDOBA REVISADO POR/ REVIEWED BY: R. GOMEZ  
COMPILADO POR/ COMPILATED BY: R. GÓMEZ PRESENTADO POR/ PRESENTED BY: R. GOMEZ



## **PRUEBAS DE ABRASIÓN LOS ÁNGELES (LA)**



**TECNILAB, S. A.**  
UNA EMPRESA E. BARRANCO Y ASOC., S. A.  
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

FUNDADA  
EN  
1973

**RESISTENCIA A LA DEGRADACION DE TAMAÑO PEQUEÑO - AGREGADO GRUESO  
POR ABRASION E IMPACTO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES/  
RESISTANCE TO DEGRADATION OF SMALL SIZE - COARSE AGGREGATE BY  
ABRASION AND IMPACT IN THE ANGELS MACHINE  
ASTM C 131**

**F-097**

**Página/Page:  
1 de/of 1**

**Area/Area:  
Pruebas y Ensayos / Text and Trials**

TRABAJO No./JOB #: 3-1972 CLIENTE/CLIENT: Minera Cerro Quema MUESTRA/ SAMPLE: OQ-PQ-01  
PROYECTO/PROJEC: Minera Cerro Quema MATERIAL/MATERIAL: ROCA  
UBICACIÓN/LOCATIC: Perchenco Cerro Quema FUENTE/SOURCE: -----  
MUESTREADO POR /SAMPLED BY: Minera Cerro Quema FECHA/DATE: --- LABORATORISTA/ TECHNICIAN : -----  
ENSAYADO POR/ TESTED BY: TECNILAB S.A FECHA/DATE: 19-nov-13 LABORATORISTA/ TECHNICIAN : F. Umaña

**DATOS/DATE**

No. DE ESFERAS/ 12 DIAMETRO/ 1 13/16" PESO/ MASS 5000 REVOLUCIONES/ REVOLUTION: 500  
NUMBER OF SPHERES DIAMETER: PESO/ MASS REVOLUCIONES/ REVOLUTION:

TAMAÑO DE TAMICES/SIEVE SIZE		PESO ORIGINAL DE LA MUESTRA/ ORIGINAL SAMPLE MASS (g)
PASA/PASS	RETENIDO EN /RETAINED IN	
1 1/2"	1"	1250.00
1"	3/4"	1250.00
3/4"	1/2"	1250.00
1/2"	3/8"	1250.00
		5000.00

a) Peso Original de La Muestra/ Original Sample Mass: 5000.00 g  
b) Peso del Material Retenido en el Tamiz No. 12/ Mass of Material Retained on the No. 12 Sieve 3167.00 g  
c) Pérdida de Peso (a-b)/ Mass Loss (a-b) 1833.00 g  
d) Porcentaje de Desgaste/ Abrasion Percentage: 36.66 %

Revoluciones por Minuto/ Revolutions per Minute 33 Gradación de Muestra para Pruebas/ Sample Gradation for Testing: "A"

EQUIPO UTILIZADO PARA LA PRUEBA / EQUIPMENT USED FOR THE TEST					
Equipo/Equipment:	<u>BALANZA</u>	Serie/Serial:	<u>541</u>	Equipo/Equipment:	<u>MAQUINA DE LOS ANGELES</u>
Equipo/Equipment:	<u>---</u>	Serie/Serial:	<u>----</u>	Equipo/Equipment:	<u>-----</u>

Observaciones /Remarks: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

COPILADO POR/COMPILED BY: E. VALDEZ  
REVISADO POR /REVIWED BY: L. NAVARRO PRESENTADO POR / PRESENTED BY: L. NAVARRO

## **PRUEBAS COMPRESIVA NO CONFINADA**





**APÉNDICE D**  
**EVALUACIÓN DE PELIGROS SÍSMICOS**

**Fecha:** 20 de enero de 2014**Número de** 1300709**Proyecto:****A:** Gene Tortelli, Chris MacMahon**Compañía:** Golder Associates Inc.**De:** Donald Lowry, Alan Hull**cc:****Email:** dlowry@golder.com**ASUNTO: REVISIÓN DE LA EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS SÍSMICOS DEL CERRO QUEMA**

Este Memorándum Técnico presenta los resultados de una evaluación preliminar de los riesgos sísmicos completado por Golder Associates Inc. (Golder) para Pershimco Resources Inc. (PRO) en el sitio del Proyecto Cerro Quema en Panamá.

## 1.0 INTRODUCCIÓN

PRO ha contratado a Golder para realizar los estudios de ingeniería de pre-factibilidad para el sitio del proyecto Cerro Quema. Una porción de la evaluación de pre-factibilidad incluye un análisis sísmico y los parámetros para uso en un diseño preliminar para el sitio. Knight Piésold realizó una evaluación de riesgos sísmicos (SHA por sus siglas en inglés) para el Proyecto Cerro Quema en 2005 (KP, 2005). Su SHA se basa en métodos probabilistas y deterministas simplificados. Ellos recomendaron un valor de aceleración máxima del suelo (PGA por sus siglas en inglés) de 0.20 g para el diseño de las instalaciones propuestas del patio de lixiviación y botadero de roca estéril. Este valor de PGA representó el terremoto estimado de 100 años en el sitio. Este memorándum técnico proporciona una reevaluación preliminar y una actualización del estudio de Knight Piésold en 2005.

## 1.1 Alcance de Trabajo

El alcance de trabajo de Golder para esta revisión de los riesgos sísmicos, con base en la oficina, para el sitio del Proyecto Cerro Quema incluye las siguientes tareas:

- Una revisión del análisis de los riesgos sísmicos preparado por Knight Piésold (2005).
- Una revisión de la ubicación y la magnitud de terremotos históricos alrededor de 500 km dentro del sitio.
- Identificar la ubicación y actividad de cualquiera de las fallas cuaternarias (últimos 1.8 millones de años) de la región alrededor de 100 km dentro del sitio.
- Estimar la aceleración horizontal máxima del suelo (PGA por sus siglas en inglés) para el sitio de terremotos en las fallas cuaternarias principales.
- Estimar la PGA en la ubicación especificada (7.555°N Latitud, 80.530°W Longitud) para los periodos de retorno de 475 y 2,475 años.
- Preparar un breve memorándum técnico que proporciona los parámetros recomendados para el diseño preliminar de la instalación en el sitio del proyecto Cerro Quema.



## 2.0 ESCENARIO GEOLÓGICO Y TECTÓNICO REGIONAL

### 2.1 Escenario Geológico y Tectónico

El sitio del proyecto Cerro Quema se encuentra en el Región Los Santos del suroeste Panamá, aproximadamente a 100 kilómetros al sur de la ciudad de Panamá, como se muestra en la Figura 1. La Republica de Panamá se encuentra en un bloque rígido de corteza continental (Microplaca Panamá) al sur del Arco Volcánico de América Central (Kellogg y Vega 1995; Cowan 2001). La Microplaca de Panamá sobreyace las placas tectónicas oceánicas de subducción Cocos y Caribe; un límite de falla de rumbo sinistral se ha desarrollado entre la Microplaca Panamá y la placa Nazca Oceánica. Estos movimientos relativos de las placas son principalmente acomodadas por la deformación dentro del Cinturón Deformado del Sur de Panamá (SPDB por sus siglas en inglés, Figura 1). Unas fallas activas del Cuaternario están presentes dentro de la corteza superior entre la SPDB y la Península Azuero donde se ubica el sitio del proyecto Cerro Quema (Cowan et al., 1998). Debido a que la información sobre el tiempo de ruptura de las fallas de la superficie que son cartografiadas por o cerca de la Península Azuero es muy limitada, hemos considerado todas las fallas de edad del Cuaternario como una fuente sísmica potencialmente activa para esta evaluación.

El sitio del Proyecto Cerro Quema se ubica a unos 18 km al noreste de la falla Azuero-Soná, dentro de un cinturón de rocas volcánicas y volcanoclásticas que es de unos 15 km de largo por 2 km de ancho. Estas rocas se cree que se correlacionan con la Formación Final del Cretácico Ocu del grupo regional Changuinola (Pershimco, 2013).

## 3.0 TERREMOTOS HISTÓRICOS Y FALLAS CUATERNARIAS

### 3.1 Terremotos Históricos

El sitio del Proyecto Cerro Quema se encuentra dentro de una región geológicamente y sísmicamente activa. La Provincia suroeste de Los Santos, en la Península Azuero, es adyacente a la margen sur tectónicamente activa de Panamá. Los registros instrumentales y escritos de finales del siglo 17 hasta 2013 indican que al menos 192 terremotos de magnitud de momento (**M**)  $\geq 3.0$  tuvieron epicentros ubicados cerca del sitio del Proyecto Cerro Quema con un área limitada de aproximadamente latitud 6 a 9° norte, y longitud 82° a 80° oeste (ISC-GEM catálogo). De estos terremotos, 172 eventos fueron reportados menores que de **M**5, catorce (14) entre **M**5 y **M**5.9, y siete entre **M**6 y **M**6.9. El terremoto más grande registrado cerca del sitio fue **M**6.9 Terremoto Panamá Viejo que ocurrió el 2 de mayo de 1621, con un epicentro ubicado aproximadamente a 190 km al noreste del sitio (Figura 1). Se listan los terremotos históricos más significativos del sitio, incluyendo un evento aproximado de **M**6.7 a unos 15 km del sitio, en la Tabla 1.

**Tabla 1: Terremotos Principales Históricos ( $M \geq 6.0$ ) Dentro de 150 km del Sitio del Proyecto Cerro Quema, Panamá**

Año	Mes	Día	Latitud (°N)	Longitud (°W)	Magnitud (M)	Distancia del Sitio <sup>1</sup> (km)
1802	10	25	7.500	80.400	6.7	15
1943	5	2	6.825	80.330	6.8	83
1951	1	6	7.329	80.993	6.6	57
1960	3	28	7.388	81.878	6.3	150

Nota:

1. Ubicación del sitio del Proyecto Cerro Quema está a 7.549°N Latitud, 80.527°W Longitud en este estudio.

### 3.2 Fallas Cuaternarias

La evidencia de la presencia de fallas que han sido sísmicamente activas en el Periodo Cuaternario (los últimos 1.8 millones de años) es común en la región que rodea el sitio. Las varias fallas y zonas de fallas con una compensación demostrada de edad del cuaternario han sido cartografiadas dentro de un radio de 150 km del sitio del Proyecto Cerro Quema, con varias que podrían tener evidencia de ruptura de la superficie en la Época del Holoceno (últimos 10,000 años) (Tabla 2).

**Tabla 2: Mayores Fallas Activas del Pleistoceno y Holoceno y el Terremoto Máximo Creíble Estimado (MCE por sus siglas en inglés) 150 km dentro del sitio del Proyecto Cerro Quema, Panamá**

Falla o Zona de Falla (FZ) <sup>1</sup>	Identificación de Falla <sup>1</sup>	Distancia Aproximada del Sitio (km) <sup>2</sup>	Largo Total (km) <sup>3</sup>	Dirección/ Buzamiento de la Falla <sup>4</sup>	Sentido del Deslizamiento de la Falla <sup>5</sup>	El Más Reciente Desplazamiento Prehistórico <sup>6</sup>	Tasa de Deslizamiento Promedio Estimado (mm/año) <sup>7</sup>	EQ Máximo Creíble (MCE) (M <sub>max</sub> ) <sup>8</sup>
Sin nombre	PA-11b	12	37	N71W/NE	Normal, oblicuo-normal	No se sabe. Probablemente Cuaternario (<1.6 Ma)	< 1	6.8
Azuero-Soná	PA-11a	18	197	N61W/NE	Deslizamiento hacia el rumbo, lateral izquierdo	Cuaternario (<1.6 Ma), posible Holoceno (<15 ka)	< 5 <sup>(b)</sup>	7.5
Sin nombre	PA-11b	19	23.8	N71W/SW	Normal, oblicuo-normal	No se sabe. Probablemente Cuaternario (<1.6 Ma)	<1	6.7
Rio Flores	PA-10a	39	112	N75°E/NW	Normal, oblicuo-normal	Cuaternario (<1.6 Ma)	No se sabe	7.2
Sur de Panamá	PA-21	57	516	N88W	Deslizamiento hacia el rumbo, lateral izquierdo	Holoceno o post-glacial (<15 ka)	> 5	7.7
Sin nombre	PA-10c	62	54	N48E/NW	Normal	Cuaternario (<1.6 Ma)	No se sabe	7.1
Sin nombre	PA-10b	65	56	N71E/NW	Normal	Cuaternario (<1.6 Ma)	No se sabe	7.0
Sin nombre	PA-10b	68	123	N71E/SE	Normal	Cuaternario (<1.6 Ma)	No se sabe	7.3

Falla o Zona de Falla (FZ) <sup>1</sup>	Identificación de Falla <sup>1</sup>	Distancia Aproximada del Sitio (km) <sup>2</sup>	Largo Total (km) <sup>3</sup>	Dirección/ Buzamiento de la Falla <sup>4</sup>	Sentido del Deslizamiento de la Falla <sup>5</sup>	El Más Reciente Desplazamiento Prehistórico <sup>6</sup>	Tasa de Deslizamiento Promedio Estimado (mm/año) <sup>7</sup>	EQ Máximo Creíble (MCE) (M <sub>max</sub> ) <sup>8</sup>
Sin nombre	PA-10d	80	37	N59E/SE	Normal	Cuaternario (<1.6 Ma)	No se sabe	6.9
Cinturón Deformado del Sur de Panamá	PA-09	93	555	N74W/S	Transversal	Probablemente Holoceno o post-glacial (<15 ka)	1-5	7.5
Coiba Sur	PA-07b	98	138	N62W	Deslizamiento oblicuo normal, probablemente lateral izquierdo	Cuaternario (<1.6 Ma)	No se sabe	7.3
Coiba Central	PA-07a	102	85	N64W	Deslizamiento oblicuo normal, probablemente lateral izquierdo	Cuaternario (<1.6 Ma)	No se sabe	7.1
Sección Sin Nombre	PA-05b	141	60	N64W/NE	Deslizamiento normal hacia el rumbo, lateral izquierdo	Cuaternario (<1.6 Ma)	No se sabe	7.1
Sección Sin Nombre	PA-06b	149	14	N50W/SW	Normal	Cuaternario (<1.6 Ma)	No se sabe	6.7

Notas:

- Los nombres y las identificaciones de las fallas y las zonas de fallas fueron tomadas de Cowan et al. (1998).
- Distancia aproximada del mapa del sitio del Proyecto Cerro Quema (7.55529°N, 80.529998°W) a la traza de la falla sobreyacida sobre Google Earth™ (de Cowan et al., 1998).
- El largo con base en los largos totales de las fallas y los segmentos de las fallas como indicado en Cowan et al., 1998.
- Dirección y buzamiento de la Falla tomados de Cowan et al. (1998).
- Sentido del deslizamiento de la falla tomado de Cowan et al. (1998).
- Edad de los desplazamientos pre-históricos más recientes tomados de Cowan et al. (1998) y complementado con Cowan (2001) y comunicación personal con E. Gath (2013). ka = mil años; Ma = millón años.
- Tasa promedio estimadas del deslizamiento tomados de Cowan et al. (1998). Los datos de Cowan (2001) se denota con <sup>(b)</sup>.
- Las magnitudes MCE fueron calculadas usando las relaciones de ruptura de falla vs. magnitud de terremoto de Wells y Coppersmith (1994), Anderson et al. (1996), y Hanks y Bakun (2002).

Las siguientes secciones proporcionan información sobre las fallas principales que se consideran capaces de generar un terremoto fuerte sacudiendo al sitio del Proyecto Cerro Quema.

### 3.2.1 Zona de Falla Azuero-Soná (PA-11a)

La zona de la falla Azuero-Soná se encuentra a unos 18 km al suroeste de la propuesta instalación del patio de lixiviación (HLF por sus siglas en inglés) en el sitio de la mina Cerro Quema (Figuras 1 y 2). La ruptura de la superficie más reciente para la zona de falla Azuero-Soná con dirección noroeste, lateral izquierdo, es estimada por Cowan et al. (1998) ser de edad Cuaternaria, pero puede ser del Holoceno y con intervalos de recurrencia de menos de 1,000 años para los eventos más grandes (M<sub>Max</sub>; Cowan, 2001). Gath (comunicación personal) también ha sugerido que la falla Azuero-Soná puede tener una tasa promedio de deslizamiento tan alta como de 10 mm/año. Se debe evaluar más la zona de la falla

Azuero-Soná con respecto a su potencial de ruptura de la superficie y a su generación de terremotos grandes en cualquier futuro análisis de riesgos sísmicos específicos del sitio.

### **3.2.2 Falla(s) Sin Nombre (PA-11b)**

La Falla (s) PA-11b están cartografiadas como fallas normales con buzante nor-noreste y sur-sureste que son oblicuas a la falla Azuero-Soná y se funden con la falla en su extensiones occidentales (Figuras 1 y 2). Un terremoto generado por la falla de buzante norte puede ser ubicado 7 km dentro del sitio de la mina en su acercamiento más cercano.

### **3.2.3 Zona de Falla del Sur de Panamá (PA-21)**

La zona de la falla del Sur de Panamá (SPFZ) está ubicada a unos 57 km al sur del sitio planeado Proyecto Cerro Quema. Esta forma parte del límite norteño del cinturón deformado del Sur de Panamá (SPDB por sus siglas en inglés, PA-09). Mientras el SPDB acomoda el acortamiento entre la Placa Nazca y el margen continental sur de Panamá, el SPFZ (en adición a la falla Azuero-Soná) toma un movimiento paralelo al límite a lo largo del istmo de Panamá (Cowan, et al. 1998).

Se estima por Cowan et al. (1998) que el movimiento más reciente de la zona de falla rumbo-deslizante, lateral izquierda del Sur de Panamá, es del Holoceno. Cowen et al. (1998) también atribuyeron algunos terremotos grandes recientes al SPFZ, de tal forma que la última ruptura de la superficie dentro de la zona de falla fuera de la costa pudiera haber ocurrido tan recientemente como en 1913.

### **3.2.4 Lineamiento Cerca del Sitio del Proyecto Cerro Quema**

Durante la revisión por Golder de la imagerie disponible en Google Earth™, se observó un lineamiento estructural continuo bien desarrollado dentro del valle donde está el sitio de la HLF propuesta, aproximadamente 1 km al sur del Tajo La Pava. Los datos geofísicos proporcionados por PRO también indican una anomalía importante a lo largo de este lineamiento estructural. Corral et al. (2011) cartografió la Falla Río Joaquín a lo largo de la línea del lineamiento y anomalía geofísica. Mientras la Falla Río Joaquín ha sido cartografiada de la modelación estructural de los depósitos minerales y dentro de la geología del lecho de roca, no se sabe la edad del último desplazamiento de la falla superficial. Actualmente, hay pocos datos disponibles para evaluar las actividades de esta estructura geológica local importante, la que sí está activa sísmicamente, aumentará los riesgos sísmicos estimados para el sitio.

## **4.0 ANÁLISIS DETERMINISTA DE LOS RIESGOS SÍSMICOS**

### **4.1 Método**

Un análisis determinista de los riesgos sísmicos (DSHA por sus siglas en inglés) usa registros sísmicos históricos e instrumentales y datos geológicos para generar estimaciones discretas, de valor singular de los movimientos del suelo en el sitio. Se utilizan comúnmente estas estimaciones de valor solo en los análisis sísmicos y en el diseño de estructuras grandes que a veces son de misión crítica, tal como

presas de jales y embalses, patios de lixiviación y taludes del tajo. Típicamente, se usan los valores media para el análisis y diseño de estructuras que tenga baja consecuencia de falla, mientras que típicamente se usan los valores del 84<sup>o</sup> percentil para estructuras que tenga alta consecuencia de falla.

El DSHA usa el concepto de terremoto máximo creíble (MCE por sus siglas en inglés). El MCE es el terremoto más grande que parece posible a lo largo de una falla conocida o dentro de una provincia tectónica definida geográficamente, bajo el marco tectónico conocido o supuesto actualmente. Se da poca consideración al intervalo de recurrencia del terremoto, el que podría variar de al menos de cien años a más de diez mil años, dependiendo del ambiente geológico que rodea el sitio. Típicamente, una falla activa que se considera en un DSHA es una que ha demostrado una compensación dentro del Holoceno y/o Época del Pleistoceno Tardío (aproximadamente los últimos 130,000 años). Pocos datos son disponibles para evaluar las historias de las rupturas del Pleistoceno Tardío de las estructuras cartografiadas en la Península Azuero. Debido a que la Microplaca Panamá forma un margen tectónico que es activo sísmicamente y geológicamente, la falla y otras estructuras geológicas cartografiadas por Cowen et al. (1998) se asumen como las fallas sísmicamente capaces para el propósito de esta evaluación.

Como es típico en un DSHA, uno o más MCEs están especificados por la magnitud y ubicación con respecto al sitio. En las áreas que están activas tectónicamente como el sur de Panamá, se asumen que los terremotos importantes son generados por el movimiento a lo largo de las fallas cartografiadas, y por la parte de la falla más cercana al sitio del proyecto. Los lugares de los movimientos de suelo, normalmente están estimados por el desplazamiento a lo largo de una falla conocida, con una magnitud de MCE especificada ( $M_{max}$ ), a una distancia de la fuente-al-lugar, y las condiciones del suelo del sitio.

## 4.2 Análisis Determinístico para Cerro Quema

Los valores PGA determinísticos para el sitio del Proyecto Cerro Quema fueron desarrollados en este estudio de la colección, revisión, y análisis de las ubicaciones de las 12 fallas activas cuaternarias (Figura 1). Seleccionamos las fallas cuaternarias para el DSHA porque hay pocos datos para distinguir entre las fallas activas del Holoceno, Cuaternario y Cuaternario Tardío. Muchas de las fallas tienen suficiente información para identificarlas solamente como del Cuaternario, aunque un estudio más detallado podrá indicar actividad más reciente.

La Tabla 2 lista los valores MCE de cada una de las 12 fuentes de falla que son medias aritméticas de valores de magnitud calculadas como una función de varios parámetros de falla tales como el largo de la subsuperficie, ángulo de buzamiento, ancho y largo de la ruptura, desplazamiento de la falla, y tasa promedio del desplazamiento (Hanks & Kanamori, 1979; Wells & Coppersmith, 1994; Anderson et al., 1996; y Hanks & Bakum, 2002). Se calcularon los valores de PGA del sitio como la media geométrica de cuatro ecuaciones de predicción de movimientos del suelo (GMPE por sus siglas en inglés) desarrolladas



por Abrahamson & Silva (2008), Boore & Atkinson (2008) Campbell & Bozorgnia (2008) y Chiou & Youngs (2008). Estos GMPEs predicen las aceleraciones espectrales de los terremotos como función de la magnitud de terremotos, tipo de falla, distancia entre la fuente-al-lugar y las condiciones del suelo del sitio. La Tabla 3 lista los valores de PGA mediana y del 84º percentil que se esperan para los sitios de suelo denso y/o roca débil para estas 12 fallas activas.

**Tabla 3: Valores Estimados de Aceleración Máxima del Suelo (PGA) de las Fuente de Fallas Activas a unos 150 km (93 mi) dentro del Sitio del Proyecto Cerro Quema, Panamá**

Falla o Zona de Falla (FZ) <sup>1</sup>	Identificación de la Falla <sup>1</sup>	Distancia Aproximada del Sitio del Proyecto (km) <sup>2</sup>	Terremoto Máximo Creíble (Mmax) <sup>3</sup>	Mediana PGA (50ª percentil) (g) <sup>4</sup>	Mediana PGA + 1σ (84ª percentil) (g) <sup>4</sup>
Sin nombre	PA-11b	12	6.8	<b>0.24</b>	<b>0.41</b>
Azuero-Soná	PA-11a	18	7.5	<b>0.20</b>	<b>0.34</b>
Sin nombre	PA-11b	19	6.7	<b>0.12</b>	<b>0.21</b>
Rio Flores	PA-10a	39	7.2	0.08	0.14
Sur de Panamá	PA-21	57	7.7	0.09	0.15
Sin nombre	PA-10c	62	7.1	0.05	0.08
Sin nombre	PA-10b	65	7.0	0.04	0.07
Sin nombre	PA-10b	68	7.3	0.05	0.08
Sin nombre	PA-10d	80	6.9	0.03	0.06
Cinturón Deformado de Panamá Sur	PA-09	93	7.5	0.05	0.08
Coiba Sur	PA-07b	98	7.3	0.04	0.07
Coiba Central	PA-07a	102	7.1	0.03	0.06
Sin nombre	PA-05b	141	7.0	0.02	0.03
Sin nombre	PA-06b	149	6.6	0.01	0.02

Notas:

1. Los nombres e identificaciones de las fallas y las zonas de falla fueron tomados de Cowan et al., 1998.
2. Distancia aproximada del mapa del sitio del Proyecto Cerro Quema (7.55529° N., 80.529998°W) a la traza de la falla sobreyacida sobre Google Earth™ (de Cowen et al., 1998)
3. El largo con base en los largos totales de las fallas y los segmentos de las fallas como indicado en Cowen et al., 1998.
4. Las magnitudes MCE fueron calculadas usando las relaciones de ruptura de falla vs. magnitud de terremoto de Wells y Coppersmith (1994), Anderson et al. (1996), y Hanks y Bakun (2002).

## 5.0 ESTIMACIONES PROBABILÍSTICAS DE PGA

El análisis probabilístico de los riesgos sísmicos (PSHA por sus siglas en inglés) es usado frecuentemente para estimar los movimientos sísmicos en regiones y en sitios (e.g., McGuire, 2004). El PSHA proporciona una estimación probabilística (frecuencia anual de excedencia) para los movimientos sísmicos especificados. Los movimientos sísmicos pueden ser estimaciones de PGA, como se requiere a menudo para los análisis de estabilidad de patio de lixiviación y presas, para las aceleraciones

espectrales (aceleraciones a una frecuencia especificada); como se utilizan comúnmente en la mayoría de los códigos de construcción moderna.

El PSHA desarrollado en 1999 por el Proyecto Global de Evaluación de los Riesgos Sísmicos (GSHAP, 1999) proporciona una estimación generalizada de PGA para todo el mundo. Los valores de PGA de los 475 años para el sitio del Proyecto Cerro Quema pueden ser interpretados de este mapa, y, también se pueden estimar los periodos de retorno de 2,475 años como el doble del valor de los 475 años. Los valores estimados de PGA se listan en la Tabla 4 a continuación.

**Tabla 4: PGA de Roca Débil para Periodos de Retorno Seleccionados en el Sitio del Proyecto Cerro Quema, Panama<sup>1</sup>**

Probabilidad de Excedencia (Años de Periodo de Retorno)	PGA (g)
10% en 50 años (475)	0.24
2% en 50 años (2,475)	0.48

Notas:

<sup>1</sup> Los valores fueron derivados usando el Mapa de Riesgos Sísmicos Globales de GSHAP 1999 para un sitio con  $V_{s,30}$  de 760 m/seg a la ubicación 7.555°N, 80.530°W.

<sup>2</sup> El valor de PGA para el periodo de retorno de 2,475 años interpolado como dos veces el valor de PGA con un periodo de retorno de 475 años.

## 6.0 CONCLUSIONES

El sitio del Proyecto propuesto Cerro Quema se encuentra dentro de una región de relativamente alta actividad histórica de terremotos al norte del Cinturón Deformado del Sur de Panamá. Al menos 192 terremotos mayores de **M** 3.0 han ocurrido a unos 150 km dentro del sitio del proyecto desde finales del siglo 17. Hay 12 posibles fallas cuaternarias activas (<1.8 Ma) cartografiadas a 150 km dentro del sitio del proyecto, y 3 de ellas están ubicadas dentro de unos 40 km.

Un análisis determinístico de los riesgos sísmicos indica que las Fallas Sin Nombre (PA-11b) y la zona de fallas Azuero-Soná (PA-11a) son las fuentes de falla activa más importantes cartografiadas debido a que desarrollan los valores de PGA más grandes al sitio propuesto para el proyecto Cerro Quema. Los valores PGA tienen base en los terremotos de **M** 6.9 and **M** 7.5 de estas dos fuentes, respectivamente. Usando la media geométrica de cuatro GMPE ponderadas por igual, el valor de la media del PGA (50<sup>a</sup> percentil) para afloramientos de roca/suelos muy densos ( $V_{s,30} = 760$  m/s) para el sitio son 0.24 g y 0.20 g para los terremotos de **M** 6.9 and **M** 7.0, respectivamente.

El análisis probabilístico del sitio indica un valor de PGA de alrededor de 0.24 g y 0.48 g para los periodos de retorno de 475 y 2,475 años, respectivamente. Los resultados del DSHA y el PSHA indican que la estimación de PGA para los 475 años y la estimación determinista media son equivalente a 0.24 g. Este valor de PGA es aproximadamente el 20% mayor de lo recomendado por Knight Piésold (2005) para el diseño de terremotos en el sitio.

Las discrepancias en el valor de PGA estimado entre este y los estudios anteriores indica que se debe dar más consideración al desarrollo del diseño del valor apropiado de PGA para el diseño de factibilidad y el diseño final en el sitio del proyecto. Se justifica un análisis más detallado debido al registro histórico de sacudimiento de fuertes terremotos, la ubicación de fallas importantes conocidas a unos 40 km dentro del sitio del proyecto, y el lineamiento observado 1 km al sur dentro del sitio propuesto de la mina. Este lineamiento a aproximadamente 1 km dentro del proyecto puede ser asociado con la Falla Río Joaquín, y debe ser evaluado por su ruptura de la superficie de la falla y su potencial de riesgo de sacudimiento de terremotos muy fuertes.

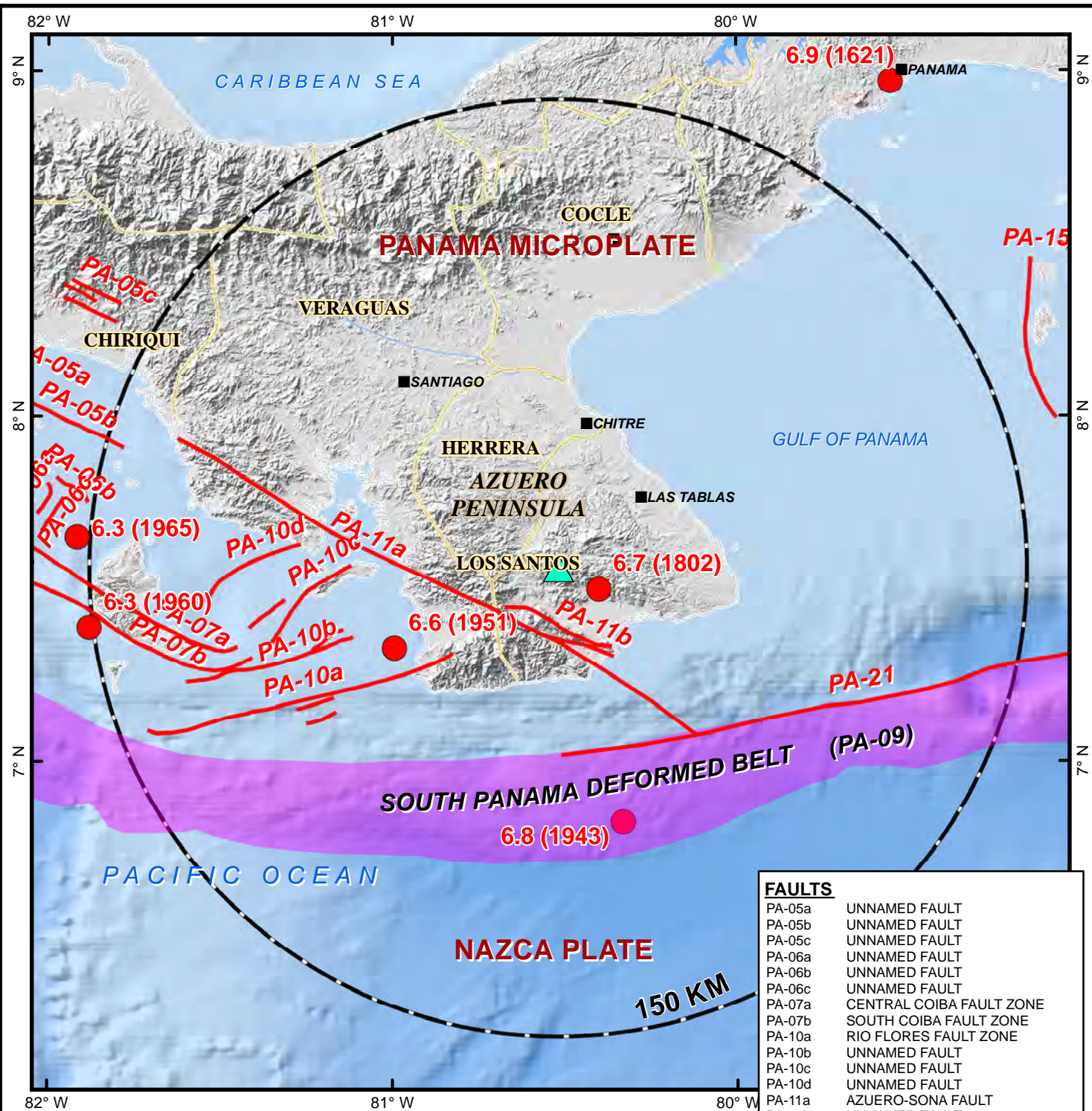
## 7.0 REFERENCIAS





- Anderson, J.G., Wesnousky, S.G., and Stirling, M.W., 1996, Earthquake size as a function of fault slip rate: Bulletin of the Seismological Society of America, v. 86, no. 3, p. 683-690.
- Cowan, H., Machette, M.N., Haller, K.M. and Dart, R.L., 1998, Map and Database of Quaternary Faults and Folds in Panama and its Offshore Regions, A project of the International Lithosphere Program Task Group II-2, Major Active Faults of the World, USGS OFR 98-779.
- Cowan, H., 2001, Design earthquakes for the southeast area of the Canal Basin, Panama, Report no. HC-ACP-01, 28pp, issued March 23, 2001.
- Gath, E., 2013, Comunicacion personal con respecto a la Falla Azuero-Soná, 11 Nov. 2013.
- Giardini, D., Grunthal, G., Shedlock, K. and Zhang, P., 1999, Global Seismic Hazard Map, Global Seismic Hazard Assessment Program (GSHAP), available online at:  
<http://www.seismo.ethz.ch/static/GSHAP/global/>
- Hanks, T.C., and Bakun, W.H., 2002, A Bilinear Source-Scaling Model for M-log A Observations of continental Earthquakes Bulletin of the Seismological Society of America, v. 92, no. 5, p. 1841-1846.
- Hanks, T.C. and Kanamori, H., 1979, Moment magnitude scale, Journal of Geophysical Research v.84, no. B5, p. 2348-2350
- ISC-GEM, 2013. International Seismological Center Global Earthquake Model Catalog. Version 1.03, dated June 11, 2013. Available at <http://www.isc.ac.uk/>
- Kellogg, J.N. and Vega, V., 1995, Tectonic development of Panama, Costa Rica, and the Colombian Andes: Constraints from global positioning system geodetic studies and gravity, Geological Society of America Special Paper 295.
- Knight Piésold, 2005, Cerro Quema Project, Seismic Hazard Assessment, Prepared for RNC Gold, Inc., Project DV20200018.02, dated February 1, 2005.
- McGuire, R., 2004, Seismic Hazard and Risk Analysis, Earthquake Engineering Research Institute, MNO-10.
- PERSHIMCO Resources Inc., 2013. Fact Sheet available at <http://www.pershimco.ca/s/FactSheet.asp> dated July 2013.
- P & E Consultants, 2012. Technical Report and Mineral Resource Estimate on the Cerro Quema Project, Los Santos Province, Panama, Report N°251 prepared for PERSHIMCO Resources Inc., dated November 2, 2012.
- Scott Wilson Roscoe Postle Associates Inc., 2010. Technical Report on the Cerro Quema Project, Panama prepared for PERSHIMCO Resources Inc., dated September 10, 2010.
- Wells, D.L., and Coppersmith, K.J., 1994, New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement, Bulletin of the Seismological Society of America, v. 84, no. 4, p. 974-1002.

## FIGURAS



MAPProjects\OLD Projects\013 Jobs\013-00709 Cerro Quema Mine\GIS Data\Documents\01300709-01\_RegBaseMap.mxd, 1/14/2014, 01:08 PM by kkavli



- LEGEND**
-  PROJECT SITE LOCATION
  -  CITY
  - EPICENTERS**
  -  MAGNITUDE (YEAR OF EARTHQUAKE)
  -  REGIONAL FAULTS AND FAULT IDENTIFICATION FROM COWAN ET AL., 1998 (SEE NOTE 3)

#### REFERENCES

1. COORDINATE SYSTEM: NAD 1983 UTM Zone 17N
2. INTERNATIONAL SEISMOLOGICAL CENTER GLOBAL EARTHQUAKE MODEL CATALOG (ISC-GCM)
3. USGS MAP AND DATABASE OF QUATERNARY FAULTS AND FOLDS IN PANAMA AND ITS OFFSHORE REGIONS (COWEN ET AL, 1998)

#### FAULTS

PA-05a	UNNAMED FAULT
PA-05b	UNNAMED FAULT
PA-05c	UNNAMED FAULT
PA-06a	UNNAMED FAULT
PA-06b	UNNAMED FAULT
PA-06c	UNNAMED FAULT
PA-07a	CENTRAL COIBA FAULT ZONE
PA-07b	SOUTH COIBA FAULT ZONE
PA-10a	RIO FLORES FAULT ZONE
PA-10b	UNNAMED FAULT
PA-10c	UNNAMED FAULT
PA-10d	UNNAMED FAULT
PA-11a	AZUERO-SONA FAULT
PA-11b	UNNAMED FAULT
PA-15	UNNAMED FAULTS EAST OF THE PANAMA DEFORMED BELT
PA-21	SOUTHERN PANAMA FAULT ZONE

40 0 40  
KILOMETERS

PROJECT **CERRO QUEMA PROJECT - PRE-FEASIBILITY STUDY**  
**PERSHIMCO RESOURCES INC.**  
AZUERO PENINSULA, PANAMA

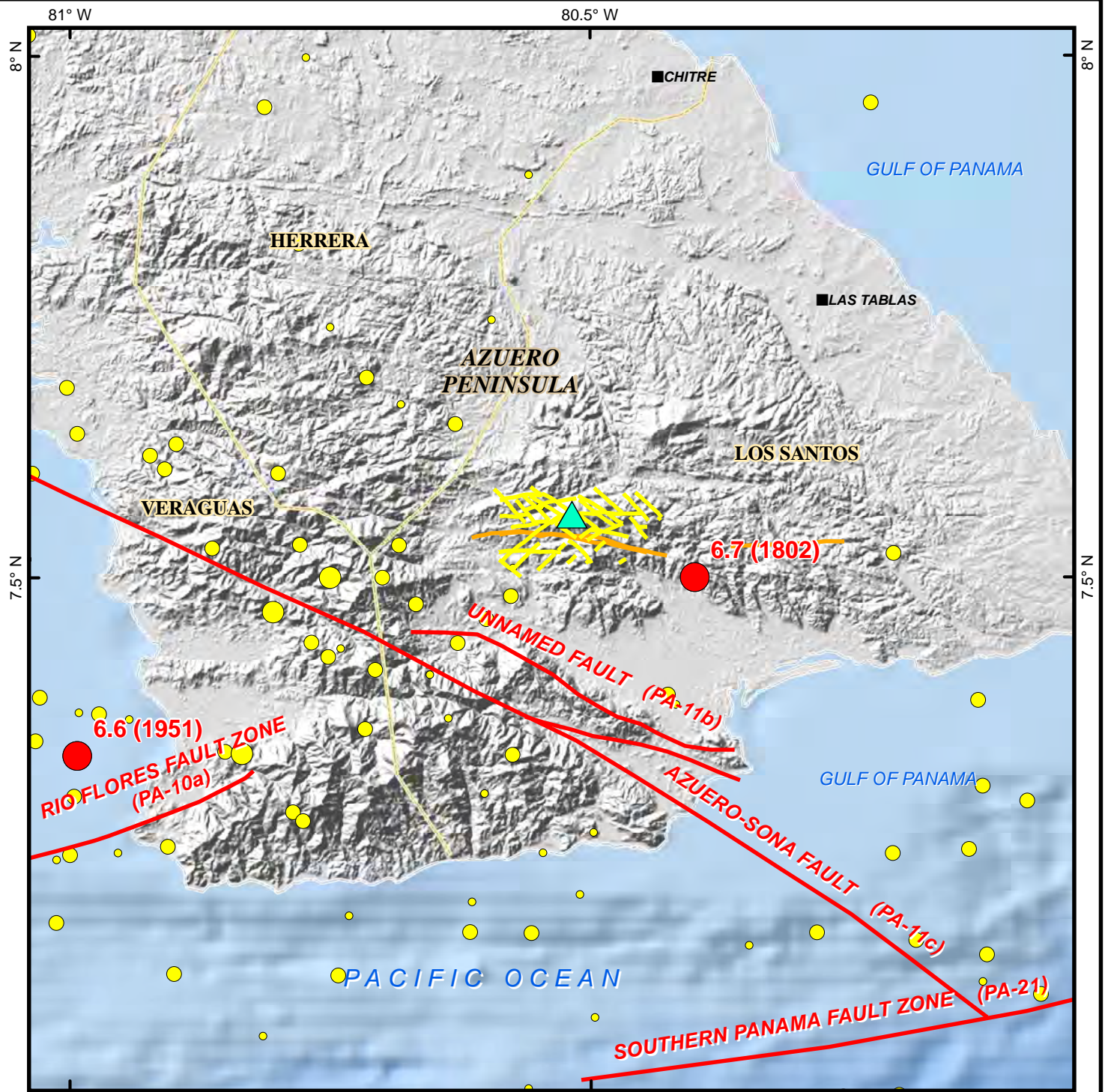
TITLE **MAJOR REGIONAL**  
**TECTONIC STRUCTURES AND LARGE**  
**HISTORICAL EARTHQUAKES > M6.0**



PROJECT NO. 013-00709	FILE No. 01300709-01_RegBaseMap.mxd
DESIGN DL 11/8/2013	SCALE: AS SHOWN REV. 0
GIS KJK 1/14/2014	
CHECK CV 11/8/2013	
REVIEW DL 11/8/2013	

**FIGURE 1**





## LEGEND

- PROJECT SITE LOCATION
- CITY
- CLIENT-PROVIDED STRUCTURE BASED ON GEOPHYSICAL STUDY (2012)
- LINEAMENT SOUTH OF PROJECT SITE (GAL 2013)
- KNOWN QUATERNARY ACTIVE FAULTS FROM COWEN ET AL. (1998)

## EPICENTERS MAGNITUDE

- < 4.0
- 4.0 - 4.9
- 5.0 - 5.9
- > 6.0 MAGNITUDE (YEAR OF EARTHQUAKE)

6.3 (1960)

## REFERENCES

1. COORDINATE SYSTEM: WGS 1984 UTM Zone 17N
2. INTERNATIONAL SEISMOLOGICAL CENTER GLOBAL EARTHQUAKE MODEL CATALOG (ISC-GCM)
3. USGS MAP AND DATABASE OF QUATERNARY FAULTS AND FOLDS IN PANAMA AND ITS OFFSHORE REGIONS (COWEN ET AL, 1998)

PROJECT  
**CERRO QUEMA PROJECT - PRE-FEASIBILITY STUDY**  
**PERSHIMCO RESOURCES INC.**  
AZUERO PENINSULA, PANAMA

TITLE  
**PRIMARY QUATERNARY FAULTS**  
**AND HISTORICAL EARTHQUAKES**  
**SURROUNDING THE PROJECT SITE**



PROJECT NO. 013-00709			FILE No. 01300709-02_FaultMap.mxd	
DESIGN	DL	11/8/2013	SCALE: AS SHOWN	REV. 0
GIS	KJK	1/14/2014		
CHECK	CV	11/8/2013		
REVIEW	DL	11/8/2013		

**FIGURE 2**

10 0 10  
KILOMETERS



**APÉNDICE E**  
**SISTEMA DE TUBERÍAS DE COLECCIÓN DE SOLUCIÓN POR GRAVEDAD**

**APÉNDICE E1**  
**CÁLCULOS DE MEDICIÓN DE LA TUBERÍA DE COLECCIÓN**  
**DE SOLUCIÓN POR GRAVEDAD**

**Fecha:** Enero de 2014  
**Número de Proyecto:** 1300709  
**Asunto:** Cálculos de Medición de la Tubería de Colección de Solución por Gravedad  
**Título Corto del Proyecto:** Estudio de Pre-factibilidad del Proyecto Cerro Quema

**Hecho por:** CMJ  
**Comprobado por:** CJM  
**Revisado por:** GRT

## 1.0 Objetivos

Los siguientes objetivos se basan en las condiciones de diseño final del la HLF de Pershimco a una altura máxima de la pila de 75 metros sobre el recubrimiento:

- Calcular la capacidad máxima de la Tubería de Colección Terciaria de Corrugada de Polietileno (CPE) a 100 mm con una pendiente de diseño mínima de 1% y 20%
- Calcular la longitud máxima de la Tubería Terciaria de Colección de CPE de 100 mm con una pendiente mínima de diseño para la tuberías de 1% y 20%
- Calcular la capacidad máxima de las tuberías de colección secundarias con base en las pendientes relativas del patio
- Calcular la longitud total de las tuberías de contribución de colección terciarias de un dado diámetro y calificación DR de tubería de colección secundaria

## 2.0 Referencias

A - Gupta (2001), *Hydrology and Hydraulic Systems (Hidrología y Sistemas de Hidráulica)*, Ram S. Gupta, Waveland Press, Inc., Edición Segundo, 2001. Página 541, Ecuación 10.14.  
 B - McWhorter, D.B. and D.K. Sunada, 1997 *Ground Water Hydrology and Hydraulics (Hidrología de Agua Superficial e Hidráulica)*

## 3.0 Descripción del Proyecto

Ver el reporte para la descripción detallada del proyecto y el diseño propuesto.

## 4.0 Cálculos de Capacidad de Tubería

**Fórmula de Manning para Flujo por Gravedad (Referencia A):**

$$Q = \frac{1.486A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n}$$

Donde:

Q (flujo, cfs) =	Varía	
A (Área de Flujo, ft²) =	Varía	
R (Radio hidráulico, ft) =	Varía	
S <sub>1</sub> (Inclinación de la Tubería, %) =	1.0%	(Pendiente mínima de diseño)
S <sub>20</sub> (Inclinación de la Tubería, %) =	20.0%	
n <sub>CPE</sub> (Coeficiente de Rugosidad de Manning) =	0.012	(Asumido para solamente el CPE)
n <sub>HDPE</sub> (Coeficiente de Rugosidad de Manning) =	0.017	(Asumido para las tuberías envejecidas y escaladas)
Reducción del Diámetro de Flujo Debido al Escalamiento (mm) =	1.0	(Asumido solamente para el escalamiento en HDPE)

## 5.0 Capacidad de Flujo del Sistema de Tuberías de Colección de Solución

### 5.1 Capacidad de Flujo del Sistema de Tubería de Colección de Solución con una Pendiente de la Tubería de 1.0%

Tipo de Tubería de Colección	Diámetro Interior de la Tubería Nueva (in)	Diámetro Interior Reducido de la Tubería Vieja (in)	Área Reducida (ft²)	Radio Hidráulico Reducido (ft)	Flujo Completo Reducido Q (m³/hr)	Flujo de Medio Lleno Q (m³/hr)
100 mm CPE	4.1	4.1	0.09	0.09	22	11
250 mm CPE	9.9	9.9	0.53	0.21	236	118
250 mm HDPE DR11	8.7	7.7	0.32	0.16	84	-
250 mm HDPE DR17	9.4	8.4	0.39	0.18	108	-
300 mm HDPE DR11	10.3	9.3	0.47	0.19	140	-
300 mm HDPE DR17	11.2	10.2	0.56	0.21	178	-
450 mm HDPE DR11	14.5	13.5	1.00	0.28	383	-
450 mm HDPE DR17	15.8	14.8	1.19	0.31	482	-
600 mm HDPE DR11	19.4	18.4	1.84	0.38	865	-
600 mm HDPE DR17	21.0	20.0	2.18	0.42	1,085	-

### 5.2 Capacidad de Flujo del Sistema de Tubería de Colección de Solución con una Pendiente de la Tubería de 20.0%

Tipo de Tubería de Colección	Diámetro Interior de la Tubería Nueva (in)	Diámetro Interior Reducido de la Tubería Vieja (in)	Área Reducida (ft²)	Radio Hidráulico Reducido (ft)	Flujo Completo Reducido Q (m³/hr)	Flujo de Medio Lleno Q (m³/hr)
100 mm CPE	4.1	4.1	0.09	0.09	100	50
250 mm CPE	9.9	9.9	0.53	0.21	1,053	527
250 mm HDPE DR11	8.7	7.7	0.32	0.16	378	-
250 mm HDPE DR17	9.4	8.4	0.39	0.18	481	-
300 mm HDPE DR11	10.3	9.3	0.47	0.19	628	-
300 mm HDPE DR17	11.2	10.2	0.56	0.21	797	-
450 mm HDPE DR11	14.5	13.5	1.00	0.28	1,711	-
450 mm HDPE DR17	15.8	14.8	1.19	0.31	2,155	-
600 mm HDPE DR11	19.4	18.4	1.84	0.38	3,868	-
600 mm HDPE DR17	21.0	20.0	2.18	0.42	4,854	-

**Fecha:** Enero de 2014  
**Número de Proyecto:** 1300709  
**Asunto:** Cálculos de Medición de la Tubería de Colección de Solución por Gravedad  
**Título Corto del Proyecto:** Estudio de Pre-factibilidad del Proyecto Cerro Quema

**Hecho por:** CMJ  
**Comprobado por:** CJM  
**Revisado por:** GRT

## 6.0 Cálculo de Espacio Máximo de las Tuberías Terciarias



**Ecuación de Espacio entre las Tuberías de Colección de Drenaje (Referencia B):**

$$L = \left[ (H_{max}^2 - H_0^2) * \left( \frac{4k}{W} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

W (tasa máxima de aplicación de solución, l/hr/m²)	12.0	Promedio de 350 mm entre las tuberías
k (conductividad hidráulica de la capa de drenaje, cm/s)	1.00E-02	
k (conductividad hidráulica de mineral, cm/s)	5.00E-03	
H <sub>max</sub> (cabeza hidráulica máxima permisible sobre el recubrimiento, mm)	600	
H <sub>0</sub> (cabeza hidráulica sobre el recubrimiento a la tubería terciaria, mm)	0	

**Capa de Grava de Drenaje (Pendientes más planas que del 20%)**

Espesor de la Capa de Drenaje (mm)	Conductividad Hidráulica de la Capa de Drenaje		Tasa de Aplicación de Solución		Espacio de Tuberías Terciarias L (m)	Espacio Máximo de Diseño, L <sub>espacio</sub> (m)
	k (cm/s)	k (ft/s)	W (l/hr/m²)	W (cfs/ft²)		
700	1.00E-02	3.28E-04	12.0	1.10E-05	7.7	5

**Apilamiento directo de mineral (Pendientes más pronunciadas que del 20%)**

Cabeza Máxima (mm)	Conductividad Hidráulica de la Capa de Drenaje		Tasa de Aplicación de Solución		Espacio de las Tuberías Terciarias L (m)	Espacio Máximo de Diseño, L <sub>espacio</sub> (m)
	k (cm/s)	k (ft/s)	W (l/hr/m²)	W (cfs/ft²)		
600	5.00E-03	1.64E-04	12.0	1.10E-05	4.6	4

## 7.0 Cálculo Máximo de Longitud de las Tuberías Terciarias

$$Q_{Diseño} = \frac{Q}{FS} \quad L_{longitud} = \frac{Q_{diseño}}{W * L_{espacio}}$$

Donde:

### 7.1 Cálculo de Longitud Máxima de las Tuberías Terciarias con Pendiente de Tubería del 1%

Q (flujo máximo, m³/hr)	22
Q <sub>diseño</sub> (flujo de diseño, m³/hr)	11
FS (factor de seguridad de reducción de flujo)	2
W (tasa máxima de aplicación de solución, l/hr/m²)	12.0
L <sub>espacio</sub> (espacio entre las tuberías terciarias, m)	5
L <sub>longitud</sub> (longitud máxima de tuberías terciarias, m)	180

### 7.2 Cálculos de Longitud Máxima de Tuberías Terciarias con Pendiente de Tubería del 20.0%

Q (flujo máximo, m³/hr)	100
Q <sub>diseño</sub> (flujo de diseño, m³/hr)	50
FS (factor de seguridad para la reducción del flujo)	2
W (tasa máxima de aplicación de solución, l/hr/m²)	12.0
L <sub>espacio</sub> (espacio entre las tuberías terciarias, m)	4
L <sub>longitud</sub> (longitud máxima de tuberías terciarias, m)	1,040

**Fecha:** Enero de 2014  
**Número de Proyecto:** 1300709  
**Asunto:** Cálculos de Medición de la Tubería de Colección de Solución por Gravedad  
**Título Corto del Proyecto:** Estudio de Pre-factibilidad del Proyecto Cerro Quema

**Hecho por:** CMJ  
**Comprobado por:** CJM  
**Revisado por:** GRT

## 8.0 Número Máximo de Tuberías que Contribuyen a las Tuberías Secundarias y Primarias

### 8.1 Número Máximo de Tuberías que Contribuyen a las Tuberías Secundarias y Primarias con un Pendiente del 1%

Tamaño de Tubería de Colección	Capacidad Máxima (m³/hr)	Máximo de Tuberías Terciarias	Longitud Total de Tuberías Terciarias (m)
100 mm CPE	11	1	180
250 mm CPE	118	10	1,889
250 mm HDPE DR11	84	7	1,354
250 mm HDPE DR17	108	9	1,726
300 mm HDPE DR11	140	12	2,253
300 mm HDPE DR17	178	15	2,858
450 mm HDPE DR11	383	34	6,135
450 mm HDPE DR17	482	42	7,729
600 mm HDPE DR11	865	77	13,872
600 mm HDPE DR17	1,085	96	17,409

### 8.1 Número Máximo de Tuberías que Contribuyen a las Tuberías Secundarias y Primarias con una Pendiente de Tuberías del 20.0%

Tamaño de Tubería de Colección	Capacidad Máxima (m³/hr)	Máximo de Tuberías Terciarias	Longitud Total de Tuberías Terciarias (m)
100 mm CPE	50	1	1,040
250 mm CPE	527	10	10,914
250 mm HDPE DR11	378	7	7,823
250 mm HDPE DR17	481	9	9,970
300 mm HDPE DR11	628	12	13,015
300 mm HDPE DR17	797	15	16,510
450 mm HDPE DR11	1,711	34	35,447
450 mm HDPE DR17	2,155	42	44,656
600 mm HDPE DR11	3,868	77	80,152
600 mm HDPE DR17	4,854	96	100,583

**APÉNDICE E2**  
**CÁLCULOS DE INTEGRIDAD DE LAS TUBERÍA DE COLECCIÓN**  
**DE SOLUCIÓN POR GRAVEDAD**

**Fecha:** Enero de 2014

**Hecho por:** CMJ

**Número de**
**Proyecto.:** 1300709

**Comprobado por:** CJM

**Asunto:** Cálculos de Integridad de las Tuberías de Colección de Solución por Gravedad

**Revisado por:** GRT

**Título Corto**
**del Proyecto:** Estudio de Pre-Factibilidad para Cerro Quema

## 1.0 Objetivos

Los siguientes objetivos se basan en las condiciones de diseño final de la HLF de Pershimco a una altura máxima de la pila de 75 metros sobre el recubrimiento de geomembrana:

- Comprobar el potencial de pandeo de la pared de las tuberías debajo de los jales usando la Ecuación de Von Mises (Referencia A)
- Estimar la deflexión total de las tuberías HDPE usando la Fórmula Modificada de Iowa (Referencia B) y la Ecuación Modificada de Spangler (Referencia A)

## 2.0 Referencias

A - PolyPipe (2005), *Design and Engineering Guide for Polyethylene Piping* (Guía de Diseño y Ingeniería para Tubería Polietileno)

B - ASCE (2001), *Guideline for the Design of Buried Steel Pipe (Pauta para el Diseño de Tubería de Acero Enterrado)*, (publicado por www.americanlifelinesalliances.org), Julio 2001.

## 3.0 Descripción del Proyecto

Ver el Reporte de Diseño para una descripción detallada del proyecto y el diseño propuesto.

## 4.0 Cálculos de Integridad de la Tubería

### 4.1 Pandeo de la Pared de la Tubería

Para evaluar el potencial de las tuberías de deformarse a una manera irregular, se realizó un análisis de pandeo de pared.

La ecuación presentada a continuación calcula la resistencia crítica de pandeo de la tubería y se compara a la carga total en la tubería para determinar si la tubería se va a pandear.

Ecuación de Von Mises (Referencia A, páginas C-5 a C-8)



$$P_{cb} = \frac{1}{SF} \cdot \left( \frac{2.67 \cdot R_w \cdot B \cdot E_s \cdot E}{DR^3} \right)^{1/2}$$

Donde:

$$B = \frac{1}{1 + 4e^{(-0.065H)}}$$

$$R_w = 1 - \frac{h_w}{3H}$$

### Deformación del Pandeo de la Pared

Toda la tubería (cálculos no incluyen el diámetro)

DR (relación de dimensión) =	<b>Varía</b>	
H (altura de la cobertura del suelo sobre la tubería, ft) =	varía	
B (coeficiente empírico de soporte elástico, sin dimensión) =	varía	
hw (altura de nivel freático de agua sobre la tubería, ft) =	varía	
Rw (factor de flotabilidad, sin dimensión) =	varía	(~2.0, Referencia A)
FS (factor de seguridad) =	2.0	
E (módulo de la elasticidad de la tubería, psi) =	30000	
Es (módulo de la reacción del suelo, psi) =	5000	
Pcb (resistencia de pandeo crítico, psi) =	varía	
Densidad del suelo (asumido, pcf) =	129	
Total de cargas vivas (psf) =	0	(Asumir ninguna carga viva)

Altura Máxima de Sobrecarga para Resistir el Pandeo de la Pared						
Calificación DR	Altura de Sobrecarga (ft)	B	Rw	Resistencia Total (psi)	Pcb (con FS=2.0) (psi)	FS>2?
11	250	1.00	0.67	224	225	yes
17	130	1.00	0.67	116	117	yes

### Resultados/Conclusiones

La tabla anterior presenta la altura máxima de sobrecarga de mineral para la Clasificación-DR especificada.



**Fecha:** Enero de 2014

**Hecho por:** CMJ

**Número de**
**Proyecto.:** 1300709

**Comprobado por:** CJM

**Asunto:** Cálculos de Integridad de las Tuberías de Colección de Solución por Gravedad

**Revisado por:** GRT

**Título Corto**
**del Proyecto:** Estudio de Pre-Factibilidad para Cerro Quema

## 4.2 Deflexión Vertical

Ecuación Modificada de Iowa (Referencia B, página 15)

$$\frac{\Delta y}{D} = \frac{D_l \cdot K \cdot P}{\left(\frac{EI}{R^3} + 0.061E'\right)}$$

Ecuación Modificada de Spangler (Referencia A, página C-4)

$$\Delta x = \frac{D_l \cdot K \cdot W}{\left(\frac{2E}{3(DR - 1)^3} + 0.061E'\right)}$$

Donde:

$D_l$ (factor de retraso de deflexión) =	1.0	(Referencia A)
K (constante de suelo arcilloso) =	0.1	(Referencias A y B)
P (presión en la tubería debido a la carga del suelo, psi) =	varía	
W (carga de tierra por unidad de longitud de la tubería, lbs/in) =	varía	
E (módulo de elasticidad de la tubería, psi) =	30000	(largo plazo para PE3408 HDPE; Ref A)
E' (módulos de reacción del suelo, psi) =	5000	(Ver discusión a continuación)
Densidad del suelo (asumido, pcf) =	110	(Promedio asumido)
Tamaño de tubería IPS	varía	(Referencia B)
D (diámetro exterior de la tubería, in) =	varía	(Referencia B)
R (radio exterior de la tubería, in) =	varía	
DR (relación de dimensión) =	varía	
t (espesor de la pared, in) =	varía	(Referencia B)
I (momento de inercia, in <sup>4</sup> /in) =	varía	
(EI) (rigidez de la pared de la tubería equivalente por unidad de longitud de la tubería en *lbs) =	varía	(=E*I)

### Caracterización de Módulo del Suelo

La mayoría de los manuales de diseño de tuberías recomiendan un módulo de compresión del suelo con base al grado de compactación de los rellenos de tubería. Sin embargo, las curvas de tensión-deformación para suelos son por lo general no lineales y el módulo de compresión generalmente aumenta con la presión de sobrecarga correspondiente. Usando la Referencia B, un módulo de suelo conservador **módulo de suelo (E') fue asumido de ser de 5,000 psi.**

Un resumen de los cálculos usando ambos métodos se presenta a continuación, utilizando la altura máxima admisible de sobrecarga. Los resultados indican que los resultados de ambos métodos son muy cercanos:

Deflexiones Verticales Calculadas					
Diámetro y Tipo de Tubería	Altura Máxima de Sobrecarga (m)	Iowa Modificado		Spangler Modificado	
		%	in	%	in
24-inch DR11 HDPE	76	2%	0.4	2%	0.4
24-inch DR17 HDPE	40	1%	0.2	1%	0.2

### Resultados/Conclusiones

Con base en las investigaciones actuales, para mantener la características de flujo, la deflexión de la corona debe ser menos del 15-20%.

Notas:

1. Un módulo constante de suelo fue utilizado para estos cálculos; el módulo puede aumentar cuando la presión de confinamiento aumenta; como resultado, las medidas reales de campo pueden ser menores que las deflexiones previstas/calculadas.
2. En el cálculo, ninguna deflexión retrasada fue considerada (para usar el factor de retraso de DI de 1.0). Sin embargo, después de la instalación de la tubería, la deflexión vertical puede aumentar tanto como el 30 %, sobre un periodo de 40 años (Referencia 2).

**APÉNDICE F**  
**BALANCE DE AGUA Y MEDICIÓN DE LOS ESTANQUES DE PROCESO**



## MEMORÁNDUM

**Fecha:** 25 de mayo de 2014  
**A:** Archivo del trabajo  
**De:** Chris MacMahon, Andrew Schaper  
**cc:** Russ Browne, Gene Tortelli  
**Número de Proyecto:** 1300709  
**Compañía:** Golder Associates  
**Email:**  
**ASUNTO:** **BALANCE DE AGUA DE FLUJOS DE PROCESO DE LA INSTALACIÓN DEL PATIO DE LIXIVIACIÓN MARICELA PARA EL PROYECTO CERRO QUEMA**

### 1.0 OBJETIVO

Este memorándum técnico presenta la evaluación a nivel de pre-factibilidad de los requisitos de manejo de agua para la instalación propuesta del patio de lixiviación (HLF por sus siglas en inglés) Maricela al sitio del Proyecto Cerro Quema en Panamá. El Plano G2 de los Planos de Diseño muestra el arreglo general de las instalaciones propuestas. Golder Associates Inc. (Golder) ha identificado los siguientes requisitos para la instalación:

- Volumen de almacenamiento de los estanques
- Volumen de agua de reemplazo
- Tasas de la planta de tratamiento de agua

Para tratar con estos requisitos, Golder desarrolló un balance determinista del agua para la HLF propuesta que toma en cuenta las entradas tal como la lluvia y solución de lixiviación (que incluye agua de reemplazo) así como las salidas como la evaporación y pérdida de consumo debido a la humectación de mineral.

### 2.0 DADO

Una lista completa de los criterios de diseño se presentan en el Apéndice A del Reporte de Pre-Factibilidad. Lo siguiente es una lista de resumen de los factores que se obtuvieron de la lista de criterios de diseño y se utilizaron en nuestro análisis:

- Se obtuvieron las tasas de precipitación y evaporación de bandeja del Memorándum Técnico de Clima que se presenta en el Anexo A.
- Se aplicará la solución en la pila usando rociadores y emisores de goteo. Se utilizaron los emisores de goteo durante las condiciones del año seco.
- La HLF almacenará 20 millones de toneladas (Mt) de mineral.
- La tasa de aplicación de solución nominal de lixiviación es de 10 litros por hora por metro cuadrado (l/hr/m<sup>2</sup>) y el caudal promedio de irrigación primaria utilizado en el modelo de balance de agua es de 583 m<sup>3</sup>/hr. Se utilizó el caudal máximo de irrigación primaria de 700 m<sup>3</sup>/hr para calcular el volumen de drenaje de 24 horas.
- El promedio de contenido de humedad del mineral como-sale-de-la-mina es del 5.8%.
- La retención específica del mineral es del 8.9 por ciento por peso seco.



## MEMORÁNDUM

- El tanque estéril contiene 525 m<sup>3</sup> de almacenamiento de agua

### 3.0 SUPOSICIONES

Se asumieron los siguientes factores:

- La capacidad de la Etapa 1 de la HLF será cerca de 4 millones de toneladas de mineral.
- El mineral se apilará en el patio a una tasa de 10,000 toneladas por día (tpd).
- El mineral se apilará y será lixiviado en el patio de lixiviación los 365 días al año.
- Las operaciones de lixiviación van a empezar el 1 de enero de 2016, para la Etapa 1 de la HLF
- La evaporación de la superficie inactiva de mineral se asume ser de un 75% de la tasa de evaporación de la bandeja - y se espera que la superficie entera del patio de lixiviación sea casi saturada en todo momento debido a la alta tasa mensual de precipitación.
- Se supone que la evaporación de toda la superficie de lixiviación activa sea de un 100 por ciento de la tasa de evaporación de la bandeja.
- Se supone que la evaporación de los estanques sea de un 70% de la tasa de evaporación de la bandeja.
- Se supone que la superficie la pila de mineral tiene un coeficiente de escorrentía de un 100 por ciento, ya que la superficie del mineral estará casi completamente saturada debido a las tasas altas de precipitación en la temporada de lluvia.
- Las áreas del patio de lixiviación que estén inactivas se asumen tener un número de curva del Servicio Nacional de Conservación de Recursos (NRCS por sus siglas en inglés) de 95 durante los eventos de tormenta de diseño. Se supone que las áreas de lixiviación activas y las áreas forradas expuestas del patio tengan un número de curva NRCS de 100.
- El contenido de humedad del mineral entregado tendrá un contenido de humedad ligeramente mayor en comparación a lo que sale de la mina debido a la adición de agua dulce de 1.2 m<sup>3</sup>/hr a la trituradora para control de polvo.
- En condiciones climáticas húmedas, el contenido de humedad del mineral triturado como sale de la mina es del 7.8 % por peso seco.
- En condiciones climáticas secas, el contenido de humedad del mineral triturado como sale de la mina es del 3.8% por peso seco.
- El volumen de almacenamiento mínimo de solución rica de operación es el 10,000 m<sup>3</sup> en el estanque de solución rica (que corresponde a una profundidad de 3 m).
- El estanque de solución rica tendrá un volumen de almacenamiento adecuado debajo del margen libre (1 m debajo de la cresta) para contener la suma de lo siguiente durante condiciones climáticas típicas.
  - Un drenaje de 24 horas en el patio de lixiviación debido a un evento tal como la pérdida de electricidad - se asumió que Pershimco tendrá generadores de reserva de emergencia in-situ y bombas para reanudar el bombeo a una tasa de flujo total dentro de 24 horas.
  - Un volumen operacional igual al drenaje de 24 horas del patio de lixiviación para permitir que la planta opere por 24 horas en el evento de una cesación temporal de las actividades de lixiviación.



## MEMORÁNDUM

- 110% del volumen total del Tanque Estéril (600 m<sup>3</sup>)
- El Estanque de Evento tendrá un volumen de almacenamiento adecuado abajo del margen libre (1 m debajo de la cresta) para contener la suma de lo siguiente durante condiciones climáticas típicas:
  - La acumulación de flujo promedio máximo en el Estanque de Evento. Se asume que toda la acumulación de flujos será transferido al Estanque de Evento, de este modo limitando el volumen de flujos en el Estanque de Solución Rica a 10,000 m<sup>3</sup> (volumen mínimo de operación del Estanque de Solución Rica).
- Los estanques de solución rica y de evento combinados tendrán un volumen de almacenamiento adecuado al vertedor invertido (0.5 m debajo de la cresta de los estanques) para contener la suma de lo siguiente durante condiciones climáticas típicas:
  - El evento de tormenta de 25 años, 24 horas de 148 mm cayendo al patio y estanques forrados (eventos de tormenta proporcionados en el criterio de diseño)
  - Un volumen operación igual al drenaje de 24 horas del patio de lixiviación para permitir que la planta opere por 24 horas en el evento de una cesación de actividades de lixiviación.
  - 110% del volumen total del Tanque Estéril (600 m<sup>3</sup>)
  - Un drenaje de 24 horas en el patio de lixiviación debido a un evento tal como la pérdida de electricidad - se asumió que Pershimco tendrá generadores de reserva de emergencia in-situ y bombas para reanudar el bombeo a una tasa de flujo total dentro de 24 horas.
  - Una acumulación de flujo promedio máximo en el Estanque de Evento. Se asume que toda la acumulación de flujos será transferido al Estanque de Evento, de este modo limitando el volumen de flujos en el Estanque de Solución Rica a 10,000 m<sup>3</sup> (volumen mínimo de operación en el Estanque de Solución Rica).
- Serán utilizados rociadores para aplicar lixiviación a la pila. Los rociadores evaporativos flotantes realzados serán utilizados para evaporar los flujos de exceso a lo largo de las temporadas de lluvia y de secas para que así la planta de tratamiento no requiera su uso durante condiciones climáticas de un año típico. La pérdida máxima modelada para todas los evaporativos realzados combinados es el 25 m<sup>3</sup>/hr, con base en los discusiones con Kappes, Cassiday, & Associates. Se presentan las tasas de evaporación de solución para la aplicación con rociador en la Tabla 1.



## MEMORÁNDUM

**Tabla 1: Tasas de Evaporación de Rociadores**

Mes	Tasas de Evaporación de Solución para Aplicación con Rociador (% Pérdida por la Tasa de Aplicación)
Enero	2.8
Febrero	2.3
Marzo	2.2
Abril	1.8
Mayo	1.1
Junio	1.0
Julio	1.8
Agosto	1.3
Septiembre	1.2
Octubre	1.2
Noviembre	1.6
Diciembre	2.4

- En condiciones climáticas que son más secas de lo normal, se usarán los emisores de goteo para aplicar lixiviación a la pila. No se usaran los rociadores evaporativos flotantes para reducir las pérdidas de exceso debido a la evaporación realizada.
- Las áreas forradas con geomembrana de la HLF como se indican en la Tabla 2.

**Tabla 2: Resumen de las Áreas Forradas del Patio de Lixiviación**

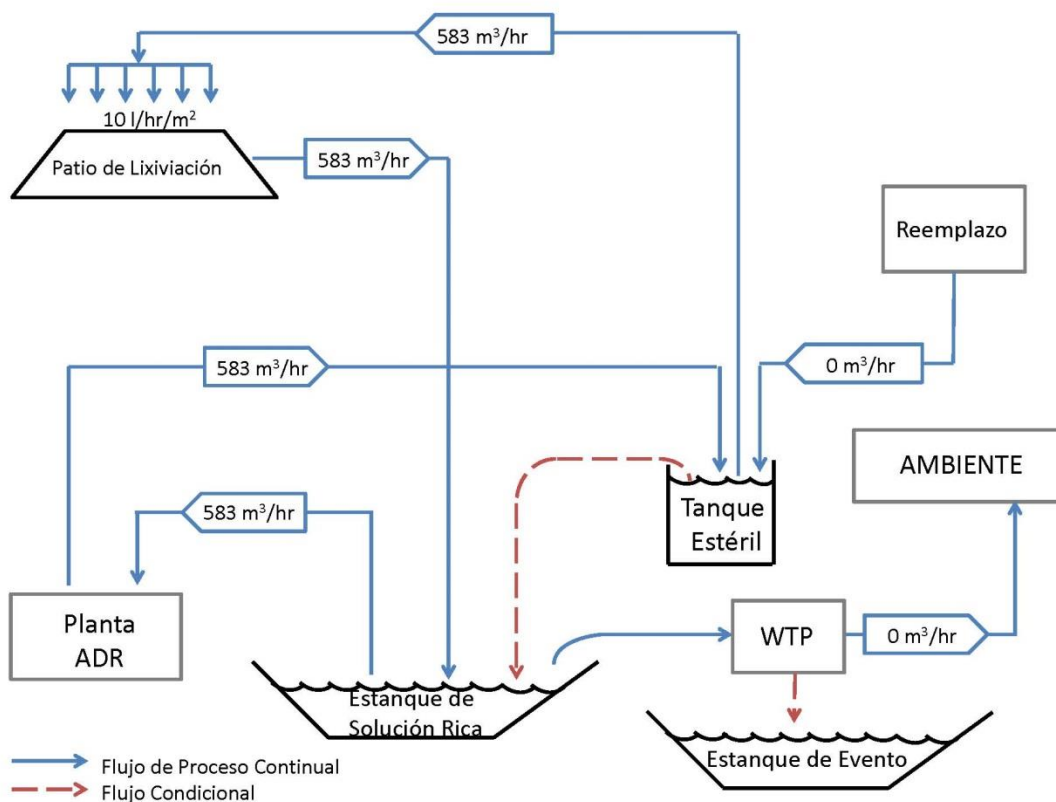
Descripción	Áreas de la Fase 1 (m <sup>2</sup> )	Áreas de la Fase 2 (m <sup>2</sup> )
Patio forrado	165,000	302,000
Forro expuesto	4,000	8,000
Estanques forrados	35,780	35,780
<b>Total</b>	<b>204,780</b>	<b>345,780</b>

- Se presenta el diagrama de flujo de proceso en la Figura 1.



## MEMORÁNDUM

Figura 1: Diagrama de Flujo de Proceso de Condiciones Climáticas de un Año Promedio



### 4.0 EVAPORACIÓN DE ROCIADORES DE APLICACIÓN DE SOLUCIÓN

Los rociadores de aplicación de solución serán utilizados para aplicar solución a la pila. Los rociadores evaporarán una porción de los flujos que fluyan a través de las boquillas de rociadores con base en el mes actual usando los valores presentados en la Tabla 1. Se calcularon las tasas de evaporación usando el nomograma de pérdida de rociadura en SME (1988) usando valores climáticos promedio mensuales que se obtuvieron del reporte hidrológico in-situ (2004). El diámetro y la presión de las boquillas de los rociadores de aplicación de solución usados para el nomograma son 5.56 mm y 138 kPa respectivamente. La tasa de evaporación para los rociadores de aplicación de solución no incluye la evaporación de la superficie húmeda; por lo tanto, 100% de la tasa de evaporación de bandeja es pérdida de la superficie húmeda.





### 5.0 EVAPORACIÓN REALZADA

Debido a la ubicación del sitio en una clima de precipitación neta con aproximadamente 1,853 mm de precipitación al año y solamente 991 mm de evaporación de bandeja al año, habrá un exceso de fluidos producidos en la HLF durante las operaciones de la Fase 2. Los rociadores evaporativos realizados serán usados para limitar la cantidad de fluidos de exceso producidos por la pila. Los Evaporadores Apex producidos por Resource West, Inc. serán utilizados como los evaporadores realizados y colocados en los estanques en flotadores. El caudal máximo para estos evaporadores es de aproximadamente  $19.3 \text{ m}^3/\text{hr}$  y el espaciamiento recomendado es aproximadamente de 20 m. Usando este espaciamiento y la geometría de los estanques cuando estén casi vacíos, quedará espacio para un máximo de 29 evaporadores. Unos 54 evaporadores adicionales podrían ser usados en los estanques cuando el volumen de agua en los estanques esté cerca a los niveles del margen libre. Kappes, Cassiday, & Associates estima que se requerirán ocho evaporadores para evaporar el  $25 \text{ m}^3/\text{hr}$  de agua durante los meses más húmedos.

Las tasas realizadas de evaporación variarán con base en los temperaturas mensuales promedios, humedad, precipitación, y presión barométrica. Con base en las condiciones climáticas, los rociadores evaporativos flotantes tienen una eficiencia de evaporación del 30 por ciento. Golder asignó conservadoramente una eficiencia de evaporación de diseño de menos del 15 por ciento, aproximadamente el 50 por ciento de la eficiencia estimada del fabricante.

Los evaporadores realizados se evaporarán un porcentaje de los fluidos que fluyan a través de las boquillas de los rociadores. La cantidad de pérdida cada mes de los evaporadores realizados fue modelada para proporcionar fluidos adecuados en los estanques que durarán a lo largo de la temporada seca (diciembre a abril) para que al principio de la temporada de lluvias, no habrá nada de fluidos en los estanques. Las pérdidas evaporativas realizadas y la cantidad de evaporadores realizados por mes que satisfacen esta condición se presentan en la Tabla 3. La Tabla 4 presenta las tasas de evaporación realizadas dadas las condiciones climáticas de un año húmedo de 1 en 100 años.



## MEMORÁNDUM

**Tabla 3: Tasas de Evaporación Realizada para los Rociadores para la Fase de la HLF en Condiciones Climáticas Típicas**

Mes	Pérdidas de Evaporación Realizada	
	Operaciones de Fase 1	Operaciones de Fase 2
	Pérdidas de Evaporación (m <sup>3</sup> /hr)	Pérdidas de Evaporación (m <sup>3</sup> /hr)
Enero	0	25.0
Febrero	0	25.0
Marzo	0	21.2
Abril	0	17.4
Mayo	0	18.5
Junio	0	16.7
Julio	0	25.0
Agosto	0	21.9
Septiembre	0	20.9
Octubre	0	20.9
Noviembre	0	25.0
Diciembre	0	25.0

**Tabla 4: Tasas de Evaporación Realizada para los Rociadores para la Fase de la HLF Durante la Condiciones Climáticas del Año Húmedo de 1 en 100 Años**

Mes	Pérdidas de Evaporación Realizada	
	Operaciones de Fase 1	Operaciones de Fase 2
	Pérdidas de Evaporación (m <sup>3</sup> /hr)	Pérdidas de Evaporación (m <sup>3</sup> /hr)
Enero	0	25.0
Febrero	0	25.0
Marzo	0	25.0
Abril	0	25.0
Mayo	25.0	25.0
Junio	25.0	25.0
Julio	25.0	25.0
Agosto	25.0	25.0
Septiembre	25.0	25.0
Octubre	25.0	25.0
Noviembre	25.0	25.0
Diciembre	25.0	25.0



## MEMORÁNDUM

### 6.0 CAUDALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

Durante los años que se reciba más precipitación de lo promedio, el exceso de agua almacenada en los estanques de proceso podrá requerir de tratamiento y ser descargada al ambiente natural. Para lograr esto, el agua de exceso será quitada del estanque del evento y procesada por una planta de detoxificación para destruir el contenido de cianuro. La solución de detoxificación será descargada a la Quebrada Maricela. El método escogido para la destrucción de cianuro es el proceso Aire/SO<sub>2</sub>. Este proceso mezcla dióxido de sodio (SO<sub>2</sub>) con oxígeno del ambiente para destruir el cianuro. El agua detoxificada se desbordará vía una tubería de gravedad a la Quebrada Maricela.

El agua de exceso que requiera detoxificación es generalmente almacenada en el estanque de evento por periodos de tiempo largos antes de su detoxificación. La exposición al sol a largo plazo y la degradación resultante de cianuro por luz ultravioleta natural, en particular en las profundidades superiores del estanque proporcionan la mayoría de la detoxificación. A menudo el paso del proceso de Aire/SO<sub>2</sub> en este caso constituye más de un paso “pulido” en la detoxificación.

La planta de tratamiento de agua al Proyecto Cerro Quema será capaz de tratar hasta 300 m<sup>3</sup>/hr. Se espera que la planta de tratamiento de agua sea usada durante condiciones extremas de tiempos de lluvias y no se requiera durante condiciones climáticas promedios de un año. Para estimar las tasas de la planta de tratamiento de agua que pueden ser requeridas durante condiciones extremas de tiempos de lluvia, se usaron las tasas de precipitación de 1 en 100 años y las tasas de evaporación de bandeja por un año promedio en el modelo usando caudales de evaporación realizada por un año promedio. La planta de tratamiento de agua se calcula como la diferencia entre el volumen del estanque en un año húmedo menos el volumen del estanque en año típico, lo que resulta en un volumen del estanque del año húmedo idéntico a los volúmenes producidos por las condiciones climáticas en el año típico. Se presentan los resultados de estos análisis en la Tabla 5.



## MEMORÁNDUM

**Tabla 5: Caudales de la Planta de Tratamiento de Agua por Fase de la HLF Durante Condiciones Climáticas del Año Húmedo de 1 en 100 Años**

Mes	Caudales de la Planta de Tratamiento de Agua (m <sup>3</sup> /hr)	
	Operaciones de Fase 1	Operaciones de Fase 2
Enero	0.0	20.2
Febrero	0.0	11.8
Marzo	0.0	8.4
Abril	0.0	6.6
Mayo	0.0	9.4
Junio	3.8	35.5
Julio	8.0	40.9
Agosto	3.8	43.0
Septiembre	9.2	50.1
Octubre	11.6	51.0
Noviembre	15.2	59.1
Diciembre	7.0	47.2

### 7.0 SENSIBILIDAD DEL MODELO

El balance de agua que Golder preparó para este análisis es un modelo determinista que usa pasos de tiempo mensuales, y así estima el caudal promedio para el mes. No se predicen las tasas máximas diarias, ni las tasas máximas de bombeo instantáneo o de agua de reemplazo. Este enfoque atenuará la tasa máxima como se promedien los volúmenes sobre un periodo de un mes.

El balance de agua es altamente dependiente del contenido de humedad del mineral como sale de la mina así como la retención específica real del mineral, ya que existe un volumen significativo de fluidos que se pierden en la humectación del mineral cada mes (aproximadamente 9,700 m<sup>3</sup>/mes). Los cambios pequeños en pérdida de humedad en ambos como sale de la mina y por la pérdida de humedad por la humectación pueden tener efectos significantes en ambos; la capacidad disponible del estanque para almacenamiento de emergencia, y los requisitos de agua de reemplazo. La humedad del mineral como sale de la mina variará como resultado de la geología, mineralogía, métodos de minería y de manejo, desagüe del tajo y condiciones climáticas. La retención específica del mineral puede variar significativamente a través de las operaciones y de un tajo al otro.

Los datos climáticos que se presentan en el Anexo A tienen limitaciones que se deben considerar.

### 7.1 Humectación del Mineral

El mineral triturado se coloca en la pila con un contenido promedio de humedad del 5.8% y un contenido de retención de humedad de mineral del 8.9% por peso seco. El medio resultante de la pérdida de humectación es de 3.1% (por peso seco del mineral). Para el análisis del año húmedo, la humedad



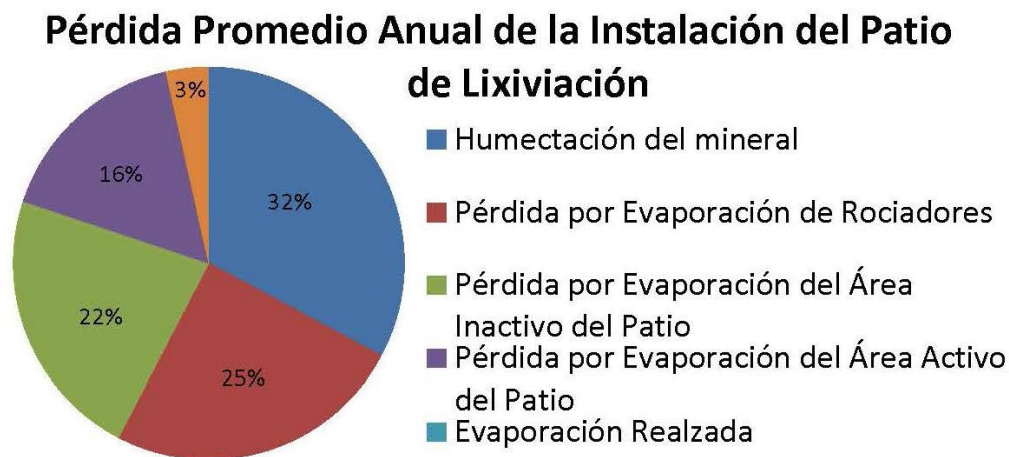
## MEMORÁNDUM

inicial del mineral triturado presume ser de un 9.8%, que resulta en una pérdida del mineral humectado de cerca del 1.1% (por peso seco de mineral). Para el análisis del año seco, se supone que la humedad inicial del mineral triturado es del 5.8%, que resulta en una pérdida del mineral humectado del 5.1% (por peso seco de mineral). La Tabla 6 presenta los valores de las pérdidas promedios en la Fase 1 de la HLF en condiciones climáticas en un año promedio; la Figura 2 presenta estos datos para mostrar como las pérdidas están distribuidas, con la mayoría de la pérdida total de fluidos del proceso de la humectación del mineral.

**Tabla 6: Pérdidas de Flujo Promedio de la Instalación de Patio de Lixiviación Durante las Operaciones de Fase 1**

Fuente de la Pérdida	Promedio Anual (m <sup>3</sup> /hr)
Humectación del mineral	13.2
Pérdida por Evaporación de los Rociadores	10.0
Pérdidas por Evaporación en el Área Inactiva del Patio	9.1
Pérdidas por Evaporación en el Área Activa del Patio	6.6
Evaporación Realzada	0.0
Evaporación del Estanque	1.3

**Figura 2: Pérdidas de Fluido Promedio Anuales en la Instalación de Patio de Lixiviación Durante Operaciones de la Fase 1**



**Nota:** Esta figura solamente representa la pérdida en el sistema y no se incluyen las entradas por exceso de fluidos o precipitación ("evaporación total" no "evaporación neta")

## 8.0 AGUA DE REEMPLAZO

El balance de agua por Golder estima que el volumen de agua de reemplazo que se requerirá para mantener un valor mínimo de operación en el estanque de solución rica durante condiciones climáticas



## MEMORÁNDUM

del año seco de 1 en 100 años. Durante condiciones climáticas promedio y las condiciones húmedas de uno en 100 años, no será requerida agua de reemplazo. La Tabla 10 presenta las demandas del agua de reemplazo requeridas para condiciones secas del 1 en 100 años.

**Tabla 10: Demandas de Agua de Reemplazo Durante Condiciones Climáticas del Año Seco de 1 en 100 Años**

Mes	Fase 1 (m <sup>3</sup> /hr)	Fase 2 (m <sup>3</sup> /hr)
Enero	34.1	0
Febrero	36.0	0
Marzo	38.5	0
Abril	30.1	2.2
Mayo	0.2	0
Junio	0	0
Julio	0	0
Agosto	0	0
Septiembre	0	0
Octubre	0	0
Noviembre	0	0
Diciembre	0	0

## 9.0 VOLÚMENES DE ALMACENAMIENTO DE LOS ESTANQUES

### 9.1 Estanque de Solución Rica

La solución rica que se recolecta en la base del patio de lixiviación se entregará directamente al estanque de solución rica. La capacidad del estanque de solución rica debajo del margen libre es 40,100 m<sup>3</sup>. Los estanques de solución rica y de evento serán construidos durante la Fase 1. Se presenta el almacenamiento requerido detallado en la Tabla 11.

### 9.2 Estanque de Evento

El sistema del manejo de flujo se pretende operar como un sistema de cero descarga. Se incluyen provisiones para acomodar condiciones adversas tales como: escorrentía de agua debida a tormentas severas y la pérdida temporal de electricidad o bombas. En condiciones adversas, el volumen de solución puede exceder el volumen de almacenamiento disponible en el estanque de solución rica, causando que la solución se transfiera a la pileta de evento. Golder estimó que el volumen de almacenamiento requerido en el estanque de evento con base en el criterio de diseño descrito en las Secciones 2.0 y 3.0, suponiendo que la acumulación de fluido durante los años climáticos promedios, (la precipitación y evaporación media anual), junto con el diseño de drenaje y los eventos de tormenta. Los estanques de proceso están situados para que la solución fluya por gravedad del patio de lixiviación al estanque de solución rica y subsecuentemente al estanque de emergencia.



## MEMORÁNDUM

Los requisitos detallados de almacenamiento y disponibilidad en el estanque de emergencia se presentan en la Tabla 6.

Se presentan los resultados gráficos del balance de agua por Golder en la Figura 3 (anexo). La línea de color azul claro representa el volumen de fluido en el propuesto estanque de evento y la línea de color rosada representa del volumen de almacenamiento requerido en el estanque de evento. El almacenamiento requerido en el estanque de evento se presenta en detalle en la Tabla 12.

### 9.3 Resumen de Medición de los Estanques

Los estanques de procesos están designados para proporcionar nula descarga ya sea de las aguas superficiales o de aguas subterráneas durante condiciones climáticas promedio por un año como se discute anteriormente. Los estanques de proceso incluyen provisiones para acomodar los requisitos de volumen de almacenamiento requerido de las siguientes condiciones adversas combinadas, debajo del 0.5 metros del margen libre para ambos estanques:

#### Estanque de Solución Rica:

- 24 horas de drenaje del patio de lixiviación debido a condiciones adversas como una pérdida de electricidad
- Un volumen de operación de 24 horas para mantener una tasa de producción máxima de la planta ADR de 700 m<sup>3</sup>/hr durante un evento de flujo bajo
- 110 por ciento del volumen total del tanque estéril

#### Estanque de Evento:

- Acumulación máxima de fluidos en el estanque de evento durante una temporada de lluvias anual promedio para eliminar la descarga de agua tratada al drenaje natural

#### Estanque de Solución Rica y Estanque de Evento Combinados al Vertedor de Emergencia en el Estanque de Evento:

- Volumen del evento de tormenta de 25 años, 24 horas de 148 mm que cae en el patio de lixiviación forrado y en los estanques forrados

Las siguientes secciones resumen los criterios de medición y cálculos.

##### 9.3.1.1 Volumen Operacional

La capacidad del estanque de solución rica incluye un volumen operacional de 24 horas de 700 m<sup>3</sup>/hr. Este volumen proporciona una ventana operacional para mantener producción de tiempo completo de la Planta ADR durante periodos de entradas reducidas debidas ya sea por precipitación más seca de lo normal o el mantenimiento de los sistemas de distribución por gravedad. Un volumen operacional de 24 horas es igual a lo siguiente:

$$V_{op} = 700 \text{ m}^3/\text{hr} \times 24 \text{ hrs} = 16,800 \text{ m}^3$$





## MEMORÁNDUM

### 9.3.1.2 Volumen de Drenaje

El estanque de solución rica proporciona una capacidad adicional de almacenamiento de solución para contener adecuadamente la solución de drenaje resultado de una pérdida de electricidad de 24 horas a las bombas estériles que recirculan la solución al patio de lixiviación. Durante la pérdida de electricidad, el sistema de colección de solución por gravedad está diseñado para desbordarse a los estanques de proceso. El volumen estimado con base en la suposición de que la tasa de solución que drena por gravedad del patio continúa durante todo el periodo de las 24 horas y es equivalente a la tasa máxima de aplicación de solución de 700 m<sup>3</sup>/hr. Golder entiende que PRO tendrá generadores de emergencia y/o bombas en su lugar dentro de 24 horas que sean capaces de bombear 700 m<sup>3</sup>/hr a la pila.

En el evento de que haya una pérdida de electricidad de 24 horas, el volumen de drenaje ( $V_{DD}$ ) que se acumularía es:

$$V_{DD} = 700 \text{ m}^3/\text{hr} \times 24 \text{ hrs} = 16,800 \text{ m}^3$$

### 9.3.1.3 Volumen de Tanque Estéril

El estanque de solución rica proporciona una capacidad adicional de almacenamiento de solución para contener adecuadamente el 100 por ciento del volumen de almacenamiento del tanque estéril en el evento que el tanque tenga que ser drenado o se rompa. El tanque estéril está diseñado para almacenar 525 m<sup>3</sup> de solución. El volumen de almacenamiento requerido del tanque ( $V_{\text{tanque}}$ ) es equivalente a:

$$V_{\text{tanque}} = 525 \text{ m}^3 \times 110\% = 577.5 \text{ m}^3 \text{ redondeado a } 600 \text{ m}^3$$

### 9.3.1.4 Volumen Máximo de Acumulación de Fluidos

Como se discute anteriormente, el estanque de evento está dimensionado para proporcionar una capacidad de solución adecuada para contener fluidos de proceso que se acumulan en una temporada de lluvias de un año típico para su uso durante la temporada seca sin tratar y descargar solución de exceso o introducir agua de reemplazo nueva a la corriente del proceso. Este volumen máximo de almacenamiento de flujo de proceso ( $V_{\text{proceso}}$ ) equivale a:

$$V_{\text{proceso}} = 239,400 \text{ m}^3$$

### 9.3.1.5 Volumen de Aguas Pluviales

Golder calculó el volumen de aguas pluviales para el peor escenario de todas las áreas forradas de la instalación utilizando el método del National Resources Conservation Service (NRCS por sus siglas en inglés). Las áreas forradas incluyen el área de la pila, canal de colección de solución, losa de contención del tanque estéril, los estanques de proceso y las áreas con recubrimiento expuesto a los alrededores del perímetro del patio de lixiviación. Como se discute anteriormente, las aguas pluviales del peor escenario



## MEMORÁNDUM

ocurren cuando ambas fases de la pila ya hayan sido construidas; la Fase 1 esté completamente apilada con mineral, el área de aplicación máxima de la Fase 1 esté bajo lixiviación (calculado usando una tasa de flujo máximo de aplicación de solución de 583 m<sup>3</sup>/hr y una tasa de aplicación promedio de 10 l/hr/m<sup>3</sup>), y el recubrimiento de la Fase 2 acabe de ser construido y el apilamiento aún no haya empezado. La siguiente tabla detalla las áreas de superficie y los números de NRCS curva para cada tipo de área de la HLF.

**Tabla 11: Resumen de las Áreas Forradas**

Descripción	Área Forrada (m <sup>2</sup> )	Número de Curva NRCS
Fase 1 Bajo Lixiviación y Recubrimiento Expuesto	62,300	100
Fase 1 en Descanso	106,700	95
Fase 2 Recubrimiento Expuesto	141,000	100
Estanques, Canal, y Losa del Tanque Estéril	35,780	100
<b>Total</b>	<b>345,780</b>	<b>N/A</b>

El volumen combinado de los estanques de solución rica y de evento incluyen, además de los volúmenes operacionales y de drenaje, capacidad adecuada de almacenamiento para contener el evento de tormenta de 25 años, 24 horas de 148 mm que cae por todas las áreas forradas de la totalidad del patio de lixiviación ( $V_{S25años}$ ). El evento de tormenta de 25 años, 24 horas ( $V_{S25años}$ ) está diseñado ser contenido dentro de ambos los estanques de solución rica y de evento debajo del vertedor de emergencia del estanque de evento.

El volumen de almacenamiento requerido en evento de tormenta calcula ser:

$$V_{S25años} = 49,600 \text{ m}^3$$

### 9.3.1.6 Volumen Total de Almacenamiento Requerido

La capacidad total de almacenamiento que se requiere para contener los flujos totales acumulados de las condiciones anteriores se presentan en la siguiente tabla:



## MEMORÁNDUM

**Tabla 12: Volumen Total de Almacenamiento Requerido**

Criterio	Volumen de Almacenamiento Requerido (m³)	
	Estanque de Solución Rica	Estanque de Evento
$V_{op}$	16,800	0
$V_{DD}$	16,800	0
$V_{tanque}$	600	0
$V_{s25años}$	49,600	
$V_{proceso}$	0	239,400
<b>Almacenamiento del Estanque Individual</b>	<b>34,200</b>	<b>239,400</b>
<b>Almacenamiento Combinado Total</b>	<b>323,200</b>	

### 9.3.1.7 Volumen de Almacenamiento Disponible

La Tabla anterior presenta los requisitos mínimos del volumen de almacenamiento para cada estanque de proceso. El volumen combinado requerido para el sistema de estanques de proceso es 323,200 m³.

La Tabla 13 resume las capacidades de los estanques de proceso. Como se indica, los estanques han sido medidos más grandes que de las capacidades requeridas con base en las condiciones adversas descritas anteriormente. La capacidad adicional del estanque de evento ha sido proporcionada para acomodar la solución del estanque que se acumula durante la temporada de lluvias anual promedio, la que se explica en detalle en el balance de agua, Sección 9.2.

**Tabla 13: Volúmenes de Almacenamiento del Estanque**

Estanque	Criterio	Volumen Requerido (m³)	Volumen Disponible (m³)
Solución Rica	Al Vertedero de rebose	34,200	40,100
Evento	Al Vertedero de rebose del estanque de solución rica	239,400	273,200
Combinado	Al Vertedero de rebose del vertedor de emergencia	323,200	330,100

## 10.0 CONCLUSIONES/RECOMENDACIONES

Los resultados del balance de agua determinista indican que la evaporación realizada será requerida durante las operaciones de Fase 2 para prevenir el desbordamiento de los estanques durante la temporada de lluvias durante condiciones típicas climáticas. Se espera que la planta de tratamiento de agua sea operacional durante años húmedos extremos en adición al uso de los evaporadores realizados.



## MEMORÁNDUM

Se espera que las demandas del agua de reemplazo sean altas durante las condiciones iniciales de la Fase 1 si las actividades de lixiviación empiezan en enero, como fue modelado por estos análisis.

Durante las operaciones de la Fase 1, la tasa anual promedio de la pérdida de evaporación realizada durante condiciones anuales climáticas es cero. Durante las operaciones de la Fase 2, la tasa anual promedio de la pérdida de evaporación realizada durante condiciones anuales climáticas es aproximadamente 21.9 m<sup>3</sup>/hr con un máximo de 25.0 m<sup>3</sup>/hr durante los meses húmedos. Durante las condiciones climáticas del año húmedo de 1 en 100 años, la tasa anual promedio de pérdida de evaporación realizada para la Fase 2 es de aproximadamente 25.0 m<sup>3</sup>/hr para cada mes.

Durante las operaciones de la Fase 1, la tasa anual promedio de la planta de tratamiento de agua durante las condiciones climáticas del año húmedo de 1 en 100 años anticipa ser 4.9 m<sup>3</sup>/hr con una tasa mensual máxima de 15.2 m<sup>3</sup>/hr (noviembre). Durante las operaciones de la Fase 2, la tasa anual promedio de la planta de tratamiento de agua durante las condiciones climáticas de 1 en 100 años húmedos anticipa ser 31.9 m<sup>3</sup>/hr con una tasa mensual máxima de 59.1 m<sup>3</sup>/hr (noviembre).

El proceso anual promedio para los requisitos de agua de reemplazo para la operación de la HLF en condiciones climáticas típicas y en 1 en 100 años húmedos es nulo mientras que un volumen suficiente de fluidos se mantenga en los estanques durante los meses húmedos y utilizados durante los meses secos como agua de reemplazo. Para las condiciones climáticas secas de 1 en 100 años secos, los requisitos mensuales de agua de reemplazo pueden ser tan altos como 38.5 m<sup>3</sup>/hr (marzo) durante las operaciones de la Fase 1. Los requisitos de agua de reemplazo durante las operaciones de la Fase 2 esperan ser mínimos durante condiciones secas extremas.

Con base en los supuestos del diseño actual, no es probable que la capacidad disponible en la pileta se exceda durante la etapa de enjuague. Por eso, es posible que tengan que considerarse unas medidas más agresivas de eliminación de fluidos al cierre.

## 11.0 REFERENCIAS

SME 1988, Introduction to Evaluation, Design and Operation of Precious Metal Heap Leaching Projects, Produced by the Society of Mining Engineers Inc., 1988, Printed by Cushing-Malloy, Inc., Ann Arbor, Michigan.

Ruiz E. (2004), Estudio Hidrológico, Los Santos, producido por Ing. Alberto E. Ruiz, Geólogo Ms, Lic. 85-015-001.

Golder (2009). Closure Plan Update, Cerro Quema Gold Project, Panama. Report prepared by Golder Associates Inc. for Bellhaven Copper and Gold Inc., November 20, 2009.

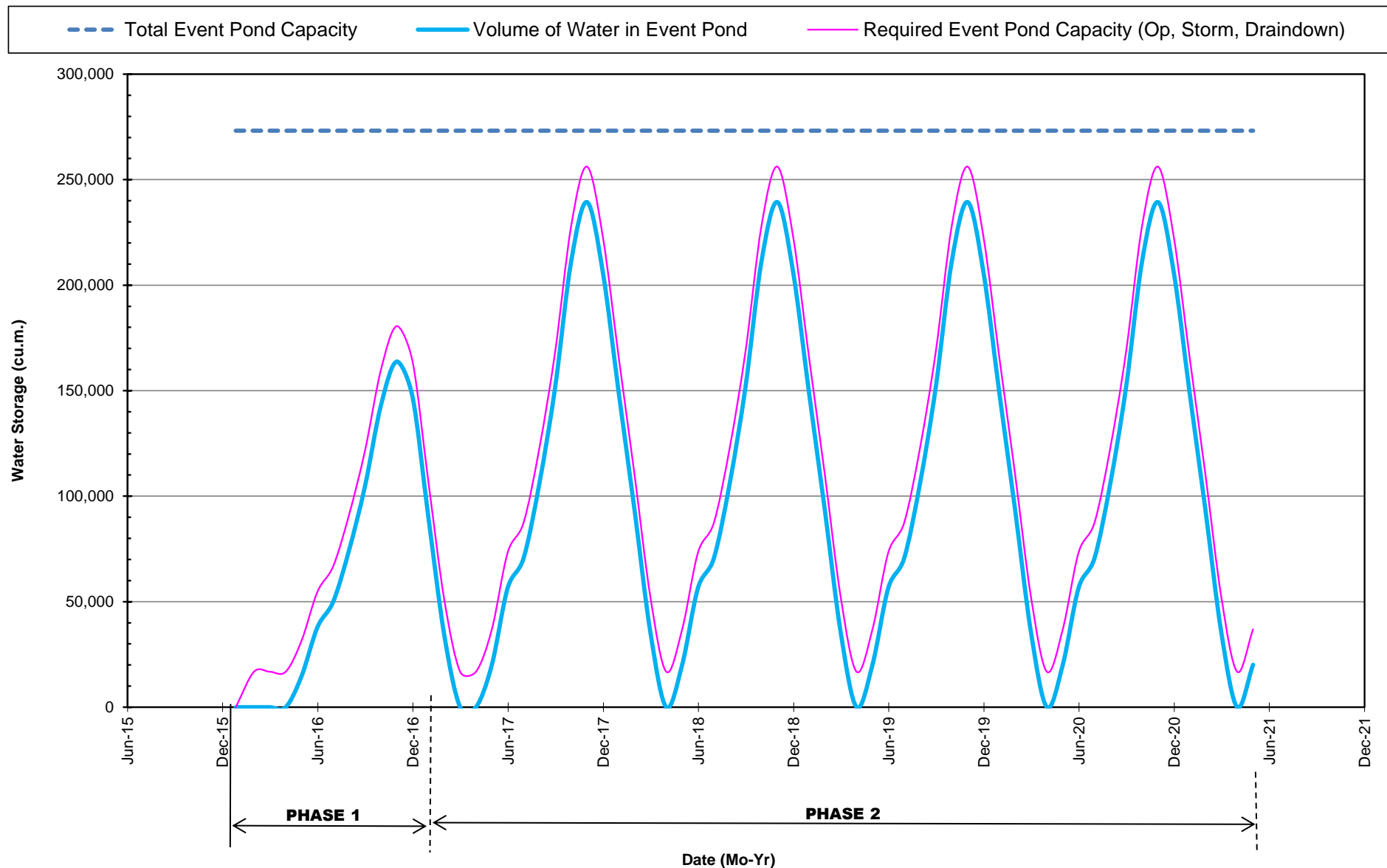


## MEMORÁNDUM

### Lista de Anexos

Anexo A	Modelo Climático – Instalación de Patio de Lixiviación
Anexo B	Cálculos de Medición del Estanque de Solución para las Fases 1 y 2
Anexo C	Cálculos de Medición del Estanque de Evento para las Fases 1 y 2
Anexo D	Cálculos de Medición de los Estanques Combinados para las Fases 1 y 2

**ANEXO A**  
**MODELO CLIMÁTICO – INSTALACIÓN DE PATIO DE LIXIVIACIÓN**



**Figure 3**  
**HLF Event Pond Storage Requirements**

Pershimco Heap Leach Facility  
Dyer Resources

Golder Associates



**ANEXO B**  
**CÁLCULOS DE MEDICIÓN DEL ESTANQUE DE SOLUCIÓN PARA LAS FASES 1 Y 2**



## MEMORÁNDUM

**Fecha:** 17 de enero de 2014  
**A:** Archivo del proyecto  
**De:** Chris MacMahon, Andrew Schaper  
**cc:** Russ Browne, Gene Tortelli  
**Número de Proyecto:** 1300709  
**Compañía:** Golder Associates  
**Email:**  
**ASUNTO:** MODELO CLIMÁTICO DE LA INSTALACIÓN DE PATIO DE LIXIVIACIÓN MARICELA

### 1.0 OBJETIVO

Este memorándum técnico presenta la evaluación a nivel de pre-factibilidad de los procedimientos usados para desarrollar las tasas de precipitación mensual promedio y extremo y las tasas de evaporación de bandeja para la instalación de patio de lixiviación (HLF por sus siglas en inglés) Maricela. Estos datos pretenden ser utilizados para el modelo determinístico del balance de agua para la HLF propuesta para estimar los requisitos del agua de reemplazo y la medición del estanque.

### 2.0 DADO

Una lista completa de los criterios de diseño se presentan en el Apéndice A del reporte de pre-factibilidad. A continuación se presenta un resumen de la lista de factores que se utilizaron para nuestro análisis:

- Las tasas de precipitación mensual de la estación meteorológica La Llana desde 1967 al 2012.
- Las tasas de evaporación de bandeja obtenidas del Reporte de Cierre por Golder Associates Inc. de 2009 (2009).
- Las tasas de precipitación mensuales obtenidas de la estación meteorológica in-situ Cerro Quema y se presentan en la Tabla 1 (2004). También se presentan las tasas de precipitación mensuales correspondientes del mismo periodo de tiempo de la estación meteorológica La Llana que se utilizaron en el análisis de regresión frecuencia en pares para hacer una comparación.



## MEMORÁNDUM

**Tabla 1: Tasas de Precipitación Mensuales del Sitio Cerro Quema y la Tasas de Precipitación Correspondientes de la Estación Meteorológica La Llana**

Año	Mes	Precipitación Cerro Quema (mm)	Precipitación La Llana (mm)
1994	Julio	177.0	309.0
1994	Agosto	208.0	402.8
1994	Septiembre	358.0	435.6
1995	Febrero	0.5	0.0
1995	Marzo	79.6	83.3
1995	Abril	154.8	148.0
1995	Mayo	96.5	220.3
1995	Junio	166.8	262.8
1995	Julio	177.6	187.0
1995	Agosto	389.9	246.5
1995	Septiembre	340.4	458.8
1995	Octubre	264.3	600.7
1995	Noviembre	126.3	286.5
1995	Diciembre	55.3	129.0
1996	Enero	44.9	95.5
1996	Febrero	16.9	11.5
1996	Marzo	9.3	16.0
1996	Abril	93.2	109.3
1996	Mayo	260.0	320.5
1996	Junio	255.5	277.9
2011	Agosto	264.4	382.9
2011	Septiembre	313.2	361.2
2011	Octubre	280.0	309.6
2011	Noviembre	324.0	324.0
2011	Diciembre	184.8	205.0

### 3.0 CLIMA

#### 3.1 Precipitación

Para obtener las tasas de precipitación mensual para el sitio Cerro Quema, los datos de precipitación de la Estación Meteorológica del gobierno llamada La Llana y las precipitaciones registradas en el sitio en la estación Cerro Quema entre 1994 y 1996 y 2011 se compararon usando un método de regresión de frecuencia en pares. A diferencia de un análisis de regresión cronológico de dos variables donde las tasas de precipitación para ambos sitio se comparan cronológicamente, los datos de La Llana se



## MEMORÁNDUM

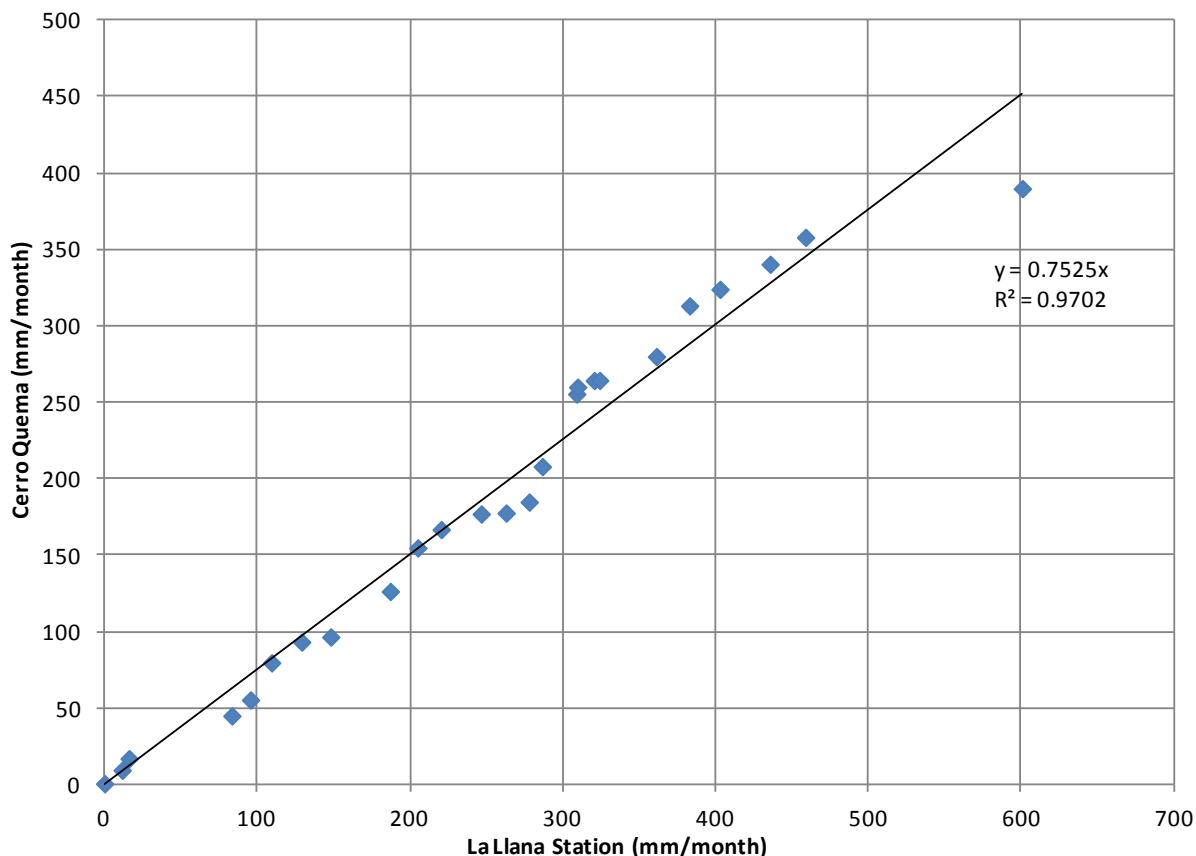
compararon con el sitio Cerro Quema entre el mismo rango de tiempo y se diagraman con base en la probabilidad de excedencia, en lugar de fechas específicas. Para una muestra de las observaciones  $n$ , la estimación imparcial de la probabilidad de excedencia,  $p$ , es dado por:

$$p = \frac{m}{n+1} \quad (1)$$

donde  $m$  es el rango del más grande al más pequeño.

La regresión de la frecuencia de dos variables realizada para la relación entre las tasa de precipitación mensual en La Llana y en Cerro Quema se muestra en la Figura 1.

**Figura 1: Análisis de Regresión de Frecuencia Emparejado (Precipitación)**



Aunque solo había 25 puntos de datos para desarrollar el diagrama en la Figura 1 (un registro de Octubre de 1994 fue quitado del conjunto de datos), hay un coeficiente alto de determinación  $R^2$  (correlación cuadrada) de 0.97, lo que sugiere que hay una correlación alta entre los dos sitios. En promedio, hay aproximadamente 25% menos precipitación en Cerro Quema en comparación a la



## MEMORÁNDUM

estación meteorológica La Llana. Por lo tanto, las tasas de precipitación mensual promedio de Cerro Quema fueron obtenidos al multiplicar la tasa de La Llana por 0.75. La Tabla 2 compara las tasas de precipitación mensual promedio de ambos sitios y las tasas mensuales nuevas desarrolladas para Cerro Quema.

**Tabla 2: Precipitación Mensual Promedio**

Mes	Precipitación Promedio La Llana* (mm)	Precipitación Promedio Corregida Cerro Quema (mm)
Enero	18.6	14.0
Febrero	7.4	5.6
Marzo	14.4	10.8
Abril	67.4	50.7
Mayo	265.9	200.1
Junio	316.2	237.9
Julio	268.2	201.9
Agosto	334.6	251.8
Septiembre	363.3	273.4
Octubre	410.6	309.0
Noviembre	302.9	228.0
Diciembre	92.4	69.6
<b>TOTAL</b>	<b>2,462.0</b>	<b>1852.7</b>

\*Precipitación promedio calculada entre 1967 y 2012.

Para obtener las tasas de precipitación mensual del año húmedo y del año seco de 1 en 100 años, se realizó un análisis de frecuencia de los valores de precipitación anuales en la estación meteorológica La Llana entre los años 1967 y 2011 donde los datos existen para cada mes del año. Con base en la distribución de frecuencia usando el método de distribución log-normal de 3 parámetros, los años húmedos y años secos de 1 en 100 años en la estación meteorológica La Llana tendrá un total de 3370 y 1660 mm de precipitación anual respectivamente. Para convertir estos valores a las precipitaciones anuales Cerro Quema, estos números se redujeron por un factor de 0.75 para el análisis de frecuencia descrito en esta Sección. Las precipitaciones anuales de 1 en 100 años húmedos y secos al Cerro Quema se estiman ser aproximadamente de 2540 y 1250 mm respectivamente. Para convertir estos números a tasas de precipitación mensuales del año húmedo y seco, cada tasa de precipitación mensual promedio de Cerro Quema fue multiplicado por un factor de aproximadamente 1.37 y 0.67 respectivamente (precipitación anual extremo Cerro Quema dividido por la precipitación anual promedio Cerro Quema). La Tabla 3 presenta las tasas de precipitación mensual extrema.



## MEMORÁNDUM

**Tabla 3: Tasas de Precipitación Mensual Extrema**

<b>Mes</b>	<b>Precipitación del Año Húmedo 1:100 Cerro Quema (mm)</b>	<b>Precipitación del Año Seco 1:100 Cerro Quema (mm)</b>
Enero	19.1	9.4
Febrero	7.6	3.8
Marzo	14.8	7.3
Abril	69.5	34.1
Mayo	274.1	134.7
Junio	325.9	160.2
Julio	276.5	135.9
Agosto	344.9	169.5
Septiembre	374.5	184.0
Octubre	423.2	208.0
Noviembre	312.2	153.5
Diciembre	95.3	46.8
<b>TOTAL</b>	<b>2537.6</b>	<b>1247.1</b>

### 3.2 Evaporación de Bandeja

Las tasas de evaporación de bandeja mensual promedio no son disponibles del sitio, ni de alguna estación meteorológica cercana con un escenario geográfico similar tales como elevación y ubicación de la costa. Por lo tanto, se utilizaron las tasas de evaporación de bandeja desarrolladas por Golder (2009). La Tabla 4 presenta las tasas de evaporación de bandeja por mes. Las tasas de evaporación de bandeja extremas de 1 en 100 años seco y húmedo no se podían determinar debido a la cantidad limitada de datos. Por lo tanto, se usaron las tasas de evaporación de bandeja promedio por año para las condiciones climáticas de 1 en 100 años seco y húmedo.



## MEMORÁNDUM

**Tabla 4: Tasas de Evaporación Mensual Promedio**

<b>Mes</b>	<b>Evaporación de Bandeja Promedio de Cerro Quema (mm)</b>
Enero	85.0
Febrero	91.0
Marzo	105.0
Abril	98.0
Mayo	88.0
Junio	80.0
Julio	78.0
Agosto	79.0
Septiembre	76.0
Octubre	69.0
Noviembre	67.0
Diciembre	75.0
<b>TOTAL</b>	<b>991.0</b>

### 4.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los datos meteorológicos presentados en este memorándum técnico tienen limitaciones las que se deben considerar, incluyendo lo siguiente:

- Se usaron los datos limitados del sitio para correlacionar el sitio con la estación meteorológica La Llana
- Habían datos de evaporación de bandeja no confiables de la estación meteorológica del sitio Cerro Quema que no se podían usar para estos análisis

Para el siguiente nivel de diseño, Golder recomienda lo siguiente:

- Instalar múltiples estaciones meteorológicas in-situ en el sitio Cerro Quema en ubicaciones diferentes y elevaciones que son capaces de medir la precipitación diaria, la evaporación de bandeja, humedad, velocidad y dirección del viento, y temperatura. Estas estaciones se deben ser instaladas tan pronto como sea posible.
- Obtener la precipitación diaria y las tasa de evaporación de bandeja para el uso en un modelo probabilístico de balance de agua.





## MEMORÁNDUM

### 5.0 REFERENCIAS

Ruiz E. (2004), Estudio Hidrológico, Los Santos, produced by Ing. Alberto E. Ruiz, Gologo Ms, Lic. 85-015-001.

Golder (2009). Closure Plan Update, Cerro Quema Gold Project, Panama. Report prepared by Golder Associates Inc. for Bellhaven Copper and Gold Inc., November 20, 2009.

**ANEXO C**  
**CÁLCULOS DE MEDICIÓN DEL ESTANQUE DE EVENTO PARA LAS FASES 1 Y 2**

**Date:** February 21, 2014  
**Project No.:** 1300709  
**Subject:** Phase 1-2 Storm Event Pond Sizing Calculation  
**Project Short Title:** Quebrada Maricela HLF Prefeasibility Study

**Made by:** AJS  
**Checked by:** CJM  
**Reviewed by:** RAB

## 1.0 Objectives

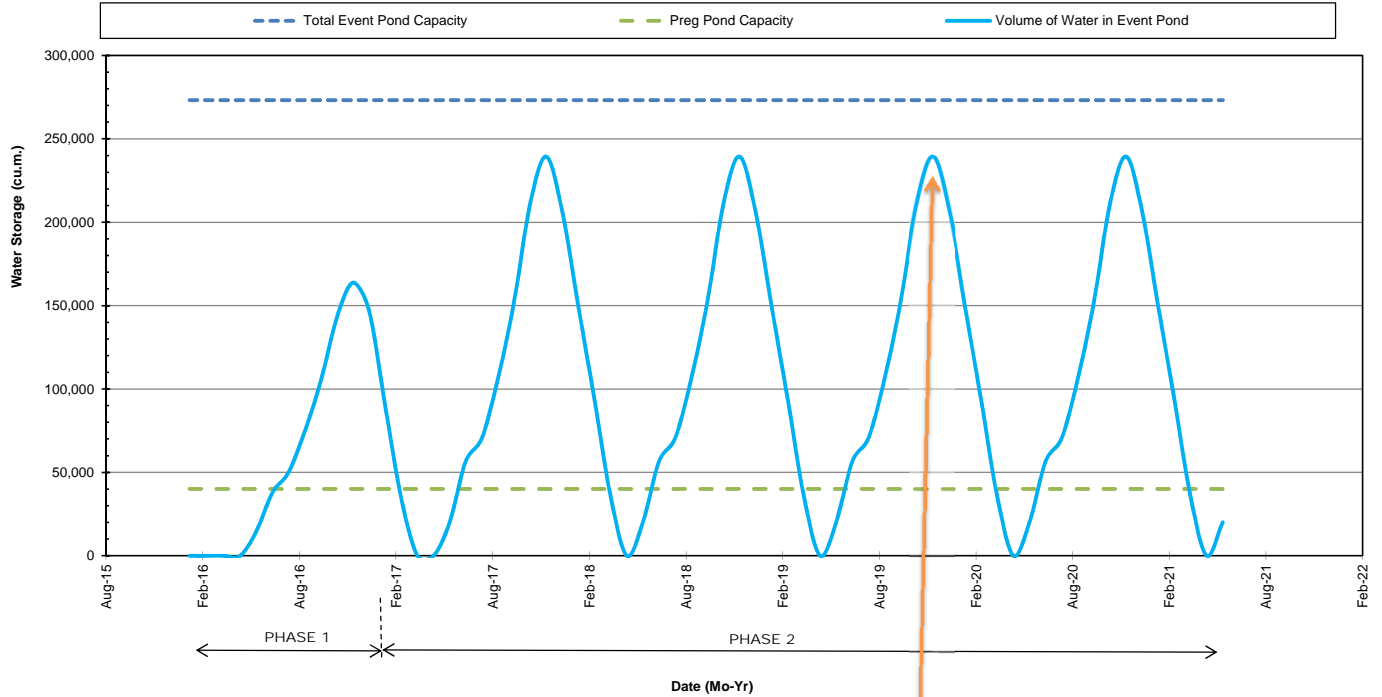
To size the Phase 1-2 HLF Event Pond using the volume of fluid calculated from the following:

- The average maximum accumulation of fluid in the Event Pond that occurs during the wet season.

## 2.0 Calculations

### Average Maximum Accumulation of Fluid in Event Pond

#### Average Maximum Accumulation of Fluid in Event Pond (V1)



Max Accumulation of Fluid in Event Pond During Average Climate Year ( $m^3$ ) = 239,400 (V1)

#### Total Design Capacity (V1)

HLF Event Pond Required Capacity to Freeboard ( $m^3$ ) = 239,400

**ANEXO D**  
**CÁLCULOS DE MEDICIÓN DE LOS ESTANQUES COMBINADOS PARA LAS FASES 1 Y 2**

**Date:** February 21, 2014  
**Project No.:** 1300709  
**Subject:** Phase 1-2 Combined Pond Sizing Calculation  
**Project Short Title:** Quebrada Maricela HLF Prefeasibility Study

**Made by:** AJS  
**Checked by:** CJM  
**Reviewed by:** RAB

### 1.0 Objectives

To confirm the modeled size the Phase 1-2 HLF combined pond volume to the spillway of the Event Pond (0.5m below the crest) using the volume of fluid calculated from the following:

- Upset conditions from the 24-hr draindown volume, the volume of water equal to the 24-hr operational capacity, the average maximum accumulation of fluid in the Event Pond that occurs during the wet season, the 1-25 yr, 24-hr storm event, and %110 of the largest tank volume. The HLF configuration that will produce the largest quantity of runoff will be when the Phase 1 has been stacked to its capacity and Phase 2 doesn't have any ore on it, which will result in 100% runoff from the Phase 2 area.

### 2.0 Given

Golder has developed a full set of design criteria that have been adopted by the client and other design consultants working on this project, which includes the following items used for these calculations:

Nominal Solution Application Rate Per Area (lph/m <sup>2</sup> ) =	10
Maximum Primary Irrigation Flow Rate (m <sup>3</sup> /hr) =	700
Average Primary Irrigation Flow Rate (m <sup>3</sup> /hr) =	583
Design Pump Outage Duration (hr) =	24
Design Operational Capacity Duration (hr) =	24
1-25 yr, 24-hr storm event (mm) =	148

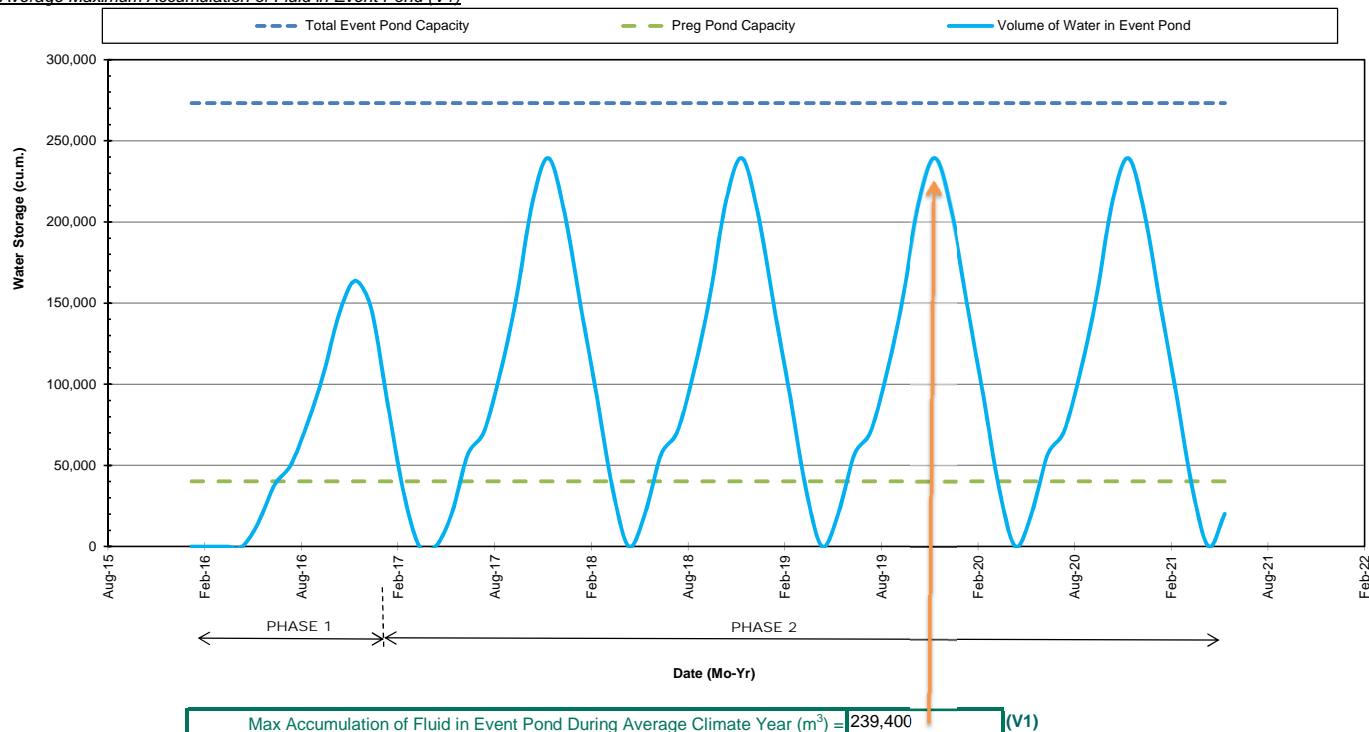
### 3.0 Assumptions

Largest Tank in Process Circuit (m <sup>3</sup> ) =	525
Phase 1 Ore Surface Area (m <sup>2</sup> ) =	165,000
Phase 1 Exposed Liner Area (m <sup>2</sup> ) =	4,000
Phase 2 Ore Surface Area (m <sup>2</sup> ) =	0
Phase 2 Exposed Liner Area (m <sup>2</sup> ) =	141,000
Lined Pond Areas (m <sup>2</sup> ) =	35,780
Ore Under Leach NRCS Curve Number =	100
Ore Not Under Leach NRCS Curve Number =	95
Exposed Liner NRCS Curve Number =	100

### 4.0 Calculations

**Average Maximum Accumulation of Fluid in Event Pond + 24-hr Draindown x 2 + %110 Largest Tank Capacity + 1-25 yr 24-hr Storm Event**

**Average Maximum Accumulation of Fluid in Event Pond (V1)**



**Date:** February 21, 2014  
**Project No.:** 1300709  
**Subject:** Phase 1-2 Combined Pond Sizing Calculation  
**Project Short Title:** Quebrada Maricela HLF Prefeasibility Study

**Made by:** AJS  
**Checked by:** CJM  
**Reviewed by:** RAB

%110 Largest Tank Capacity (V2)

110% Largest Tank Capacity Volume (m <sup>3</sup> ) =	600	(V2)
---	-----	------

24-hr Draindown Volume (V3)

Pregnant Pond 24-hr Operational Volume (m <sup>3</sup> ) =	16,800	(V3)
Pregnant Pond 24-hr Draindown Volume (m <sup>3</sup> ) =	16,800	
Combined Volume (m <sup>3</sup> ) =	33,600	

1-25 Year, 24-hr Storm Event Falling on Ultimate HLF (V3)

To calculate the runoff depths, the NRCS equation was used:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad S = \frac{25400}{CN} - 254$$

For Ore Under Leach and Exposed Liner Areas:

NRCS Runoff Curve Number =	100
P, Precipitation (mm) =	148
S, Maximum Basin Retention (mm) =	0.0
Q, Runoff (mm) =	148
Area of Ore Under Leach (m <sup>2</sup> ) =	58,300
Exposed Pad Liner and Pond Areas (m <sup>2</sup> ) =	180,780
Total Area of Ore Under Leach and Exposed Liner (m <sup>2</sup> ) =	239,080
Volume of Precipitation Falling on Ore Under Leach and Exposed Liner (m <sup>3</sup> ) =	35,377

For Ore Not Under Leach:

NRCS Runoff Curve Number =	95
P, Precipitation (mm) =	148
S, Maximum Basin Retention (mm) =	13.4
Q, Runoff (mm) =	133
Area of Ore Not Under Leach (m <sup>2</sup> ) =	106,700
Volume of Precipitation Falling on Ore Under Leach and Exposed Liner (m <sup>3</sup> ) =	14,200

1-25 yr. 24-hr Storm Event Volume (m <sup>3</sup> ) =	49,600	(V4)
---	--------	------

Total Design Capacity (V1+V2+V3+V4)

Comined Pregnant and Event Ponds Required Capacity to Event Pond Spillway (0.5m below the Event Pond Crest) (m <sup>3</sup> ) =	323,200
--	---------

**APÉNDICE G**  
**ANÁLISIS HIDROLÓGICO Y DESVIACIÓN DE AGUAS PLUVIALES**



**Fecha:** 20-Dec-13

**Hecho por:** JGL

**Número de Proyecto:** 1300709

**Verificado por:** CJM

**Asunto:** Cálculos del Modelo Hidrológico de la Quebrada Maricela y el WRD Chontal Superior

**Revisado por:** GRT

**Proyecto:** Diseño de la Instalación de Patio de Lixiviación para la Mina Cerro Quema

## 1.0 Objetivo e Historial

Realizar un análisis hidrológico de aguas superficiales y proporcionar requisitos de diseño para un desvío de aguas pluviales alrededor de la HLF Quebrada Maricela y el WRD Chontal Superior. Se usó el evento de tormenta de 25 años, 24 horas para diseñar los canales permanentes de desvío. Se requiere una profundidad mínima de 15 cms de margen libre y los taludes del canal se establecen con una pendiente mínima del 1%.

### 1.1A Desvío HLF Quebrada Maricela

El canal de desvío alrededor de la HLF Quebrada Maricela enruta las aguas de la cuenca aguas arriba a lo largo del extremo norte hacia el lado este de la HLF. El agua está conducida del lado este de la HLF hacia el drenaje existente al este de la instalación.

### 1.1B Desvíos WRD Chontal Superior

Los canales de desvío alrededor del WRD Chontal superior enrutan aguas del área de la cuenca que rodeo el WRD. El canal de desvío norte enruta agua de un punto alto por el lado este del WRD alrededor al lado norte de la instalación. El canal de desvío sur enruta agua de un punto alto por el lado este del WRD alrededor al lado sur de la instalación y se suelta al oeste de la transportadora propuesta.

## 2.0 Método

Se calcularon los flujos máximos que se esperan de un evento de tormenta de 25 años, 24 horas usando las metodologías publicadas en el Comunicado Técnico 55 (TR-55) por el Servicio de Conservación de Recursos Naturales (NRCS) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y HEC-HMS 3.5, utilizando el Método de Distribución de Lluvias SCS (Tipo II), por el US Army Corp of Engineers (USACE).

Se extrajo la precipitación de un evento de tormenta del "Estudio de Hidrología de la Mina Cerro" por Dyer Engineering Consultants Inc. (Dyer, 2013) para calcular los flujos máximos del evento de tormenta de 25 años, 24 horas.

Se evaluaron y dimensionaron los canales usando el programa FlowMaster V8i por Bentley Systems, Inc.

## 3.0 Supuestos

Se extrajo el número de curva (CN) SCS del "Estudio de Hidrología de la Mina Cerro Quema" por Dyer Engineering Consultants Inc. (Dyer, 2013).

## 4.0 Entradas al Modelo Hidrológico

### 4.1 Precipitación de Tormentas

Desarrollado por Dyer (2013)

Precipitación Total (Confianza del 90%)	
Evento de Tormenta	Frecuencia (milímetros)
25 años, 24 horas	148

### 4.2A Área de la Cuenca de la HLF Quebrada Maricela

El área de captación para la HLF Quebrada Maricela es 230,000 m<sup>2</sup>. La información sobre el área de captación para la cuenca arriba de la HLF Quebrada Maricela se lista a continuación.

#### Cuenca 1

Área de captación = 0.23 km<sup>2</sup>  
CN = 82  
Tc = 30.54 minutos

### 4.2B Áreas de las Cuencas del WRD Chontal Superior

El área total de captación para el WRD Chontal superior es 270,000 m<sup>2</sup>. El área está cortada en dos cuencas (Norte y Sur). La información sobre el área de captación para las cuencas alrededor del WRD Chontal superior se lista a continuación.

#### Cuenca Norte

Área de captación = 0.16 km<sup>2</sup>  
CN = 82  
Tc = 29.7 minutos

#### Cuenca Sur

Área de captación = 0.11 km<sup>2</sup>  
CN = 82  
Tc = 31.56 minutos

**Fecha:** 20-Dec-13

**Hecho por:** JGL

**Número de Proyecto:** 1300709

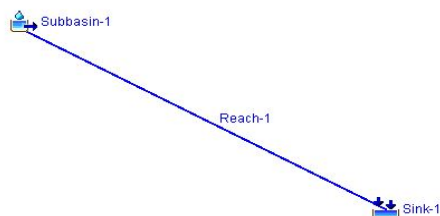
**Verificado por:** CJM

**Asunto:** Cálculos del Modelo Hidrológico de la Quebrada Maricela y el WRD Chontal Superior

**Revisado por:** GRT

**Proyecto:** Diseño de la Instalación de Patio de Lixiviación para la Mina Cerro Quema

#### 4.3A Arreglo del Modelo Hidrológico de la HLF Quebrada Maricela



#### 4.3B Arreglo del Modelo Hidrológico Chontal Superior



### 5.0 Salidas del Modelo Hidrológico

#### 5.1A HLF Quebrada Maricela HLF - Evento de Tormenta de 25 años, 24 horas

**Project:** HLF Diversion Concrete Lined Simulation Run: 25 Year 24 Hour\_Concrete

**Start of Run:** 01Feb2013, 00:00

**Basin Model:** Concrete Lined

**End of Run:** 02Feb2013, 12:00

**Meteorologic Model:** 25 Year 24 Hour Storm

**Compute Time:** 20Dec2013, 14:23:46

**Control Specifications:** Control 1

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-1	0.23	2.5	01Feb2013, 12:45	97.23
Reach-1	0.23	2.4	01Feb2013, 12:45	96.95
Sink-1	0.23	2.4	01Feb2013, 12:45	96.95

**Fecha:** 20-Dec-13

**Hecho por:** JGL

**Número de Proyecto:** 1300709

**Verificado por:** CJM

**Asunto:** Cálculos del Modelo Hidrológico de la Quebrada Maricela y el WRD Chontal Superior

**Revisado por:** GRT

**Proyecto:** Diseño de la Instalación de Patio de Lixiviación para la Mina Cerro Quema

### 5.1B WRD Chontal Superior - Evento de Tormenta de 25 años, 24 horas

Project: WRD Diversion Simulation Run: 25 Year 24 Hour

Start of Run: 01Feb2013, 00:00 Basin Model: WRD Diversion  
End of Run: 02Feb2013, 12:00 Meteorologic Model: 25 Year 24 Hour Storm  
Compute Time: 22Jan2014, 10:52:22 Control Specifications: Control 1

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
North Subbasin	0.16	3.0	01Feb2013, 12:15	97.23
North Reach	0.16	2.8	01Feb2013, 12:15	96.59
North Sink	0.16	2.8	01Feb2013, 12:15	96.59
South Subbasin	0.11	2.1	01Feb2013, 12:15	97.23
South Reach	0.11	1.9	01Feb2013, 12:30	96.50
South Sink	0.11	1.9	01Feb2013, 12:30	96.50

### 6.0 Resumen de las Salidas de la Medición de los Canales de Desvío para el Evento de Tormenta de 25 años, 24 horas

#### 6.1A Medición de los Canales de Desvío de la HLF Quebrada Maricela

Los flujos máximos desarrollados del modelo HEC-HMS fueron introducidos al software de hidráulica de canales abiertos de Bentley usando FlowMaster Versión 8i (Bentley, 2009) para medir el canal de desvío. Se utilizó un mínimo de 15 cm de margen libre sobre la profundidad del flujo máximo para medir el canal de desvío. El canal fue diseñado como un canal rectangular, forrado con concreto y con un ancho de fondo plano de 1.5 metros. La profundidad máxima calculada fue de 0.52 m. Se construirá el canal a una profundidad de 1 m para tomar en cuenta el margen libre y la constructabilidad. Se presenta un resumen de salida para el dimensionamiento del canal de desvío en el Anexo 1.

#### 6.1B Medición de los Canales de Desvío del WRD Chontal Superior

Los flujos máximos desarrollados del modelo HEC-HMS fueron introducidos al software FlowMaster para medir los canales de desvío norte y sur. Se utilizó un mínimo de 15 cm de margen libre sobre la profundidad de flujo máximo para medir los canales de desvío. Los canales fueron diseñados como canales trapeziales, forrados naturalmente con tierra, con un ancho de fondo de 2 metros, y con taludes laterales de 2H:1V. La profundidad máxima calculada para los canales norte y sur fue 0.58 m y 0.43 m, respectivamente. Los canales serán construidos a una profundidad de 1 m para tomar en cuenta el margen libre y constructabilidad. Se presenta un resumen de salida para el dimensionamiento de los canales de desvío en el Anexo 1.

### 7.0 Referencias

Bentley, 2009. FlowMaster, Versión 8i, fecha de construcción el 4 de Noviembre de 2009 desarrollado por Bentley Sistemas, Inc.

Dyer, 2013. Mina Cerro Quema, Estudio Hidrológico. Preparado para Minera Cerro Quema, S.A. por Dyer Engineering Consultants Inc. Fechado abril de 2013.

HEC-HMS, 2010. Version 3.5, fecha de construcción el 10 de agosto de 2010 desarrollado por el U.S. Army Corp of Engineers (USACE).

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Atlas 14, Volum 1, Version 4.0. modificado el 20 de diciembre de 2012.

[http://hdsc.nws.noaa.gov/hdsc/pfds/pfds\\_map\\_cont.html?bkmrk=nv](http://hdsc.nws.noaa.gov/hdsc/pfds/pfds_map_cont.html?bkmrk=nv) developed by US Department of Commerce National, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service, Office of Hydrologic Development.

WinTR-55, 2011. Version 1.00.10 desarrollado por el U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service (NRCS).

U.S. Army Corp of Engineers (USACE), 1994. EM 1110-2-1601 *Hydraulic Design of Flood Control Channels* (Diseño Hidraulico de los Canales de Control de Inundación). Washington, DC.

**ANEXO A**  
**DISEÑO HIDRÁULICO DEL CANAL**

## Worksheet for Concrete Rectangular Channel

### Project Description

Friction Method	Manning Formula
Solve For	Normal Depth

### Input Data

Roughness Coefficient	0.015	
Channel Slope	0.01000	m/m
Bottom Width	1.50	m
Discharge	2.40	m³/s

### Results

Normal Depth	0.53	m
Flow Area	0.79	m²
Wetted Perimeter	2.55	m
Hydraulic Radius	0.31	m
Top Width	1.50	m
Critical Depth	0.64	m
Critical Slope	0.00583	m/m
Velocity	3.05	m/s
Velocity Head	0.47	m
Specific Energy	1.00	m
Froude Number	1.34	
Flow Type	Supercritical	

### GVF Input Data

Downstream Depth	0.00	m
Length	0.00	m
Number Of Steps	0	

### GVF Output Data

Upstream Depth	0.00	m
Profile Description		
Profile Headloss	0.00	m
Downstream Velocity	Infinity	m/s
Upstream Velocity	Infinity	m/s
Normal Depth	0.53	m
Critical Depth	0.64	m
Channel Slope	0.01000	m/m
Critical Slope	0.00583	m/m

## Worksheet for Trapezoidal Channel\_North

### Project Description

Friction Method	Manning Formula
Solve For	Normal Depth

### Input Data

Roughness Coefficient	0.035	
Channel Slope	0.01000	m/m
Left Side Slope	2.00	m/m (H:V)
Right Side Slope	2.00	m/m (H:V)
Bottom Width	2.00	m
Discharge	2.80	m³/s

### Results

Normal Depth	0.58	m
Flow Area	1.82	m²
Wetted Perimeter	4.58	m
Hydraulic Radius	0.40	m
Top Width	4.30	m
Critical Depth	0.49	m
Critical Slope	0.01805	m/m
Velocity	1.54	m/s
Velocity Head	0.12	m
Specific Energy	0.70	m
Froude Number	0.76	
Flow Type	Subcritical	

### GVF Input Data

Downstream Depth	0.00	m
Length	0.00	m
Number Of Steps	0	

### GVF Output Data

Upstream Depth	0.00	m
Profile Description		
Profile Headloss	0.00	m
Downstream Velocity	Infinity	m/s
Upstream Velocity	Infinity	m/s
Normal Depth	0.58	m
Critical Depth	0.49	m
Channel Slope	0.01000	m/m

## Worksheet for Trapezoidal Channel\_South

### Project Description

Friction Method	Manning Formula
Solve For	Normal Depth

### Input Data

Roughness Coefficient	0.030	
Channel Slope	0.01000	m/m
Left Side Slope	2.00	m/m (H:V)
Right Side Slope	2.00	m/m (H:V)
Bottom Width	2.00	m
Discharge	1.90	m³/s

### Results

Normal Depth	0.43	m
Flow Area	1.23	m²
Wetted Perimeter	3.93	m
Hydraulic Radius	0.31	m
Top Width	3.72	m
Critical Depth	0.39	m
Critical Slope	0.01400	m/m
Velocity	1.54	m/s
Velocity Head	0.12	m
Specific Energy	0.55	m
Froude Number	0.85	
Flow Type	Subcritical	

### GVF Input Data

Downstream Depth	0.00	m
Length	0.00	m
Number Of Steps	0	

### GVF Output Data

Upstream Depth	0.00	m
Profile Description		
Profile Headloss	0.00	m
Downstream Velocity	Infinity	m/s
Upstream Velocity	Infinity	m/s
Normal Depth	0.43	m
Critical Depth	0.39	m
Channel Slope	0.01000	m/m



**APÉNDICE H**  
**ANÁLISIS DE ESTABILIDAD**

**Fecha:** 12 de mayo de 2014

**Número de Proyecto.:** 1300709.100

**A:** Archivo de Proyecto

**Compañía:** Pershimco Resources, Inc.

**De:** Patrick M. Strenk, Shelby McManus

**cc:** Russ Browne, Gene Tortelli,  
Chris MacMahon

**Email:** pstrenk@golder.com  
smcmanus@golder.com

**ASUNTO:** **EVALUACIÓN DE PRE-FACTIBILIDAD DE LA ESTABILIDAD A LARGO PLAZO POST-CIERRE DE LAS INSTALACIONES DE PATIO DE LIXIVIACIÓN MARICELA Y EL BOTADERO DE ROCA ESTÉRIL CHONTAL SUPERIOR PARA EL PROYECTO DE LA MINA CERRO QUEMA**

## 1.0 INTRODUCCIÓN

Este memorándum técnico presenta el análisis de estabilidad de talud realizado por Golder Associates Inc. (Golder) para apoyar el estudio de pre-factibilidad de la Instalación del Patio de Lixiviación Maricela y el botadero de roca estéril Chontal superior para el proyecto de la mina propuesto Cerro Quema. Pershimco Resources, Ltd. (PRO) que es el propietario de la mina.

Golder realizó el análisis de estabilidad de talud para evaluar el rendimiento geotécnico de la instalación del patio de lixiviación (HLF por sus siglas en inglés) y el botadero de roca estéril (WRD por sus siglas en inglés) de la mina propuesta Cerro Quema. El propósito del análisis de estabilidad fue evaluar la HLF y el WRD para los riesgos de inestabilidad potencial a través de las condiciones a largo plazo post-cierre de estas instalaciones. Golder ha realizado las siguientes tareas:

- Desarrolló propiedades geotécnicas preliminares del material de lixiviación en las pilas, los componentes del sistema de recubrimiento, y los materiales de cimentación para el análisis de estabilidad del talud con base en los resultados de las pruebas de laboratorio existentes y anteriores y los datos de campo;
- Realizó un análisis del límite de equilibrio de estabilidad de talud para evaluar inestabilidades potenciales dentro de la HLF y el WRD bajo condiciones estáticas; y
- Realizó un análisis del límite de equilibrio de estabilidad de talud para evaluar inestabilidades potenciales dentro de la HLF y el WRD bajo condiciones sísmicas de un evento sísmico de diseño.

También, los resultados del análisis de estabilidad ayudaron a proporcionar los criterios preliminares de diseño para el diseño de ingeniería civil y operación de la HLF y el WRD lo cual incluyó los parámetros tales como el nivel de la base de recubrimiento y los taludes laterales del mineral en la HLF y los taludes laterales de roca estéril en el WRD.



Este memorándum presenta el desarrollo de las propiedades geotécnicas, metodologías geotécnicas y los resultados de las evaluaciones de estabilidad estática y sísmica para la HLF y el WRD. Con base en los resultados de estos análisis, se evaluó el rendimiento geotécnico de estas instalaciones y se discuten las conclusiones y recomendaciones.

## 2.0 MINA CERRO QUEMA

El proyecto Mina Cerro Quema se ubica en la provincia de Los Santos en Panamá en la porción sur-central de la Península Azuero, aproximadamente a 100 kilómetros al sur de la Ciudad de Panamá. La Mina Cerro Quema será una operación a cielo abierto para la minería de oro que se propone incluir dos tajos (La Pava y Quema-Quemita), un botadero de roca estéril (Chontal superior) y una instalación de patio de lixiviación (Maricela). La Figura 1 muestra el arreglo general de estas instalaciones. Las secciones a continuación describen la geometría y configuración general de la HLF y el WRD.

### 2.1 HLF Maricela

La HLF Maricela se encuentra en la porción sur del sitio de proyecto. La HLF consta de un patio forrado con geomembrana y tiene un área total de superficie de 310,000 m<sup>2</sup>. Un estanque de solución rica y un estanque de evento se encuentran al sur del área del patio. El arreglo general de esta instalación se muestra en la Figura 1. La HLF está diseñada para una altura máxima de pila de 75 metros para proporcionar una capacidad total de mineral de 20 millones de toneladas métricas. El mineral del patio de lixiviación será apilado en cargas de aproximadamente 8 metros, con compensaciones entre cargas para proporcionar un talud promedio total de mineral de 2.5H:1V (21.8 grados). Se pretende que este diseño de talud proporcionará una estabilidad operacional y post-cierre de la pila, y minimizará la nivelación durante restauración.

La superficie del suelo nativo dentro del área del patio de lixiviación será preparado por medio de despejar y remover la vegetación de los suelos de sobrecarga a una profundidad promedio de unos 0.4 m. Debido a la topografía naturalmente inclinada (generalmente oscila entre 8 y 80 por ciento), se requerirá nivelación significativa dentro del patio de lixiviación para proporcionar condiciones adecuadas para la colocación del recubrimiento de geomembrana; se muestra el alcance de la nivelación en la Figura 2. La nivelación consistirá de una formación general con la colocación de corte y relleno local a través del área del patio para proporcionar una superficie lisa y plana con taludes locales que no se excedan de 2H:1V (26.5 grados) para las taludes que se orientan alejadas de la punta de la HLF. En la punta (extremo sur de la HLF) se construirá un relleno grande para lograr un grado máximo de diseño del 2 por ciento para el recubrimiento de lixiviación del patio. Además, se requiere un relleno significativo para construir las plataformas de proceso y los estanques al extremo sur de la HLF.

Los materiales in-situ de sobrecarga y suelo saprolítico excavados durante el desmonte y formación del patio de lixiviación probablemente sean utilizados como relleno estructural donde el relleno sea

requerido. Si se pueden cumplir con los requisitos de gradación, también se puede usar la roca estéril como material de relleno estructural.

### 2.1.1 Sistema de Recubrimiento de Base

El sistema de recubrimiento de base para la HLF funciona como un límite impermeable de contención ambiental de las aguas de solución de proceso e impactadas por la operación y cierre de la instalación. El sistema de recubrimiento de base consta de un recubrimiento "compuesto" y será colocado sobre un subrasante compactado de suelo nativo removido o de relleno estructural. El sistema de recubrimiento consta de los siguientes componentes (de arriba hacia abajo):

- Cubierta del recubrimiento – un mínimo de 0.7 metros de grueso que consta de mineral de lixiviación de la pila de drenaje libre colocado en una sola carga no compactada. Esta capa sirve para proteger la geomembrana subyacente y facilitar el drenaje del sistema de colección de solución.
- Geomembrana - un recubrimiento de geomembrana de alta densidad polietileno (HDPE por sus siglas en inglés) de 2 mm (80 mil) de grueso, texturado por ambos lados.
- Suelo arcilloso – suelo de grano fino con un mínimo de 0.6 metros de grueso, humectado y compactado para proporcionar una permeabilidad máxima de  $1 \times 10^{-5}$  cm/s colocado sobre un subrasante compactado.

## 2.2 WRD Chontal Superior

La instalación del WRD Chontal superior se ubica a aproximadamente 700 metros al norte de la HLF Maricela. La roca estéril de las operaciones mineras que viene de los dos tajos será usada como desecho en esta instalación. Se muestra el arreglo general de esta instalación en la Figura 3. El WRD Chontal superior está diseñado con una altura máxima de aproximadamente 95 metros para proporcionar una capacidad de aproximadamente unos 15 millones de toneladas métricas. La roca estéril será colocada en cargas con un ángulo de reposo de 10 a 15 metros, con compensaciones entre las cargas para proporcionar un ángulo total de talud de 2.5H:1V (21.8 grados). Al terminar la colocación del material de desecho, el WRD será re-nivelado a un talud final de cierre de 2.5H:1V o más plano, y los bancos serán desarrollados para el control a largo plazo de las aguas superficiales.

Antes de la colocación del desecho, el suelo nativo será preparado para el despeje de vegetación y la remoción de suelos de sobrecarga a una profundidad promedio de unos 0.4 m. Se almacenará el suelo de sobrecarga movida en una reserva de suelo de capa vegetal para el uso durante la restauración. Se instalarán los subdrenes en el drenaje natural debajo de la primera carga de material de desecho para prevenir el desarrollo de presiones de poro de agua en el botadero.

El diseño que se muestra en la Figura 3 representa la configuración si es realizada la capacidad *máxima* de roca estéril de 15 millones de toneladas métricas durante la vida de la mina. Según el plan actual de pre-factibilidad de la mina, el WRD Chontal superior tendrá una capacidad de 14 millones de toneladas métricas como una porción de las actividades de desmonte de pre-minería como se planea ser utilizado

para la construcción de las plataformas de proceso para las instalaciones de trituración y administración. A esta capacidad menor, la altura máxima de la instalación será aproximadamente de 80 metros.

### 3.0 UBICACIÓN DE SECCIONES

Se seleccionaron cuatro (4) secciones para el análisis de estabilidad de la HLF y el WRD con base en las características geométricas de la configuración de construcción final (o última) de estas instalaciones. Estas secciones se encontraron en las áreas "críticas" con base en la altura y ángulo de la pila propuesta y los taludes del botadero y la topografía de la superficie existente del suelo.

Se seleccionaron dos secciones (denotada como 1 y 2) para analizar la estabilidad de la HLF; se muestran las ubicaciones de estas en la Figura 2. La Sección 1 se extiende a través del largo total de la HLF (incluyendo los dos estanques) y pasa a través de la altura máxima de la pila de 75 metros. La Sección 2 pasa a lo largo de un drenaje natural por el suelo existente con pendientes muy inclinadas. La Figura 4 muestra una vista en sección transversal de las Secciones 1 y 2.

Dos (2) secciones restantes (denotadas como 3 y 4) fueron seleccionadas para analizar la estabilidad del WRD; se muestran las ubicaciones de estas en la Figura 3.

Para propósitos de este estudio, se realizaron los análisis de estabilidad con el supuesto de que el WRD Chontal superior esté a su capacidad máxima de 15 millones de toneladas métricas; este es un supuesto conservador ya que corresponde a la altura máxima de talud de 95 metros (es decir, en caso de la peor condición) mientras la capacidad reducida bajo el plan actual de la mina creará una altura de talud que es del 16% más baja. Para esta configuración, las dos secciones pasan a través de una altura máxima del botadero de 95 metros y se orientan a lo largo de un drenaje del valle con un buzamiento pronunciado en el suelo existente. La Figura 4 muestra una vista de la sección geológica transversal de las Secciones 3 y 4. Debido a que la configuración planeada actualmente del WRD es generalmente más favorable, demostrando una estabilidad aceptable para la configuración del talud más grande significará que la configuración de la altura del talud reducido también tendrá una estabilidad aceptable.

Se debe notar que las Secciones 2 (en la HLF) y 4 (en el WRD) no son perpendiculares a los taludes principales en estas instalaciones; así, en vista de sección el talud sería menor que el diseño planeado de 2.5H:1V. En consecuencia, los taludes en estas secciones fueron "modificados" para crear la pendiente del diseño previsto; este es un supuesto conservador puesto que crea una condición adversa (o en peor de los casos) a lo largo de estas secciones.

### 4.0 CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES GEOTÉCNICAS

Se caracterizaron las condiciones geotécnicas de la subsuperficie para el sitio total de Cerro Quema (así como en los sitios de la HLF y el WRD) para la revisión de los datos existentes del laboratorio y de campo

de trabajos geotécnicos anteriores, del estudio de pre-factibilidad de la estabilidad del tajo y la investigación de la subsuperficie de Golder (2013) y un programa de pruebas del laboratorio realizado por Golder en Octubre de 2013. Se documentan los trabajos y datos geotécnicos anteriores en los siguientes:

- Knight Piésold (1994). *Cerro Quema Project Feasibility Study Geotechnical/Geochemical Field Investigation Report* (Reporte de Estudio Geotécnico de Pre-Factibilidad/Investigación Geoquímica del Campo para el Proyecto Cerro Quema), para Amax Gold Inc. por Knight Piésold and Co., fechado el 28 de Octubre de 1994.
- Knight Piésold (1996). *Cerro Quema Project Geotechnical Investigation Report* (Reporte de Investigación Geotécnica Proyecto Cerro Quema), para Kappes, Cassidy & Associates por Knight Piésold LLC, fechado el 6 de noviembre de 1996.
- Tetra Tech (2008). *Sediment Dam and Waste Dump Technical Memorandum of Geotechnical Investigation and Stability Analysis Results* (Memorándum Técnico de la Investigación Geotécnica y los Resultados de Análisis de Estabilidad de la Presa de Sedimentos y Botadero), para Bellhaven Copper and Gold Inc. por Tetra Tech, fechado el 10 de Junio de 2008.

#### 4.1 Base de Datos de Propiedades Geotécnicas

Se revisaron los datos de Knight Piésold (1994, 1996), Tetra Tech (2008) y de la investigación de Golder en 2013 y se compiló una "base de datos de propiedades geotécnicas" que consta de una variedad de datos de las pruebas de laboratorio que se realizaron para los materiales de subsuperficie del sitio Cerro Quema. Esta base de datos sirvió como una base en el desarrollo de los parámetros geotécnicos de algunos de los materiales en las instalaciones de la HLF y el WRD, como se discute más adelante.

La base de datos incluye datos de las 180 pruebas de propiedad de índice (por ejemplo, distribución de tamaño de partícula, límites de Atterberg) y las 13 pruebas de resistencia (por ejemplo, compresión triaxial, corte directo); también se compilaron otros datos de pruebas, pero ellos son menos relevantes para la estabilidad que se discute aquí. Se realizaron pruebas de laboratorio para las muestras recogidas en las exploraciones geotécnicas (por ejemplo, de barrenos y pozos de prueba) como se muestran en la Figura 5.

Se obtuvieron las muestras recogidas de profundidades que oscilaron entre 0 m (superficie del suelo) a unos 14 metros. Cerca del 90% de las muestras fueron recogidas de profundidades de menos de los 5 metros y 50% fueron recogidas de profundidades de un 1 metro o menos. Con base en estas profundidades de muestreo, las propiedades geotécnicas compiladas en la base de datos consideraron ser representativas de los suelos nativos de sobrecarga de cerca de la superficie. Geológicamente, estos suelos son en su mayoría saprolíticos (con algunas lateritas) derivadas de la erosión in-situ del lecho de roca subyacente.

## 4.2 Caracterización Geotécnica

### 4.2.1 Sitio Cerro Quema

Los materiales de sobrecarga del suelo en el sitio Cerro Quema son altamente variables pero predominantemente son de grano fino que consta en su mayoría de arcillas y limos de plasticidad variable (Sistema de Clasificación de Suelos Unificados [USCS] símbolos del grupo CH, CL, CL-ML, ML, MH). Los suelos de grano grueso (arenas y gravas) también están presentes pero en menor grado. Estas arenas y gravas típicamente tienen una fracción moderada de finos (partículas de tamaño de limo y arcilla menores que de 0.075 mm) que tienen un rango amplio de arenas arcillosas limosas y gravas arcillosas limosas (símbolos de grupo USCS SC, SM, SC-SM, GC, GM y GC-GM). Se muestra un histograma de los símbolos USCS para el grupo de los materiales de la subsuperficie en la Figura 6. Los suelos encontrados en el sitio generalmente tienen un rango muy amplio en su composición. Esto se indica en la distribución de tamaños de partícula en la Figura 8. Los suelos de la subsuperficie tienen un límite de líquido (LL) promedio y un límite de plasticidad (PL) de 43 y 25 respectivamente. El índice de plasticidad (PI) de los suelos in-situ oscila de 2 a 58 con un valor promedio de 18 que indica que la porción de finos de los suelos de la sub-superficie es generalmente de ligera a media en plasticidad. Se presentan los histogramas de los límites Atterberg (LL, PL, PI) en la Figura 9.

### 4.2.2 Sitios de la HLF y el WRD

La variabilidad de los materiales de la subsuperficie encontrados a través del sitio Cerro Quema también se observa dentro de los sitios de la HLF y el WRD. La porción norte del sitio de la HLF consta de arcilla magra con arena (CL) a una profundidad de 2.0 metros subyacidas por arenas arcillosas y limosas (SC y SM). La porción sur de la HLF consta de limos arenosos (ML) y arenas limosas (CL) a una profundidad de 3.0 metros subyacida por arena limosa (SM) y arena arcillo-limosas (SC-SM). Estos suelos de sobrecarga (saprolitas y lateritas) son el producto de la erosión in-situ del lecho de roca subyacida. El lecho de roca consta de sedimentos volcanoclásticos estratificados con flujos de lava andesíticas (denotado como unidad volcanoclástica superior). No se sabe la profundidad para encontrar roca que sea competente y mínimamente erosionada, pero se supone que es variable. Durante la investigación de Golder en 2013, no se observó roca competente en los pozos de prueba excavados a profundidades de 4 metros.

En el WRD, las condiciones de la subsuperficie constan de una capa de arcillas magras (CL) y gravas arcillosas que sobreyacen roca ígnea dacita. La profundidad a la roca competente varía desde los 3.0 metros a los 17.0 metros debajo de la superficie del suelo (Knight Piésold 1994, 1996, Tetra Tech 2008).

#### 4.2.3 Reutilización de los Suelos de Sobrecarga

Como se discute anteriormente, la preparación del sitio para la HLF y el WRD consistirá en el desmonte los suelos nativos de sobrecarga a una profundidad promedio de 0.4 m. En el sitio de la HLF, este material será usado para relleno estructural para las nivelaciones de la HLF y construcción del estanque y también para material de grava dren en preparación del recubrimiento. En el WRD, este material será puesto en reserva para el uso durante la restauración. Con base en la intención de reutilizar los suelos de sobrecarga, las propiedades geotécnicas en la base de datos se consideran representativas de la composición probable del relleno estructural y los suelos de grava dren que serán derivados de estos suelos de sobrecarga in-situ.

### 5.0 PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES

Las siguientes secciones discuten el desarrollo preliminar de las propiedades geotécnicas y los parámetros de resistencia al corte para el mineral de la pila de lixiviación, roca estéril, relleno estructural, así como la caracterización de la resistencia al corte del sistema de la base de recubrimiento para la HLF. También se discuten las propiedades geotécnicas de los materiales de cimentación que subyacen la HLF y el WRD.

#### 5.1 Mineral de la Pila de Lixiviación

El mineral de la pila de lixiviación será compuesto de material de roca triturado de drenaje libre con un contenido bajo en finos (partículas de arcilla-limo con un tamaño menor que de 0.075 mm). El plan actual del procedimiento de mineral indica que el material tal como sale de la mina (ROM por sus siglas en inglés) excavado será triturado a una gradación objetiva que consta del 80% de partículas con tamaños de 50 mm (2 pulgadas) o menores.

Estas características generales funcionan como la base para desarrollar las propiedades geotécnicas para el mineral del patio de lixiviación. La gradación "objetivo" fue utilizado generalmente para clasificar el mineral según el Sistema de Clasificación de Suelos Unificados (USCS por sus siglas en inglés) y se utilizó una correlación empírica publicada para estimar la resistencia al corte. Se supuso que el mineral de la pila de lixiviación era grava mal clasificada con una variable pero generalmente contenido bajo en partículas de grano fino (<10% limo y arcillo no plásticos); esto corresponde a un símbolo del grupo GP o GM-GM del USCS. Para estimar la resistencia al corte, se utilizó una correlación empírica por el US Navy (1982). Esta correlación relaciona el ángulo efectivo de fricción ( $\phi'$ ) a las características diferentes del suelo y propiedades de índice incluyendo peso por unidad seca ( $\gamma_{seca}$ ), densidad relativa ( $D_r$ ) y la clasificación del USCS. Se muestra esta correlación en la Figura 10. Se asumió que el mineral estar en el rango de suelto a denso mediano que corresponde a una densidad relativa de aproximadamente del 60%. Con base en la clasificación USCS y en este rango de densidad, se seleccionó un ángulo efectivo de fricción de 34 grados (Figura 10). Ya que este es una material granular de grano grueso, se supuso



una cohesión efectiva ( $c'$ ) de 0 kPa. Se supuso que el mineral de la pila de lixiviación tener un peso de unidad húmeda ( $\gamma_{\text{húmeda}}$ ) de 20 kN/m<sup>3</sup> (127 lb/ft<sup>3</sup>); este valor es representativo de su condición húmeda y su peso durante la lixiviación activa.

## 5.2 Roca Estéril

Las características de la roca estéril fueron inferidas para las condiciones geológicas de la subsuperficie del área del depósito del mineral. El lecho de roca en las proximidades de los tajos La Pava y Quemita consta de roca ígnea dacita que ha sido erosionada de forma variable y alterada hidrotermalmente (ambas la silificación y alteración de arcilla). La roca dacita huésped brechada e intensamente silicificada de la mineralización y es la unidad principal en la que los tajos serán desarrollados. También, hasta los 5 metros de suelos saprolíticos y lateritos intensamente erosionados sobreyacen el área del depósito. Con base en eso, se asumió que la roca estéril probablemente consistirá de una mezcla de un material de roca de grano grueso altamente variable con una porción significativa de suelos de grano más fino (partículas de arena, limo y arcilla). Además, se asumió que la roca estéril será volcada en cargas sueltas gruesas y colocada con solamente el mínimo de fuerza de compactación.

Estas caracterizaciones sirvieron como la base para desarrollar las propiedades geotécnicas de la roca estéril. En comparación de los materiales de relleno que sean más limpios y más uniformes, tales como el mineral de la pila de lixiviación, se consideró que la roca estéril movilizaría menos resistencia friccional debido a su naturaleza altamente variable y contenido significativo de finos. Con base en este supuesto, se seleccionó un ángulo efectivo de fricción ( $\phi'$ ) de 31 grados. Para ser conservador, también se asumió una cohesión efectiva ( $c'$ ) insignificante. Se asumió que este material tenga un peso de unidad húmeda ( $\gamma_{\text{húmeda}}$ ) de 20 kN/m<sup>3</sup> (127 lb/ft<sup>3</sup>).

## 5.3 Relleno Estructural

Como indicado anteriormente, es probable que el relleno estructural consista de suelos de sobrecarga de cerca de la superficie y/o materiales selectos de roca estéril del tajo. Se asumió que el material consista de un mezcla de suelos de grano grueso y grano fino con el 100% de las partículas siendo de 150 mm (6 pulgadas) o de menor tamaño, y con un contenido de finos de moderados a altos. Se asumió que este material sea humectado y compactado como relleno de ingeniería durante la colocación de los rellenos en el área de la HLF.

Se realizaron pruebas del laboratorio para muestras remoldeadas y compactadas de suelos de sobrecarga del sitio como parte de la investigación de Golder de 2013 así como para las investigaciones de Knight Piésold (1994, 1996). Knight Piésold (1994) recolectaron una (1) muestra a granel del pozo de prueba LPTP-28 ubicado al oeste del área del WRD Chontal superior. Knight Piésold (1996) creó dos (2) muestras “compuestas” (denotadas como CPTP Compuesto 1 y 3) para combinar las muestras a

granel múltiples recogidas de los pozos de prueba excavados dentro de y al este del WRD Chontal superior. En el 2013, Golder recolectó dos (2) muestras de los pozos de prueba TP-14 y TP-16 excavados en el sitio de la HLF Maricela.

Se realizaron pruebas de consolidado-no drenada (CU por sus siglas en inglés) de compresión triaxial para las cinco muestras para medir la resistencia al corte. Estas muestras fueron remodeladas y compactadas a unas compactaciones (R) relativas que oscilaron entre el 87% al 97% de sus densidades máximas secas ( $\gamma_{seca\ max}$ ) (nota: se utilizaron ambos Estándar y esfuerzo Modificado para preparar las muestras). Se consolidaron y cortaron las muestras a resistencias confinadas normales que oscilaron entre 50 a 690 kPa (7.3 a 100 psi) que representan un espesor de relleno equivalente de hasta 36 metros (asumiendo un peso de unidad nominal de 19 kN/m<sup>3</sup>). Se pueden encontrar los detalles adicionales de las pruebas del laboratorio en las hojas de datos del laboratorio de Knight Piésold (1994, 1996). Los datos de las pruebas de todas las muestra fueron combinadas y usadas para calcular los parámetros de la resistencia efectiva Mohr-Coulomb. Se calculó un ángulo de fricción efectivo ( $\phi'$ ) de 31 grados. Para ser conservador, se asumió una cohesión efectiva insignificante ( $c'$ ). Se muestra el envolvente de rotura en la Figura 11.

Se asumió que este material tenga un peso de unidad húmeda ( $\gamma_{húmeda}$ ) de 19 kN/m<sup>3</sup> (121 lb/ft<sup>3</sup>) y un peso de unidad saturado ( $\gamma_{sat}$ ) de 20 kN/m<sup>3</sup> (127 lb/ft<sup>3</sup>). Un peso de unidad saturada se consideró adecuado para el relleno estructural debido al clima tropical y la temporada de lluvias prolongada en el sitio, así como el hecho de que el contenido moderado a alto de finos del material puede atrapar la humedad y prevenir el desagüe.

## 5.4 Relleno de Suelo Arcilloso

Como fue indicado anteriormente, el relleno de suelo arcilloso probablemente consista de suelos de sobrecarga del sitio colocado como un relleno de ingeniería. Se asumió que el material sea predominantemente de granos finos con el 100% de las partículas siendo de 19 mm (0.75 pulgadas) o menores en tamaño con un contenido de finos moderados a altos. Con base en la variabilidad composicional de los materiales de la subsuperficie encontrados en el sitio (Figuras 6 a 9) el suelo arcilloso probablemente tenga un contenido de finos mayor que del 40% con una plasticidad ligera a mediana (índices de plasticidad, PI es generalmente menor que de 25).

Golder asumió que las pruebas del laboratorio de resistencia al corte para las muestras remodelados y compactadas de suelos de sobrecarga (discutidos en la sección anterior) también eran aplicables al material del suelo arcilloso. Se asumió que el suelo arcilloso tuviera un ángulo de fricción efectivo ( $\phi'$ ) de 31 grados con una cohesión efectiva ( $c'$ ) de 0 kPa (Figura 11).

Para verificar esta resistencia medida, se utilizó la correlación empírica publicada por Terzaghi et al. (1996) para estimar el ángulo efectivo de fricción. Se muestra esta correlación en la Figura 12 y se relaciona el ángulo efectivo de fricción al índice de plasticidad (PI) del suelo. Se estimó un ángulo efectivo de fricción de 31 grados usando un valor promedio de PI (18) calculado de las propiedades geotécnicas en la base de datos. Este valor es consistente con la resistencia medida.

## 5.5 Sistema de Recubrimiento Base

En general, la resistencia al corte crítica (o limitante) en un sistema de recubrimiento geosintético es *la resistencia al corte de la interfaz* entre los materiales del suelo y el geosintético (no los materiales del suelo en sí mismos) (Koerner 2005). El propósito de las pruebas de resistencia al corte directo de la interfaz es determinar las propiedades de resistencia al corte de las interfaces del suelo-geosintético en un sistema de recubrimiento. Knight Piésold (1996) realizó unas pruebas de resistencia al corte directo de la interfaz para medir las propiedades de resistencia al corte de las interfaces del suelo-a-geosintético representados en el sistema de recubrimiento base. Golder no realizó pruebas de resistencia al corte directo de la interfaz como parte del programa de pruebas del laboratorio de 2013.

### 5.5.1 Pruebas de Resistencia Directa de la Interfaz

Se realizaron cuatro (4) pruebas de resistencia directa de la interfaz en dos (2) tipos diferentes de la interfaz suelo-geomembrana que son representativas de las combinaciones planeadas para su uso en la HLF. Todas la pruebas de resistencia directa de la interfaz usaron geomembrana marca GSE de alta densidad polietileno (HDPE por sus siglas en inglés) de 1.5 mm, texturada. Los dos tipos de la interfaz de suelo-geomembrana que fueron probados son:

- Geomembrana HDPE texturada de 1.5 mm vs. suelo arcilloso/recubrimiento de suelo (dos pruebas)
- Geomembrana HDPE texturada de 1.5 mm vs. mineral de la pila de lixiviación (dos pruebas)

Se realizó cada prueba de interfaz del suelo-geomembrana a cuatro o cinco esfuerzos de confinamiento normal diferentes que oscilaron de entre 3.4 a 690 kPa (0.5 a 100 psi) que representan un espesor equivalente de hasta 36 metros (asumiendo un peso de unidad nominal de 19 kN/m<sup>3</sup>). Los detalles adicionales de las pruebas del laboratorio se pueden encontrar en las hojas de datos de Knight Piésold (1996).

Las muestras de suelo arcilloso/recubrimiento de suelo utilizadas en las pruebas de resistencia al corte de la interfaz fueron dos muestras “compuestas (denotadas como CPTP Compuesto 1 y CBTP Compuesto 2) que fueron creadas mediante la combinación de muestras múltiples a granel recogidas de los pozos de prueba excavados dentro de y al norte del WRD Chontal superior. Las muestras de mineral utilizadas para la pruebas consistieron de material lixiviado de una prueba de lixiviación de una columna grande. La fuente original del material de mineral fue una muestra “compuesta” del material tal como

sale de la mina (ROM) que se obtuvo mediante la combinación de materiales de algunos zanjas grandes excavaron en el sitio. Cada muestra tenía gradaciones de diferentes tamaño de partícula; ellas son: (1) Muestra A2-2 – 100% que pasa por la malla No. 4 (4.75 mm); y (2) Muestra B2 – 100% que pasa por la malla de 2 pulgadas (51 mm) con un contenido menor que del 5%. Se asumió ser representativa del material de cubierta del recubrimiento (que es compuesto del mineral de la pila de lixiviación) que generalmente sobreyace a la geomembrana.

La respuesta de resistencia al corte-desplazamiento al corte ( $\tau$ -d) de las dos muestras de suelo arcilloso/recubrimiento de suelo y mineral se muestran en las Figuras 13 y 14 respectivamente. La resistencia al corte máxima ( $\tau_{\text{máxima}}$ ) movilizada para cada muestra también se indica en estas figuras.

### 5.5.2 Desarrollo de Resistencia

Se caracteriza la resistencia al corte de una interfaz de suelo-geosintético por los parámetros efectivos del ángulo de fricción ( $\delta'$ ) de la interfaz y una adhesión efectiva de la interfaz ( $a'$ ) (Koerner 2005). Los parámetros representativos de resistencia se basaban en una revisión de los datos existentes de pruebas de resistencia al corte así como el juicio ingenieril con base en la experiencia pasada de Golder con instalaciones de patio de lixiviación similares. Lo siguiente resume nuestras consideraciones para el desarrollo de resistencia:

- Las interfaces de suelo-geosintético tienen una resistencia al corte que es dependiente de la tensión y también dependiente de la cantidad de desplazamiento lateral o al corte (d) que ocurre a lo largo de la interfaz. En general, para una tensión normal constante, una interfaz de suelo-geosintético se movilizará progresivamente a una mayor resistencia al corte hasta llegar a un valor máximo ( $\tau_{\text{máximo}}$ ). Con el incremento de desplazamiento del corte, la interfaz podría continuar la movilización de la resistencia cerca a (o ligeramente inferior que) este valor máximo, o podría mostrar una tendencia a la disminución siendo capaz de solo movilizar la resistencia que es una fracción de su valor máximo (denominado residual,  $\tau_{\text{residual}}$ ) a mayores desplazamientos.
- Como se muestra en las Figuras 13 y 14, algunos puntos de prueba muestran un “máximo” bien definido junto con una reducción fuerte post-máximo. Sin embargo, la mayoría de estos puntos de prueba (para ambos recubrimiento del suelo y las muestras de mineral) muestran una disminución muy gradual en la resistencia (o ninguna) con el incremento del desplazamiento.
- En el campo, los desplazamientos al corte pueden ocurrir dentro de la base de recubrimiento (a lo largo de taludes laterales o áreas planas) debido a las actividades de construcción, instalación del recubrimiento, cubierta del material o procedimientos de la colocación del mineral, o asentamiento del propio mineral. Los desplazamientos al corte inducidos por estas actividades generalmente son inevitables durante la construcción y operación de la HLF y tienen el efecto de reducir la resistencia de la interfaz del suelo-geosintético de su valor máximo a su *resistencia residual*. Por esta razón, es más apropiado usar los parámetros de resistencia al corte de la interfaz con base en la condición de resistencia residual ( $\delta'_{\text{residual}}$  y  $a'_{\text{residual}}$  con base en  $\tau_{\text{residual}}$ ) en vez de la condición de resistencia máxima ( $\delta'_{\text{máxima}}$  and  $a'_{\text{máxima}}$  con base en  $\tau_{\text{máxima}}$ ).
- Los datos disponibles de pruebas muestran una respuesta variable  $\tau$ -d. Las Figuras 13 y 14 muestran que la mayoría de las pruebas de resistencia directa no se extendieron a

grandes desplazamientos al corte ( $d$ ), por lo tanto la respuesta post-máxima y la tensión residual al corte ( $\tau_{\text{residual}}$ ) no fueron completamente medidas. Así, solamente los envoltentes de rotura podrían determinarse de forma fiable de los datos de pruebas disponibles.

- El rango de la resistencia máxima de los envoltentes de rotura para el recubrimiento de suelo-geomembrana texturada y las interfaces se muestran en la Figura 15 (los rangos están indicados por el sombreado gris). La resistencia al corte estimada del mineral del patio de lixiviación y la resistencia al corte medida para el suelo arcilloso/recubrimiento del suelo también se muestran para hacer una comparación.
- Los datos de interfaz directa al corte indican que las dos interfaces [interfaz de geomembrana texturada del mineral (área sombreado de gris oscuro) y la interfaz de recubrimiento de suelo-geomembrana (área sombreado de gris claro)], resistencias máximas movilizadas que son generalmente similares a los del recubrimiento del suelo y pila de mineral solos. En total, los resultados de la prueba de resistencia al corte de la interfaz son contrarios a la intuición debido a que las interfaces de geomembrana deben movilizar menos resistencia que los materiales de mineral y recubrimiento de suelo.

Para este estudio a nivel de pre-factibilidad, Golder lo considera apropiadamente cauteloso para usar los parámetros de resistencia para el sistema de base de recubrimiento que son representativos de *las condiciones de resistencia residuales*. Esto tiene base en nuestra experiencia pasada que sugiere desplazamientos al corte inducidos por las actividades de construcción reducirá la resistencia de la interfaz de geomembrana-a-suelo para los valores máximos a residuales. Adicionalmente, Golder consideró la resistencia al corte del sistema de la base de recubrimiento estar limitado (o controlado) por *la interfaz del recubrimiento de geomembrana-a-suelo*; el suelo arcilloso/recubrimiento del suelo, mineral de pila e interfaz de mineral-a-geomembrana texturada fueron asumidos para movilizar una resistencia mayor. Con base en eso, Golder asumió un ángulo de fricción de interfaz residual ( $\delta'_{\text{residual}}$ ) de 21 grados y adhesión despreciable ( $a'_{\text{residual}} = 0$  kPa). El envoltente de resistencia residual que corresponde a estos parámetros se comparan con los datos de resistencia al corte directo de la interfaz en la Figura 15. La resistencia se considera razonable ya que es menor que la resistencia medida para el recubrimiento de suelo y la resistencia máxima medida para la interfaz de recubrimiento de suelo-a-geomembrana.

## 5.6 Materiales de Cimentación

El área del proyecto Cerro Quema consta de entre cero y 5 metros de suelos de sobrecarga que sobreyacen el lecho de roca. Geológicamente, los suelos de sobre carga constan de saprolita y laterita derivados de la alteración in-situ de la roca subyacente. El lecho de roca en el área del proyecto consta de andesita volcánica extrusiva, dacita y rocas basálticas con caliza sedimentaria y turbiditas que son parte de la Formación Río Quema.

Las instalaciones HLF y WRD sobreyacen la Unidad Superior de la Formación Río Quema (Corral et al., 2011). El WRD Chontal superior sobreyace roca dacita que ha sido erosionada variablemente y alterada hidrotérmalmente (ambos la silicificación y la alteración de arcilla). La HLF

Maricela hacia el sur sobreyace una mezcla de sedimentos volcanoclásticos, areniscas ricas en cristales, capas de areniscas y calizas delgadas que están intruidos por diques basálticos-andesíticos.

Como parte del diseño del talud del tajo, Golder (2013) caracterizó las propiedades de masa de roca en y alrededor de los tajos La Pava y Quema-Quemita. La roca dacita en el área del tajo se caracterizó geotécnicamente con base en su ubicación encima de o debajo del límite de oxidación asociado con la mineralización. Golder (2013) definió la unidad geotécnica del Lecho de Roca Oxidado que ocurre más cerca de la superficie del suelo y una unidad de Lecho de Roca No Oxidado que ocurre a profundidad. Debido a la proximidad de los tajos al sitio del WRD, la unidad de Lecho de Roca Oxidado se asumió ser representativa de las rocas encontradas debajo de esta instalación. Golder (2013) caracterizó la resistencia al corte del Lecho de Roca Oxidado usando el modelo Generalizado de Hoek-Brown (Hoek et al., 2002) se usa para representar las masas de roca fuertemente divididas en una masa discontinua por estructuras geológicas tales como fracturas y diaclasas. Los parámetros requeridos para este modelo incluyen: (1) resistencia compresiva no confinada de la roca intacta (UCS); (2) clasificación de la masa de roca que es una medida cuantificada de la calidad de la masa de roca (con base en los datos de registros de núcleos) ( $RMR_{76}$ ) (Bieniawski 1976); (3) un material constante para la roca intacta ( $m_i$ ) con base en el tipo de roca; y (4) un factor de disturbio (D) que depende del grado de disturbio que la masa de roca ha sido sometido a la voladura o excavación. Los detalles del desarrollo de estos parámetros para las unidades de Lecho de Roca Oxidado se discuten en detalle en Golder (2013) y no se presentan en este documento. Los parámetros Generalizados de Hoek-Brown para el material de cimentación (por decir, dacita o lecho de roca oxidado) debajo del WRD se resumen en la Tabla 1 a continuación. Con la excepción de D, todos los otros parámetros son los mismos como los presentados en Golder (2013). En lugar de usar 0.7 para D (que representa daño moderado de voladura y excavación); se asumió un valor de cero para D para la roca inalterada debajo del WRD.

Como fue mencionado anteriormente, la roca debajo de la HLF es diferente que la del sitio del WRD. Adicionalmente, la mayoría de los datos del campo y pruebas del laboratorio disponibles están enfocados a la roca dacita en y alrededor de los tajos abiertos; información muy limitada está disponible para los sedimentos volcanoclásticos y areniscas hacia el sur. Los únicos datos que son específicos al sitio que están disponibles para el sitio del HLF son observaciones de campo y cartografía geológica de los afloramientos de roca realizados durante la investigación de Golder en 2013. Las observaciones del campo de estos afloramientos de roca indican que la roca puede ser más débil que la dacita encontrada en el sitio del WRD. Las estimaciones de campo de la resistencia de roca indican que la roca oscila de entre Muy Débil (R0) a Débil (R2) con una resistencia UCS aproximada que oscila de entre 0.25 MPa a 25 MPa (Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas, ISRM índice de resistencia de roca). Este es menor que lo medido para la dacita (por decir, Lecho de Roca Oxidado); esta roca oscila de entre Débil (R2) a Fuerte (R4) (UCS de 5 MPa a 50 MPa). Aunque la roca puede ser más débil, la calidad de la masa de roca en el sitio de la HLF ( $RMR_{76}$  que oscila de 35 a 45 corresponde a calidad de roca Pobre a



Adecuado) es probablemente comparable a la de la dacita ( $RMR_{76} = 42$  o calidad Adecuado; Tabla 1). Además, el  $m_i$  de 25 usado para la dacita es consistente con los rangos reportados para andesita ( $m_i = 25 \pm 5$ ) y del lado superior del rango para arenisca ( $m_i = 15 \pm 7$ ) (Hoek y Karzulovic, 2000).

Para el propósito de este estudio de pre-factibilidad, las propiedades de masa de roca desarrollado para la roca dacita al WRD fueron asumidos ser representativos de la masa de roca debajo de la HLF. Aunque la roca puede ser más débil en el sitio de la HLF, no se anticipa la inestabilidad de ambas instalaciones sea causada por la falla de estos materiales de cimentación. La resistencia al corte de la masa de roca debajo de cada una de estas instalaciones es considerablemente mayor que los materiales usados para construir estas instalaciones (por decir, mineral de la pila de lixiviación, roca estéril, base de recubrimiento y relleno estructural). Los envoltorios de resistencia para estos materiales se comparan con la resistencia de masa de roca en la Figura 16. Además, para la roca, se utilizó un peso de unidad húmeda ( $\gamma_{húmeda}$ ) de  $23 \text{ kN/m}^3$  ( $146 \text{ lb/ft}^3$ ); esto es el mismo que se utilizó en Golder (2013).

## 5.7 Propiedades de Materiales Seleccionados

Los parámetros de resistencia y los pesos por unidad seleccionados para el mineral de pila de lixiviación, roca estéril, relleno estructural, sistema de la base de recubrimiento y la material de cimentación subyacente la HLF y el WRD propuestos se listan en la Tabla 1.

**Tabla 1 – Resumen de las Propiedades de los Materiales usados en el Análisis de Estabilidad de Talud para las Instalaciones de la HLF y el WRD**

Tipo de Material	$\gamma_{húmedo}$ ( $\text{kN/m}^3$ )	$\gamma_{sat}$ ( $\text{kN/m}^3$ )	Tipo de Resistencia	Parámetros de Resistencia al Corte
Mineral de la Pila de Lixiviación	20	–	Mohr-Coulomb	$\phi' = 34$ grado $c' = 0$ kPa
Roca Estéril	20	–	Mohr-Coulomb	$\phi' = 31$ grado $c' = 0$ kPa
Relleno Estructural	19	20	Mohr-Coulomb	$\phi' = 31$ grado $c' = 0$ kPa
Sistema de la Base de Recubrimiento	19	–	Mohr-Coulomb	$\delta' = 21$ grado $a' = 0$ kPa
Materiales de Cimentación	23	–	Hoek-Brown Generalizado	UCS = 15,000 kPa $RMR_{76} = 42$ $m_i = 25$ , $D = 0$

Notas:  $\gamma_{húmedo}$  = peso por unidad húmeda;  $\gamma_{sat}$  = peso por unidad saturada;  $\phi'$  = ángulos efectivo de fricción;  $c'$  = cohesión efectivo;  $\delta'$  = ángulo de fricción de interfaz; UCS = resistencia a la compresión no confinada;  $RMR_{76}$  = clasificación de roca en masa;  $m_i$  = constante del material de Hoek-Brown para el tipo de roca;  $D$  = factor de perturbación.

## 5.8 Agua Subsuperficial

La información limitada de las condiciones del agua subterránea es disponible para el sitio Cerro Quema. Golder no encontró agua subterránea durante nuestra investigación en 2013. Tetra Tech (2008) informó sobre las condiciones de agua subterránea encontradas en los alrededores del WRD Chontal superior con base en cinco (5) piezómetros instalados en los barrenos perforados. En general, la profundidad de agua subterránea osciló de entre 0 a 20.4 metros debajo de la superficie del suelo con la mayoría de las mediciones tomadas a una profundidad de aproximadamente 5 metros. Es importante notar que las mediciones tomadas de estos cinco piezómetros fueron tomados después de un día de lluvia así que el nivel del agua subsuperficial podría haberse elevado por la precipitación reciente.

En consideración de los datos escasos así como la variabilidad inherente, Golder asumió un nivel de agua representativa de la subsuperficie para el uso en el análisis de estabilidad de estas dos instalaciones. Golder asumió que se encuentra el nivel de agua subsuperficial a una profundidad de 2 metros debajo de la superficie existente del suelo. Considerando el clima tropical y la temporada de lluvias prolongada, esta estimación del nivel poco profundo de agua subterránea es razonable, aunque conservador, para la condición a largo plazo de la HLF y el WRD. Este nivel de agua subsuperficial se utilizó en el análisis de ambas instalaciones.

## 6.0 EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS SÍSMICOS

Knight Piésold realizó un análisis de los riesgos sísmicos (SHA por sus siglas en inglés) para el proyecto de la mina Cerro Quema en 2005 (Knight Piésold, 2005). El SHA se basó en los enfoques de riesgos sísmicos probabilista y determinista "simplificado" para proporcionar recomendaciones de las aceleraciones máximas del suelo (PGA por sus siglas en inglés) para eventos de terremotos de diseño con un periodo de retorno de 100 años; este evento corresponde a un 10% de probabilidad de excedencia en 10 años. Knight Piésold (2005) estimó una PGA de 0.20 g al sitio que ocurren desde un evento con una magnitud de 8.1 a una distancia de 30 kms del sitio. Se pueden encontrar los detalles adicionales de este análisis en Knight Piésold (2005).

Como parte del estudio de pre-factibilidad, Golder completó una revisión con base en la oficina del análisis anterior de los riesgos sísmicos. Adicionalmente, Golder revisó las fuentes sísmicas potenciales alrededor de 500 km dentro del sitio Cerro Quema; este involucró identificar la ubicación, magnitud de terremotos históricos, y actividad de la falla que rodean el área del proyecto. Con base en esto, Golder realizó un análisis determinista preliminar de los riesgos sísmicos (DSHA por sus siglas en inglés) y un análisis probabilista de los riesgos sísmicos (PSHA por sus siglas en inglés) utilizando ecuaciones actuales de predicción de movimientos de tierra (GMPE por sus siglas en inglés) y un enfoque probabilístico más robusto utilizando un mapa global de riesgos sísmicos. Los detalles del DSHA y el PSHA se presentan en el Apéndice D del reporte de diseño y no se discutirán aquí.



Para el diseño sísmico de la HLF y el WRD, Golder seleccionó un terremoto con un 10 por ciento de probabilidad de excedencia en 50 años; esto corresponde a un evento de terreno con un periodo de retorno de 475 años. Usando un evento de terremoto con esta probabilidad de excedencia es consistente con las prácticas actuales de la industria para el diseño de instalaciones de patio de lixiviación y almacenamiento de roca estéril. Para el evento de diseño, se estimó un PGA de 0.24 g. Este PGA es representativo de las condiciones del sitio que corresponden con la roca de afloramiento o suelo muy denso con una velocidad de onda al corte sobre 30 m ( $v_{s30}$ ) de alrededor 760 m/s. Esto es generalmente consistente con las condiciones de la subsuperficie a los sitios de la HLF y el WRD.

## 7.0 EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD DE TALUD

### 7.1 Análisis de Equilibrio Límite

Se realizaron análisis del equilibrio límite para evaluar la estabilidad estática y sísmica del talud del propuesto HLF y WRD. El evaluar la estabilidad del talud por límite de equilibrio involucra una evaluación sistemática de las superficies de deslizamiento de "ensayo" para identificar el mecanismo de falla crítico (o que limita) para el talud. El grado de inestabilidad de cada superficie de ensayo se evalúa por medio de un factor de seguridad (FS) que representa la relación de la resistencia a lo largo de la superficie del deslizamiento (movilizado por medio de material de resistencia al corte) sobre las fuerzas motrices que desestabilizan la masa deslizante. Los factores de seguridad fueron calculados usando el Método de Rebanadas de Spencer (Spencer 1967) e implementados en el programa de dos dimensiones de estabilidad del talud para límite de equilibrio *SLIDE* v. 6.0 (Rocscience 2012). El Método de Spencer satisface ambos los fuerzas horizontales y verticales y el equilibrio del momento es generalmente considerado ser un método de rebanada "preciso". Este método también se puede usar para evaluar la estabilidad de ambas las fallas de la superficie circulares y no circulares en *SLIDE*. Los algoritmos programados dentro del programa *SLIDE* se usan para generar las superficie de deslizamiento de ensayo para "buscar" sistemáticamente el talud del modelo para identificar la subsuperficie con el valor menor de FS; esto se denomina la superficie crítica de falla y representa el crítico o el más probable modo de falla para el talud bajo las condiciones asumidas.

### 7.2 Modos de Falla Potenciales

Se realizaron análisis separados de *SLIDE* para evaluar los modos de falla potenciales para cada instalación:

Para la instalación de patio de lixiviación:

- Superficies Tipo Bloque (no circulares) – usados para evaluar los mecanismos de falla que se desarrollan a lo largo de las zonas preferidas de debilidad tales como a lo largo de los sistemas de recubrimiento y las interfaces de suelo-geomembrana. Estas superficies se extienden desde la cresta del talud y pasan a lo largo (no a través) del sistema de recubrimiento y salen a la punta del talud. Se evaluó la estabilidad de este

tipo de modo de falla para las Secciones 1 y 2 (para la HLF) y esta denotada como "tipo-bloque".

Para el botadero de roca estéril:

- Superficies del talud total –usados para evaluar los mecanismos de falla que se desarrollan a través de la altura total del botadero y representan una falla de talud global (o total). Estas superficies se extienden desde la cresta del talud y salen cerca de la punta del talud. Se evaluó la estabilidad de este tipo de modo de falla para las Secciones 3 y 4 (para el WRD) y se denota como "talud total".

Para ambas instalaciones:

- Superficies tipo circular profundo – usados para evaluar los mecanismos de falla que se desarrollan a través de la altura total del talud y se extienden a las materiales de cimentación subyacentes. Se evaluó este tipo de falla para ambos la HLF y el WRD (Sección 1 a 4) y se denotan como "cimentación profunda".

Debido a la resistencia de los materiales de cimentación subyacente (Figura 16) las superficies de falla que se extienden a y penetran la masa de roca no se consideran un modo de falla crítico para la HLF o el WRD. Para demostrar efectivamente esto sin realizar una búsqueda de superficie de deslizamiento, se evaluaron dos fallas de la superficie representativas que se extienden a los materiales de cimentación para las Secciones 1 y 2 de la HLF y Secciones 3 y 4 del WRD.

### 7.3 Análisis de Estabilidad con Carga Sísmica

Un análisis pseudoestático es un tipo de análisis del límite de equilibrio utilizado para evaluar la estabilidad de un talud durante un terremoto de diseño. En este análisis, se usa el programa *SLIDE* para determinar el FS del talud cuando sometido a la carga sísmica del evento de terremoto de diseño.

En un análisis pseudoestático, los efectos del terremoto se representan por una aceleración horizontal constante que, cuando multiplicado por el peso de la masa de la falla, produce un esfuerzo lateral desestabilizador que actúa mediante la masa potencial del deslizamiento. La aceleración horizontal (expresado como un porcentaje de gravedad, 9.81 m/s<sup>2</sup>) que produce este esfuerzo lateral se representa por un parámetro llamado el coeficiente sísmico (k).

El valor del coeficiente sísmico (k) utilizado en este análisis es seleccionado para reflejar el nivel anticipado de sacudimiento de un terremoto en el sitio, o más específicamente, las aceleraciones que actúan en la masa de falla potencial. El coeficiente sísmico utilizado en los análisis de estabilidad del talud se asume ser menor que el PGA previsto para este sitio porque, durante el sacudimiento de un terremoto, una distribución espacial de aceleraciones que varían en el tiempo existen dentro del talud y no todos los puntos de la masa del suelo se mueven simultáneamente con la misma intensidad. Este tipo de análisis tiende a ser conservador, particularmente para los taludes grandes que pueden resistir algunos daño inducidos por un terremoto o deformación sin un efecto significativo en el rendimiento del talud como a menudo es el caso para las instalaciones del patio de lixiviación y botaderos de roca estéril.

Para este análisis, se utilizó un coeficiente sísmico representados por el 50 % del diseño del PGA para el sitio; esto corresponde a un coeficiente sísmico de 0.12 g.

## 7.4 Supuestos del Análisis

Para el propósito del análisis de estabilidad del límite del equilibrio del talud, se hicieron las siguientes suposiciones:

- Debido a la nivelación propuesta del suelo existente y la remoción de los suelos hasta una profundidad de 0.4 metros, se asumió que los materiales de cimentación (que constan de lecho de roca) estar directamente debajo del WRD y el sistema de la base de recubrimiento de la HLF. Los materiales de cimentación fueron modelados como una masa de roca discontinua usando el modelo generalizado de Hoek-Brown (Tabla 1).
- Para propósitos de modelación, el sistema de la base de recubrimiento en los modelos del talud de la HLF fueron modelados como una "capa" delgada al fondo de la pila. Esta capa tiene un espesor del modelo de alrededor 1 metro y representa los componentes (cubierta de recubrimiento del mineral del patio de lixiviación, suelo arcilloso) y las interfaces de geomembrana (mineral-a-geomembrana texturada, y recubrimiento texturado geomembrana-a-suelo). Las suposiciones se describen a continuación:
  - Una "capa" de recubrimiento de 1 m fue asignada propiedades de resistencia correspondiente a la interfaz de geomembrana, que fue asumida de controlar la resistencia de los sistemas de la base de recubrimiento; esto fue asumido ser la interfaz de geomembrana texturada-a-recubrimiento del suelo arcilloso. Las propiedades de resistencia al corte para esta interfaz crítica de geomembrana se resumen en la Tabla 1.
  - Un peso de unidad húmeda ( $\gamma_{\text{húmeda}}$ ) de  $19 \text{ kN/m}^3$  (representativo del recubrimiento del suelo arcilloso) fue asignado a la "capa" de recubrimiento que representa el sistema de la base de recubrimiento.
- Con base en la interpretación de los datos disponibles, un nivel de agua subsuperficial de 2 metros debajo de la superficie del suelo fue asumido. Este nivel de agua está presente en los materiales de cimentación así como en el relleno estructural en las áreas localizadas debajo de la propuesta HLF.
- El propuesto botadero incluye un diseño de subdrén para prevenir la acumulación de aguas dentro de la roca estéril. Este sistema de subdrén fue asumido ser operacional a largo plazo. Las presiones de acumulación de poro debido a la acumulación de agua dentro de la roca estéril no fue modelado en los análisis de estabilidad realizados en este estudio.
- La presencia de lixiviados encima de la base de recubrimiento y dentro del sistema de tuberías de colección es una condición operacional que existe solamente durante las actividades activas de lixiviación en la pila, y el diseño del sistema de tuberías pretende minimizar la presión de la lixiviación en la base del recubrimiento. Para la condición a largo plazo y de post-cierre, cuando se hayan terminado las actividades de lixiviación, las presiones de fluido encima del recubrimiento se presumió ser agotadas a niveles insignificantes. En consecuencia, las presiones de los flujos en la base de recubrimiento no fueron modeladas en el análisis de estabilidad realizada en este estudio.
- Se realizaron análisis separados de *SLIDE* para evaluar la estabilidad de un modo de falla "tipo bloque" (a lo largo del sistema de la base de recubrimiento) para la HLF y el modo de falla "talud total" para el WRD. Los algoritmos de búsqueda de superficie en *SLIDE* fueron utilizados para evaluar las 50,000 superficies de deslizamiento en cada análisis.

- Para el modo de falla “cimentación profunda” evaluado para la HLF y el WRD, no se utilizaron los algoritmos de búsqueda de superficie. En este modo de falla no se espera que sea crítico, dos (2) superficies de falla representativas que pasan a través de los materiales de cimentación fueron seleccionadas y evaluadas para demostrar la estabilidad.

## 7.5 Criterios Aceptables de Estabilidad

Las secciones a continuación describen los criterios de diseño utilizados para evaluar la estabilidad estática y sísmica para las instalaciones HLF y WRD de la mina Cerro Quema.

### 7.5.1 Criterios de Estabilidad Estática

Los análisis de estabilidad estática del talud fueron realizados para confirmar la estabilidad de la HLF y el WRD para condiciones no sísmicas. Un valor mínimo de FS de 1.40 fue considerado adecuado para la estabilidad estática a largo plazo, post-cierre de estas instalaciones.

### 7.5.2 Criterios de Estabilidad Sísmico

Se realizaron los análisis pseudoestáticos de estabilidad del talud para confirmar la estabilidad de la HLF y el WRD bajo el evento de terremoto de diseño.

Para los análisis de estabilidad sísmica, se usó un coeficiente sísmico de 0.12g y eso representa el 50% del valor PGA determinados para el sitio. Usando este coeficiente sísmico, un factor de seguridad mínimo de 1.05 fue considerado aceptable para la estabilidad a largo plazo de un evento de terremoto de diseño.

El sacudimiento de un terremoto del evento de diseño tiene el potencial de causar daños inducidos por un terremoto o la deformación que puede impactar la capacidad de servicio de la instalación a largo plazo. Sin embargo, para demostrar la estabilidad de la HLF y el WRD (es decir, pseudoestática FS > 1.00) cuando se someten al 50% del diseño PGA, se puede esperar que las deformaciones inducidas por un terremoto durante un evento de terremoto de diseño generalmente será menor que alrededor de 1 metro (aproximadamente 3 pies) (Hynes-Griffin and Franklin 1984). La deformación potencial será menor con el aumento en el factor de seguridad.

## 7.6 Programa de Evaluación de Estabilidad

La Tabla 2 resume el programa de análisis de estabilidad de talud realizado para las instalaciones HLF y WRD para la mina Cerro Quema. La tabla indica el tipo de análisis y el modo de falla evaluado.

**Tabla 2 – Programa de Análisis de Estabilidad del Límite de Equilibrio para las Instalaciones HLF y WRD**

Instalación	Sección	Tipo de Análisis y Modo de Falla
-------------	---------	----------------------------------

		CONDICIONES ESTÁTICAS (k = 0 g)				CONDICIONES SÍSMICAS (k = 0.12 g)		
		Tipo- Bloque	Pendiente Total	Cimentación Profunda		Tipo- Bloque	Pendiente Total	Cimentación Profunda
HLF	1	●	○	●		●	○	●
	2	●	○	●		●	○	●
WRD	3	○	●	●		○	●	●
	4	○	●	●		○	●	●

Nota: ● – Indica condición evaluada; ○ – Indica una condición no evaluada.

## 8.0 RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE ESTABILIDAD

Los resultados de los análisis de estabilidad estática y pseudoestática de talud proporcionados en esta sección se basan en las características geométricas asumidos de la HLF y WRD, propiedades geotécnicas de los materiales, y condiciones de carga sísmica descritos en las secciones anteriores. Las secciones a continuación resumen los resultados de los análisis de estabilidad para las instalaciones HLF y WRD de la mina Cerro Quema.

### 8.1 Resultados de Estabilidad Estática

El FS estático calculado para cada sección transversal de la HLF y el WRD se resumen en la Tabla 3. Los resultados del análisis estático de estabilidad del talud para ambas instalaciones se muestran en las impresiones del modelo en el programa *SLIDE* en el Anexo A. Las figuras en este apéndice muestran las superficies de falla crítica (por ejemplo, la superficie con el valor más bajo de FS) identificadas para cada sección bajo condiciones estáticas (nota: para el modo de falla de “cimentación profunda” solo se evaluaron 2 superficies). Las Figuras A1 a A4 muestran los resultados de los modos de falla “tipo bloque” y “cimentación profunda” para la HLF (Secciones 1 y 2). La Figuras A5 a A8 muestran los resultados de los modos de falla “talud total” y “cimentación profunda” para el WRD (Secciones 3 y 4).

**Tabla 3 – Resumen de los FS del Análisis de Estabilidad de Talud de las Instalaciones HLF y WRD**

Instalación	Sección	FS Estático para Cada Modo de Falla		
		Tipo-Bloque	Pendiente Total	Cimentación Profunda
HLF	1	1.56	–	2.91, 3.41
	2	1.49	–	2.73, 3.41
WRD b	3	–	1.61	3.39, 4.40
	4	–	1.62	3.00, 4.78

Nota: Los dos (2) valores listados en la columna “cimentación profunda” corresponden a los FS calculados para las dos superficies representativas de falla que pasan a través de los materiales de cimentación.

## 8.2 Resultados de Estabilidad Sísmica

El FS pseudoestático calculado para cada sección transversal de la HLF y WRD se resume en la Tabla 4. Los resultados del análisis de estabilidad sísmica del talud para ambas instalaciones se muestran en las impresiones del modelo en el programa *SLIDE* en el Anexo B. Las figuras en este anexo muestran las superficies de falla crítica (por ejemplo, la superficie con el valor más bajo) identificadas para cada sección bajo carga sísmica del evento de terremoto de diseño (nota: para el modo de falla “cimentación profunda” solo se evaluaron dos superficies). Las Figuras B1 a B4 muestran los resultados de los modos de falla “tipo bloque” y “cimentación profunda” para la HLF (Secciones 1 y 2). Las Figuras B5 a B8 muestran los resultados de los modos de falla para el “talud total” y “cimentación profunda” para el WRD (Secciones 3 y 4).

**Tabla 4 – Resumen de los FS del Análisis de Estabilidad Pseudoestática de Talud para las Instalaciones HLF y WRD**

Instalación	Sección	Pseudoestática Para Cada Modo de Falla (k=0.12 g)		
		Tipo-Bloque	Pendiente Total	Cimentación Profunda
HLF	1	1.10	–	2.12, 2.60
	2	1.06	–	2.03, 2.65
WRD	3	–	1.18	2.46, 3.11
	4	–	1.18	2.14, 3.20

Nota: Los dos (2) valores listados bajo la columna “cimentación profunda” corresponden a los FS calculados para las dos superficies representativas de falla que pasan a través de los materiales de cimentación.

## 9.0 DISCUSIÓN

Las secciones a continuación discuten los resultados de los análisis de estabilidad estática y sísmica para las instalaciones de la mina Cerro Quema.

### 9.1 Estabilidad Estática

Para la HLF (Secciones 1 y 2) el análisis de estabilidad dió valores de FS que oscilaron de entre 1.49 a 1.56 para los modos de falla “tipo bloque” a lo largo del sistema de la base de recubrimiento. Para el WRD (Secciones 3 y 4), el análisis de estabilidad dió valores de FS que oscilaron entre 1.61 a 1.62 para la falla de “talud total” que pasan a través de la altura total del botadero. Para ambas instalaciones, el FS del modo de falla de la “cimentación profunda” osciló entre 2.73 a 4.78 y fue aproximadamente del 83% a 195% más altos que el FS de los modos de falla tipo bloque (HLF) y “talud total” (WRD). Comparativamente, los valores FS (Tabla 3) indican que las fallas a lo largo del sistema de recubrimiento

de la HLF y a través de roca estéril en el WRD son modos de falla más críticos que las fallas de superficie profunda que pasan a través de los materiales de cimentación.

Los FS calculados se comparan con los criterios de diseño ( $FS = 1.40$  para condiciones estáticas) en la Tabla 5. Los valores FS para la HLF (Secciones 1 y 2) y el WRD (Secciones 3 y 4) para todos los modos de falla evaluados (es decir, tipo bloque, talud total, cimentación profunda) resultaron estar *encima* de los criterios mínimos de estabilidad para la condición estática a largo plazo indicando estabilidad favorable para estas instalaciones.

**Tabla 5 – Comparación de los Valores de FS Calculados con los Criterios de Estabilidad de Diseño para la Estabilidad Estática y Sísmica para las Instalaciones HLF y WRD**

Instalación	Sección	Modo de Falla	ESTÁTICO Criterio de Diseño - $FS \geq 1.40$			SÍSMICO Criterio de Diseño - $FS \geq 1.05$	
			FS Calculado <sup>(1)</sup>	¿Aceptable?		FS Calculado <sup>(1)</sup>	¿Aceptable?
HLF	1	Tipo-Bloque (a lo largo de recubrimiento)	1.56	Sí		1.10	Sí
	2		1.49	Sí		1.06	Sí
	1	Cimentación Profunda	2.91	Sí		2.12	Sí
	2		2.73	Sí		2.03	Sí
WRD	3	Pendiente Total (dentro de la roca estéril)	1.61	Sí		1.18	Sí
	4		1.62	Sí		1.18	Sí
	3	Cimentación Profunda	3.39	Sí		2.46	Sí
	4		3.00	Sí		2.14	Sí

Nota: <sup>(1)</sup> – Para las Secciones 1 y 2 (HLF) y las Secciones 3 y 4 (WRD), los valores FS listados para el modo de falla de "cimentación profunda" fueron tomados como el valor menor de las dos superficies evaluadas por cada instalación.

## 9.2 Estabilidad Sísmica

Para la HLF (Secciones 1 y 2), los análisis de estabilidad pseudoestática dió valores FS que oscilaron entre 1.06 a 1.10 para los modos de falla "tipo bloque" a lo largo del sistema de la base de recubrimiento bajo condiciones sísmicas ( $k = 0.12 \text{ g}$ ). Para el WRD (Secciones 3 y 4), el análisis de estabilidad pseudoestática cedió un valor FS de 1.18 para la falla "talud total" que pasa a través de la altura total del botadero. Para ambas instalaciones, el FS para el modo de falla "cimentación profunda" osciló entre 2.03 a 3.20 y estos valores fueron aproximadamente el 81% a 171% mayores que el FS de los modos de falla tipo bloque (HLF) y "talud total" (WRD). Comparativamente, los valores FS (Tabla 4) indican que las fallas a lo largo del sistema de recubrimiento de la HLF y a través de la roca estéril en el WRD son



modos de falla más críticos bajo carga de terremoto que las superficies de falla profunda que pasan a través de los materiales de cimentación.

Los FS calculados se comparan a los criterios de diseño ( $FS = 1.05$  para condiciones sísmicas) en la Tabla 5. Los valores FS para la HLF (Secciones 1 y 2) y WRD (Secciones 3 y 4) para todos los modos de falla evaluados (por ejemplo, tipo bloque, talud total, y cimentación profunda) resultaron estar *encima* de los criterios mínimos de estabilidad indicando estabilidad favorable para estas instalaciones bajo las condiciones sísmicas de diseño.

## 10.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Lo siguiente resume las conclusiones y recomendaciones de Golder con base en el análisis preliminar de estabilidad de talud realizado para el diseño de pre-factibilidad del propuesta HLF Maricela y el WRD Chontal superior en la mina Cerro Quema.

- El análisis de estabilidad para la condición estática indica que los diseños propuestos para la HLF Maricela y el WRD Chontal superior son estables geotécnicamente bajo condiciones a largo plazo, post-cierre. Los valores FS calculados para las condiciones estáticas están *encima del* criterio de diseño de condiciones estables de talud.
- El análisis de estabilidad para la *condición sísmica* (evento de diseño de 10% probabilidad en 50 años, periodo de retorno de 475 años) indica que los diseños propuestos para la HLF Maricela y el WRD Chontal superior son estables geotécnicamente bajo condiciones a largo plazo, post-cierre. Los valores FS calculados para las condiciones sísmicas están *encima de* los criterios de diseño para condiciones estables de talud.
- Los análisis indicaron que las fallas que se desarrollan a lo largo del sistema de la base de recubrimiento (para la HLF Maricela) y las que pasan a través de la altura total de la roca estéril (para el WRD Chontal superior) son el modo de falla *crítico* para estas instalaciones bajo ambas condiciones estáticas y sísmicas.
- Para el HLF y WRD, los modos de falla que pasan a través de los materiales de cimentación dieron valores FS significativamente mayores que las fallas a lo largo del sistema de la base de recubrimiento (HLF) o a través de la roca estéril (WRD). Con base en eso las fallas de cimentación profunda que penetran a la masa de roca debajo de estas instalaciones se consideran indicar un riesgo bajo de inestabilidad.
- En el análisis de estabilidad, un mecanismo de falla que consta de superficies “de poca profundidad” que se desarrollan enteramente a lo largo de la cara del talud de la pila y el botadero no se evaluaron. Debido a su naturaleza superficial de tipo intrincado/enmarañado, esta falla plantea un riesgo bajo de comprometer la estabilidad del talud o del rendimiento total de la instalación (bajo ambas condiciones estáticas y sísmicas). Adicionalmente, se anticipa que las actividades de reclamación y re-nivelación de la HLF y el WRD para el cierre mejorará la estabilidad total de la instalación especialmente para estas fallas superficiales.
- Se realizó este estudio de pre-factibilidad con base en los datos geotécnicos colectados durante la investigación de campo de Golder en 2013 así como los datos geotécnicos del laboratorio de reportes anteriores (Knight Piésold 1994, 1996, Tetra Tech 2008). Para las etapas de diseño posteriores para las instalaciones de la mina Cerro Quema, recomendamos lo siguiente:



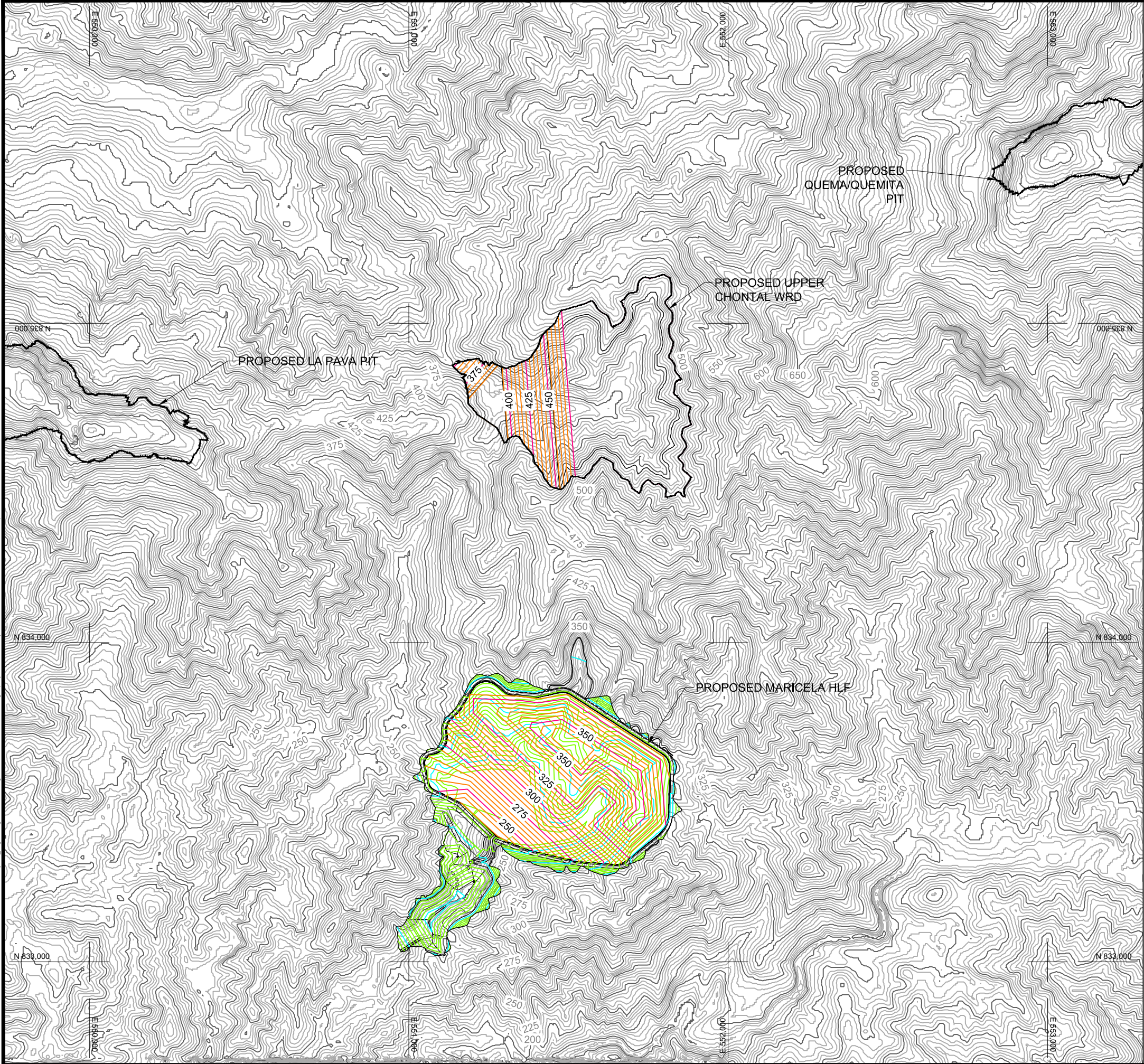
- Los datos adicionales de las condiciones hidrogeológicas específicas del sitio al WRD Chontal superior y la HLF Maricela deben ser colectados. Para los análisis de estabilidad, se hicieron supuestos conservadores con respecto a la profundidad del agua subsuperficial para ambas instalaciones. Este supuesto se basa en las mediciones existentes de piezómetro en el sitio del WRD que indican una profundidad variable de agua subsuperficial. Se recomienda que las investigaciones de campo futuros en los sitios de la HLF y el WRD deben incluir la instalación de piezómetros para medir (y verificar) las condiciones subsuperficiales de agua).
- Los datos adicionales se deben colectar para caracterizar mejor la profundidad, la variabilidad, y las propiedades geotécnicas de los suelo de sobrecarga (por ejemplo, saprolita, laterita) así como el tipo de roca subyacente y calidad de masa de roca debajo de la HLF Maricela y el WRD Chontal superior. Para caracterizar adecuadamente estas condiciones, se recomienda la perforación de núcleos de roca y muestreo.
- Se recomienda pruebas de laboratorio adicionales para los materiales de mina que son “representativos” de lo que se encontrará (o usará) en el campo.
  - Esto incluye pruebas (pruebas índice y de resistencia) de las muestras de mineral del patio de lixiviación que son representativas de su gradación objetiva y tipo de aglomeración (si es aplicable). Para este estudio, las resistencias de mineral fueron estimadas usando una correlación empírica; la fiabilidad de la caracterización de resistencia puede ser mejorada si se realizan pruebas.
  - Las pruebas índice y de resistencia deben ser realizadas en muestras de material de recubrimiento de suelo arcilloso que son representativas (o que cumplan) las especificaciones técnicas de gradación, compactación, y plasticidad. Para este estudio, se desarrollaron las resistencias del recubrimiento de suelo arcilloso de pruebas existentes realizada de muestras de suelo remoldeadas de tipo de suelo y técnicas de preparación (compactación) variadas; se puede mejorar la confiabilidad de la caracterización de resistencia si se usan más muestras representativas y si se realizan pruebas.
- Para la HLF Maricela, la caracterización adecuada de la resistencia al corte de la interfaz de suelo-a-geomembrana es crítica para la evaluación de la estabilidad geotécnica. Para este estudio, los datos de estudios anteriores fueron considerados y el juicio de ingeniería con base en las experiencias anteriores de Golder fue usado para desarrollar las resistencias al corte apropiadas para el sistema de la base de recubrimiento. Golder considera que la resistencia utilizada en este trabajo es apropiada para la evaluación a nivel de pre-factibilidad. Sin embargo, se recomienda que para las fases de diseño futuras que se realicen pruebas de corte directa de la interfaz (utilizando materiales de la mina que son “representativos” y geosintéticos propuestos) para caracterizar mejor la resistencia al corte de la base de recubrimiento de la HLF Maricela.

## 11.0 REFERENCIAS

- Bieniawski, Z. T. (1976). "Rock mass classifications in rock engineering." in *Proceedings of Symposium on Exploration for Rock Engineering*, Johannesburg, South Africa, November 1-5, 97-106.
- Corral, I., Grier, A., Gomez-Gras, D., Corbella, M., Canals, A., Pineda-Falconett, M., Cardellach, E., (2011). "Geology of the Cerro Quema Au-Cu Deposit (Azuer Peninsula, Panama)." *Geologica Acta*, 9(3-4), 481-498.
- Golder (2013). *DRAFT Pre-Feasibility Level Pit Slope Design Study*, Report prepared for Pershimco Resources Ltd. by Golder Associates Inc., dated December 2013.
- Hoek, E., Carranza-Torres, C. and Corkum, B. (2002). "Hoek-Brown criterion – 2002 edition." in *Proceedings of NARMS-TAC Conference*, Toronto, Ontario, 1, 267-273.
- Hoek, E., and Karzulovic, A. (2000). "Rock-Mass Properties for Surface Mines" in *Slope Stability in Surface Mining*, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. (SME), 59-69.
- Hynes-Griffin, M.E., and Franklin, A. G. (1984). "Rationalizing the seismic coefficient method." *Miscellaneous Paper GL-84-13*, Geotechnical Laboratory, U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi.
- Knight Piésold (1994). *Cerro Quema Project Feasibility Study Geotechnical/Geochemical Field Investigation Report*. Report prepared for Amax Gold Inc. by Knight Piésold and Co., dated October 28, 1994.
- Knight Piésold (1996). *Cerro Quema Project Geotechnical Investigation Report*. Report prepared for Kappes, Cassiday & Associates by Knight Piésold LLC, dated November 6, 1996.
- Knight Piésold (2005). *RNC Gold Inc. Cerro Quema Project Seismic Hazard Assessment*. Report prepared for RNC Gold, Inc. by Knight Piésold and Co., dated February 1, 2005.
- Koerner, R. M. (2005). *Designing with Geosynthetics*. 5<sup>th</sup> ed. Pearson Education Inc., Upper Saddle River, New Jersey.
- Rocscience (2012). *SLIDE v. 6.016 – 2D Limit Equilibrium Slope Stability Analysis*, Rocscience, Inc., Toronto, Ontario.
- Spencer, E. (1967). "A method of analysis for the stability of embankments assuming parallel inter-slice forces." *Géotechnique*, 17(1), 11-26.
- Terzaghi, K., Peck, R.B., and Mesri, G. (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. John Wiley and Sons, Inc., New York, New York.
- Tetra Tech (2008). *Sediment Dam and Waste Dump Technical Memorandum of Geotechnical Investigation and Stability Analysis Results*. Report prepared for Bellhaven Copper & Gold Inc. by Tetra Tech, dated June 10, 2008.
- U.S. Navy. (1982). *Soil Mechanics*. NAVFAC Design Manual 7.1, Naval Facilities Engineering Command, Arlington, Virginia.

## FIGURAS





LEGEND

300

EXISTING GROUND CONTOURS (NOTE 1)

300

PROPOSED SURFACE FACILITY CONTOURS

300

PROPOSED LEACH PAD CONTOURS

BOUNDARIES OF PROPOSED FACILITIES

- NOTES
1.

EXISTING GROUND TOPOGRAPHY PROVIDED BY PERSHIMCO RESOURCES IN AN ELECTRONIC FILE DATED JULY 8, 2013; DEM.dem. PROCESS PLATFORM AREA TOPOGRAPHY PROVIDED BY PERSHIMCO RESOURCES IN AN ELECTRONIC FILE DATED AUGUST 13, 2013; AREA DE PLANTA AGOSTO 13 DE 2013.dwg.





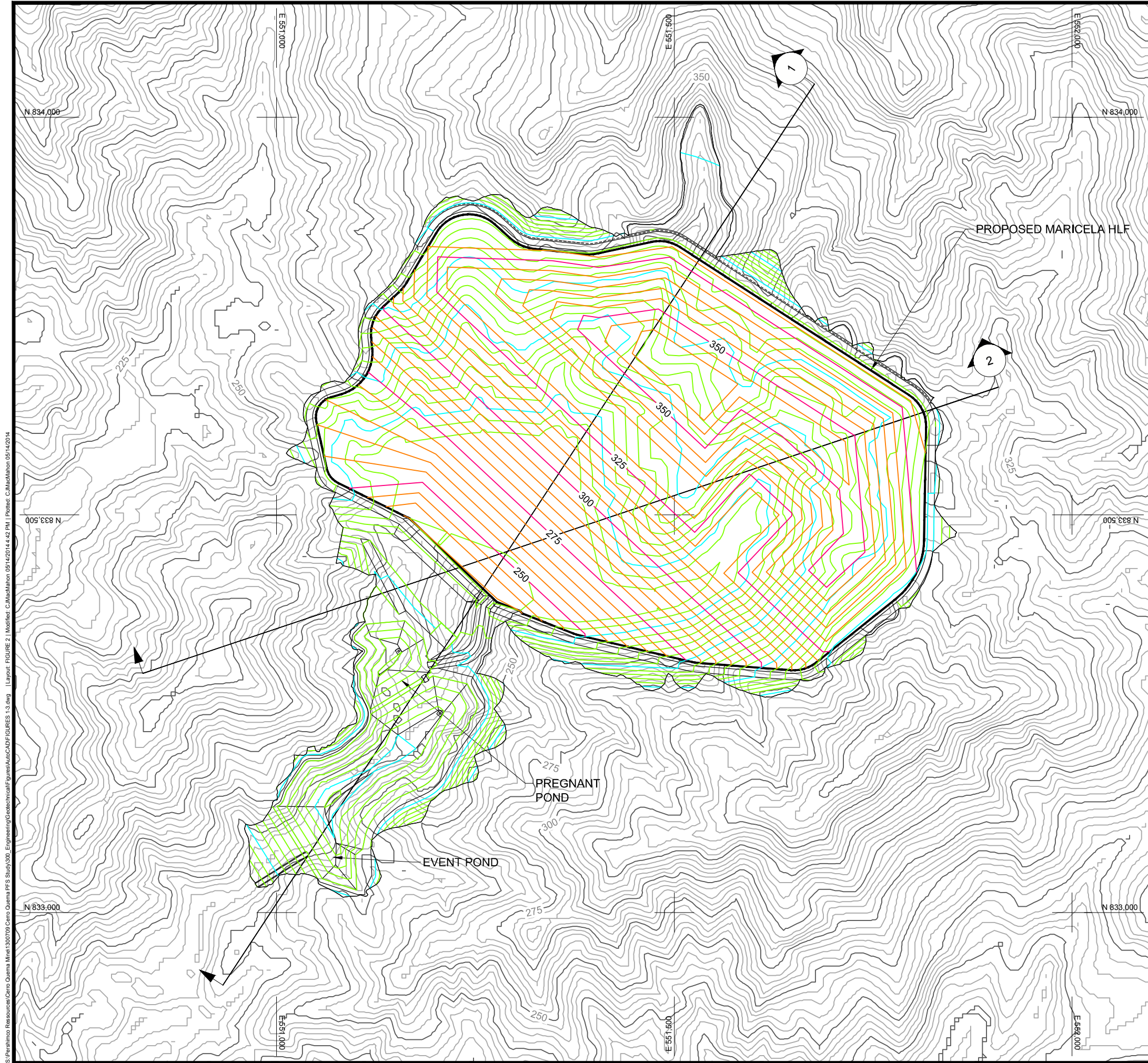
		-	-	-	-	-	-	-	-		
REV	DATE	REVISION DESCRIPTION				DES	CADD	CHK	RVW		
PROJECT PRE-FEASIBILITY STABILITY EVALUATION OF THE HLF AND WRD FOR THE CERRO QUEMA MINE PROJECT											
TITLE PROPOSED HLF AND WRD LAYOUT FOR THE CERRO QUEMA MINE											
				PROJECT No.		1300709		FILE No.		XXXX	
				DESIGN	SAM	2014-1-17		SCALE		AS SHOWN	
				CADD	SAM	2014-1-17		FIGURE		FIGURE 1	
				CHECK	PMS	2014-1-17					
				REVIEW	RAB	2014-1-17					



FIGURE 1





LEGEND

300

EXISTING GROUND CONTOURS (NOTE 1)

300

PROPOSED SURFACE FACILITY CONTOURS

300

PROPOSED LEACH PAD CONTOURS

BOUNDARIES OF PROPOSED FACILITIES

NOTES

1. EXISTING GROUND TOPOGRAPHY PROVIDED BY PERSHIMCO RESOURCES IN AN ELECTRONIC FILE DATED JULY 8, 2013; DEM.dem. PROCESS PLATFORM AREA TOPOGRAPHY PROVIDED BY PERSHIMCO RESOURCES IN AN ELECTRONIC FILE DATED AUGUST 13, 2013; AREA DE PLANTA AGOSTO 13 DE 2013.dwg.

N

0100200300

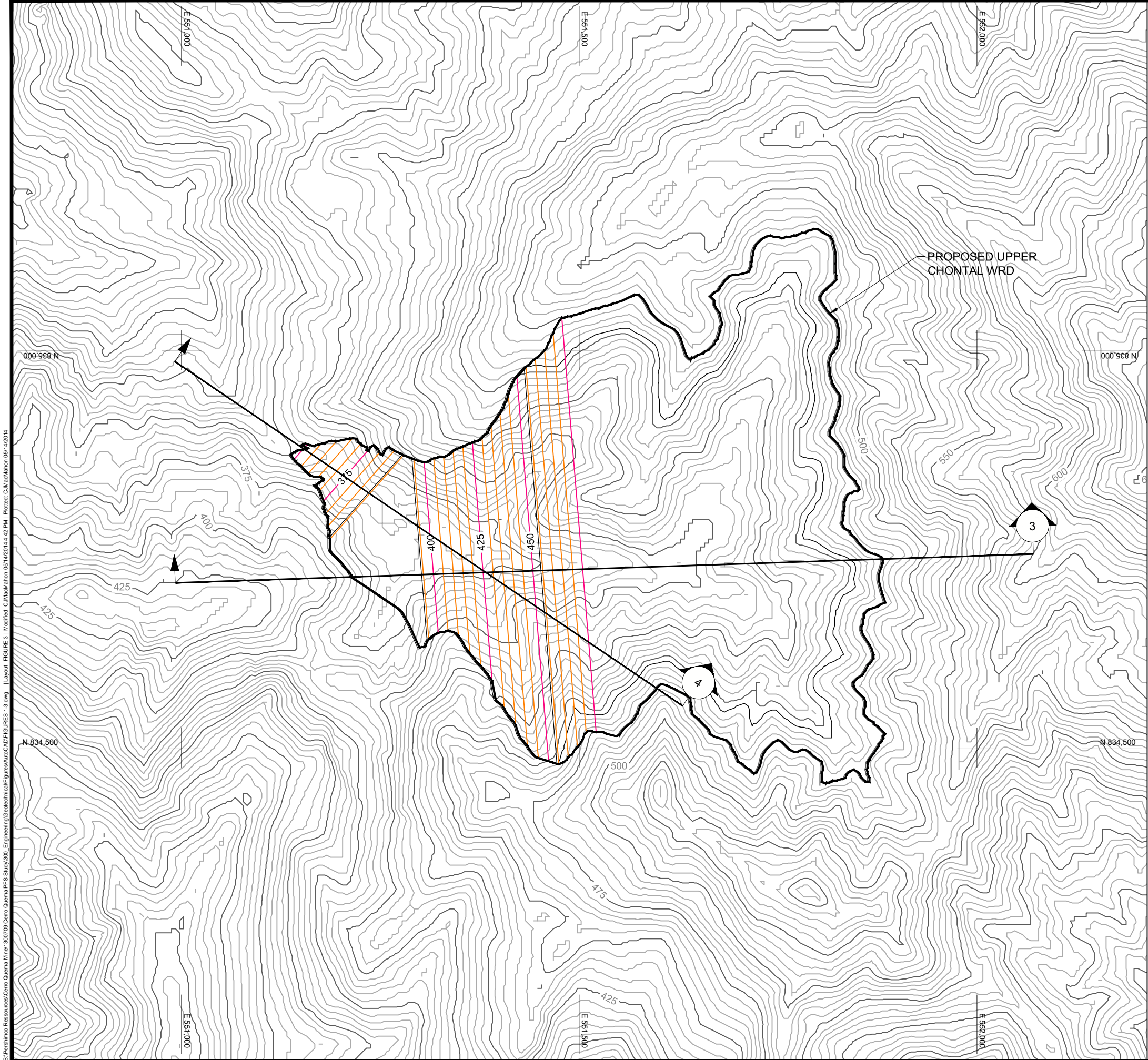
SCALE1:5,000 METERS

		-	-	-	-	-	-		
REV	DATE	REVISION DESCRIPTION				DES	CADD	CHK	RVW
PROJECT PRE-FEASIBILITY STABILITY EVALUATION OF THE HLF AND WRD FOR THE CERRO QUEMA MINE PROJECT									
TITLE PROPOSED MARICELA HEAP LEACH FACILITY									
		PROJECT No.			1300709	FILE No.		XXXX	
		DESIGN	SAM	2014-1-17		SCALE		AS SHOWN	
		CADD	SAM	2014-1-17		FIGURE		FIGURE 2	
		CHECK	PMS	2014-1-17					
		REVIEW	RAB	2014-1-17					



FIGURE 2





LEGEND

300

EXISTING GROUND CONTOURS (NOTE 1)

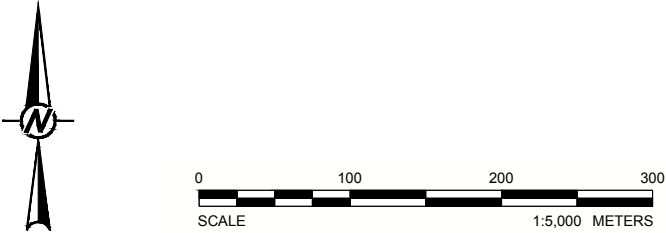
300



PROPOSED SURFACE FACILITY CONTOURS

BOUNDARIES OF PROPOSED FACILITIES

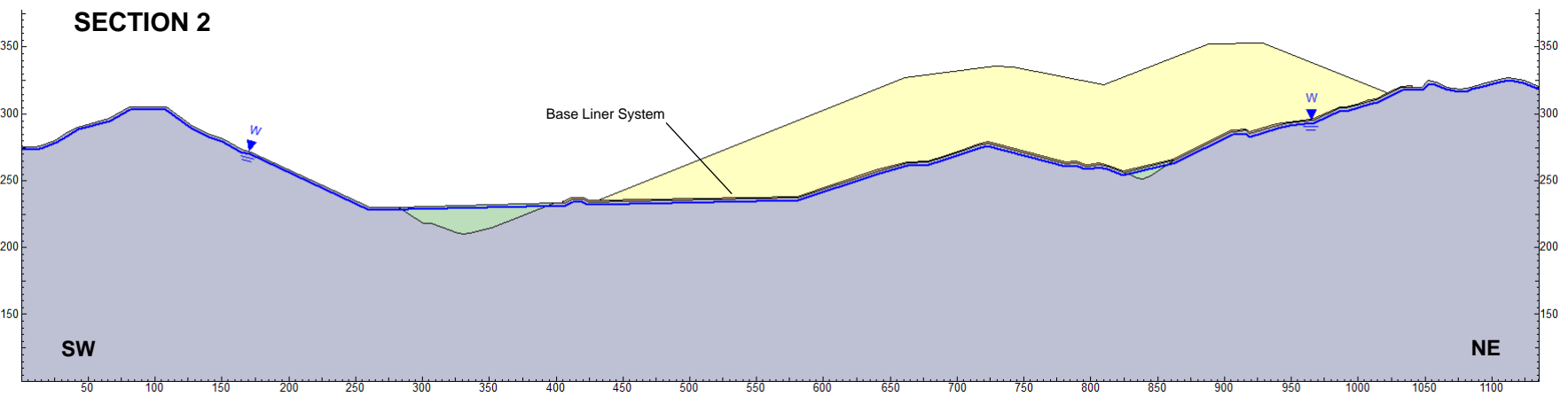
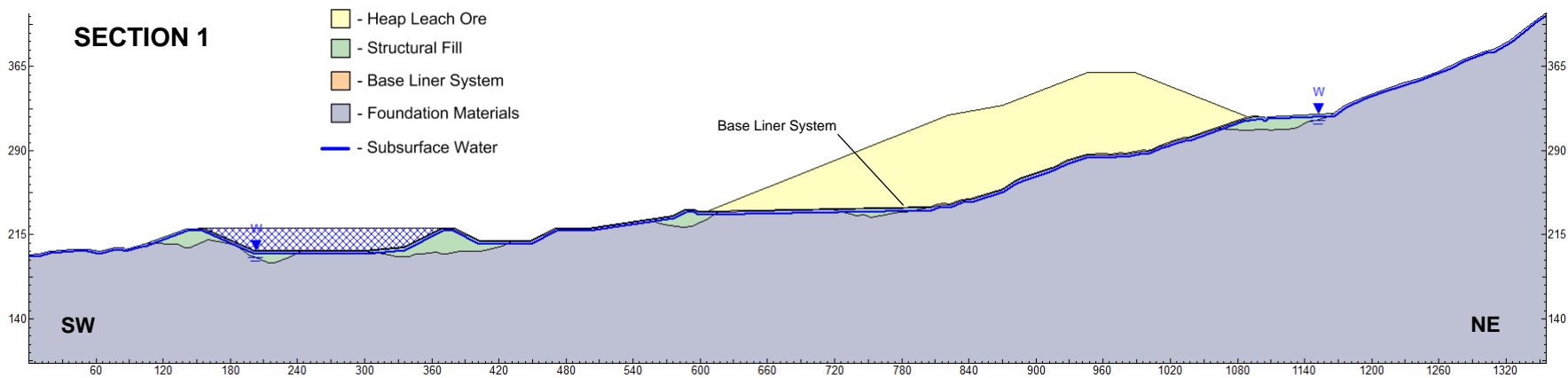
- NOTES
1.

EXISTING GROUND TOPOGRAPHY PROVIDED BY PERSHIMCO RESOURCES IN AN ELECTRONIC FILE DATED JULY 8, 2013; DEM.dem. PROCESS PLATFORM AREA TOPOGRAPHY PROVIDED BY PERSHIMCO RESOURCES IN AN ELECTRONIC FILE DATED AUGUST 13, 2013; AREA DE PLANTA AGOSTO 13 DE 2013.dwg.

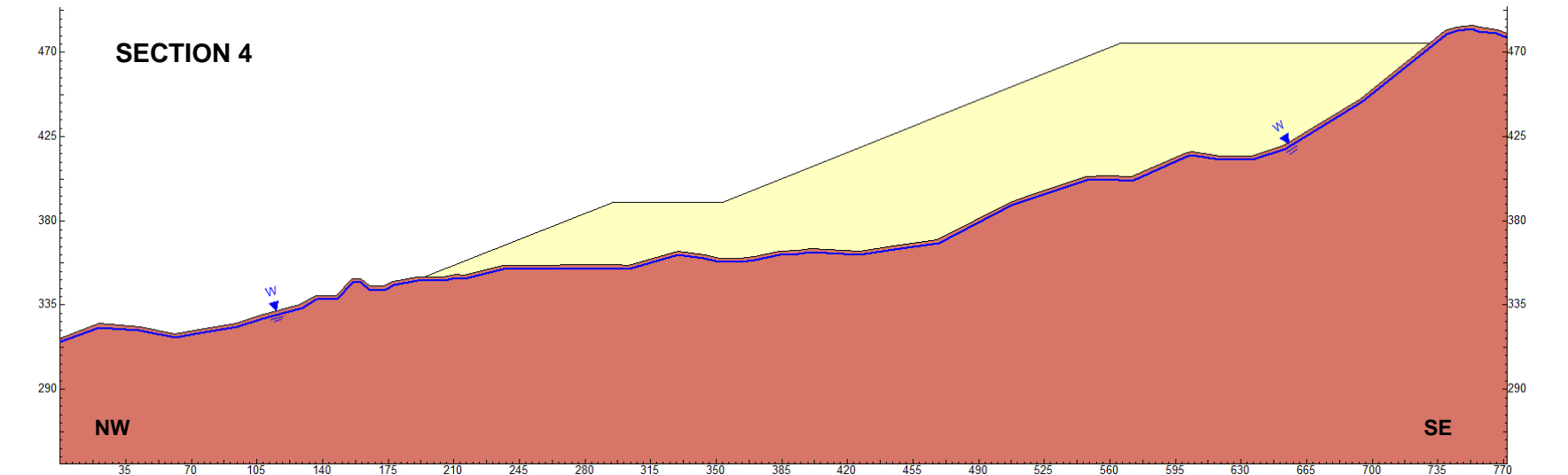
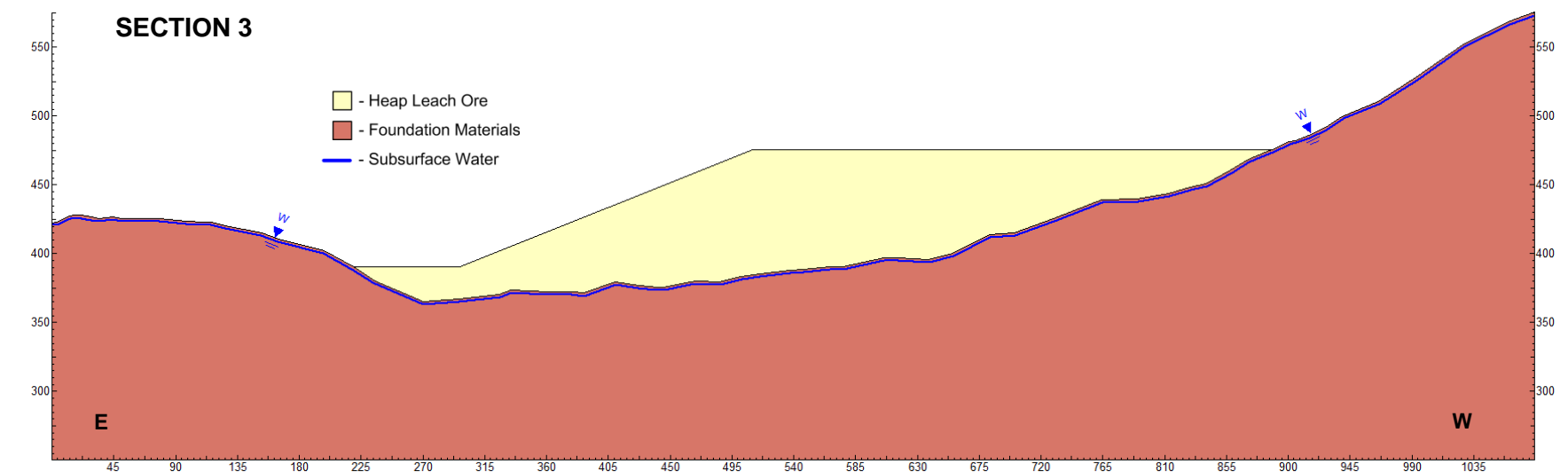


		-	-				-	-	-	-
REV	DATE	REVISION DESCRIPTION					DES	CADD	CHK	RVW
PROJECT PRE-FEASIBILITY STABILITY EVALUATION OF THE HLF AND WRD FOR THE CERRO QUEMA MINE PROJECT										
TITLE PROPOSED UPPER CHONTAL WASTE ROCK DUMP										
		PROJECT No.			1300709	FILE No.		XXXX		
		DESIGN	SAM	2014-1-17	SCALE		AS SHOWN			
		CADD	SAM	2014-1-17	FIGURE		FIGURE 3			
		CHECK	PMS	2014-1-17						
		REVIEW	RAB	2014-1-17						



MARICELA HEAP LEACH FACILITY (HLF)



UPPER CHONTAL WASTE ROCK DUMP (WRD)

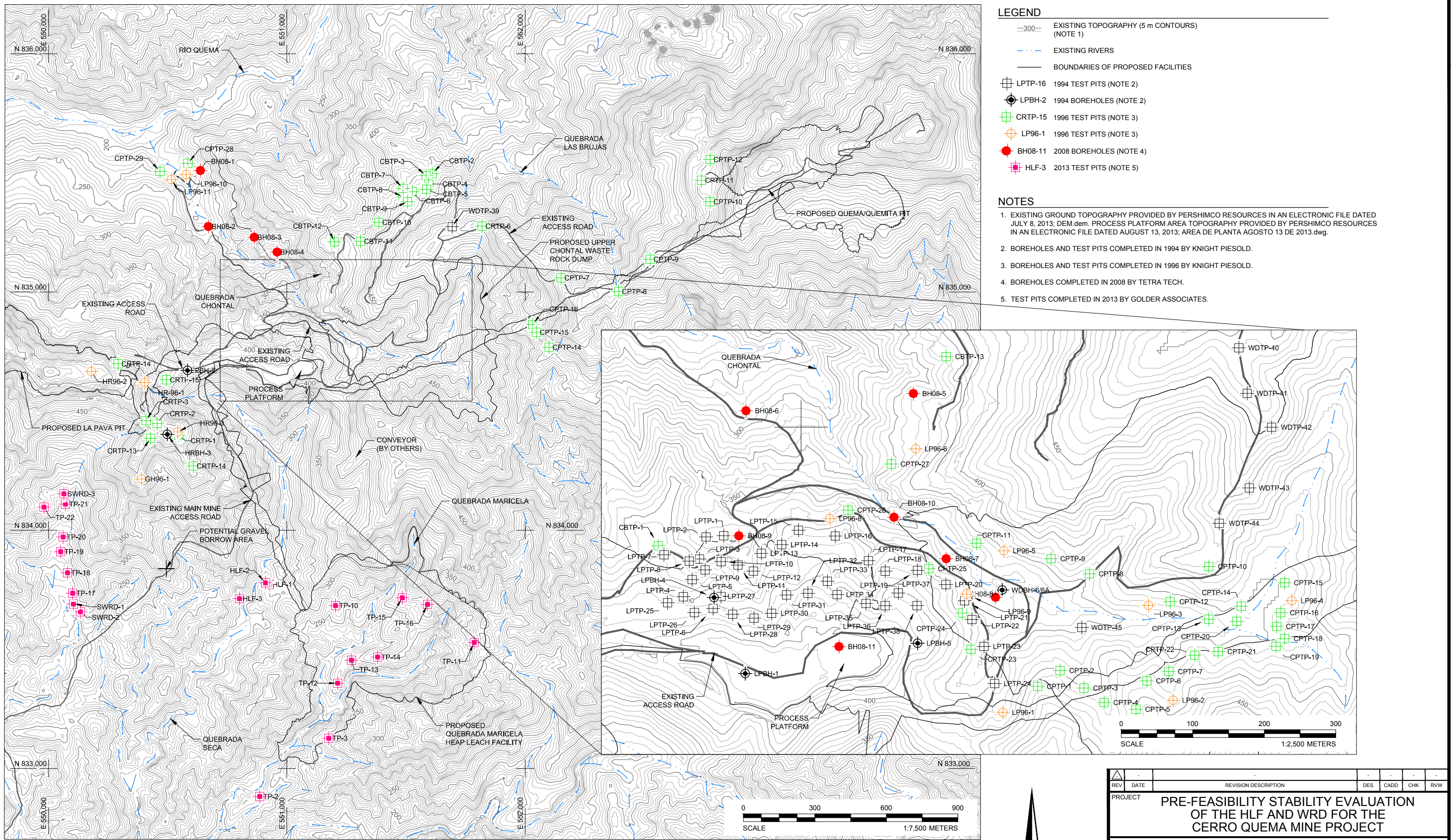




Note: Vertical and horizontal scales are in units of meters. Cardinal directions indicate approximate orientation of cross-section.

<div><div>595 DOUBLE EAGLE CT., SUITE 1000 RENO, NEVADA 89521 PHONE: (775) 828-9604 FAX: (775) 828-9645</div></div>		TITLE: <b>SECTIONS 1 AND 2 FOR MARICELA HLF AND SECTIONS 3 AND 4 FOR UPPER CHONTAL WRD</b>		
CLIENT AND PROJECT: <div><div><b>CERRO QUEMA MINE</b> HLF AND WRD PRE-FEASIBILITY STUDY</div></div>		ANALYSIS: <b>SLOPE STABILITY EVALUATION</b>	DESIGN BY: <b>P. M. STRENK</b>	DATE: <b>5/12/14</b>
		PROJECT NO. <b>1300709.100</b>	CHECKED BY: <b>R. A. BROWNE</b>	<b>FIGURE 4</b>



S:\Pershimo Resources\Carro Quemado\Mapa\1307079 Carro Quemado\FIG 5.dwg 1:Layout: FIGURE 5 Modified: C:\Users\johnd\Documents\FIG 5.dwg 05/14/2014 9:45 AM | Plotted: C:\Users\johnd\Documents\FIG 5.dwg 05/14/2014

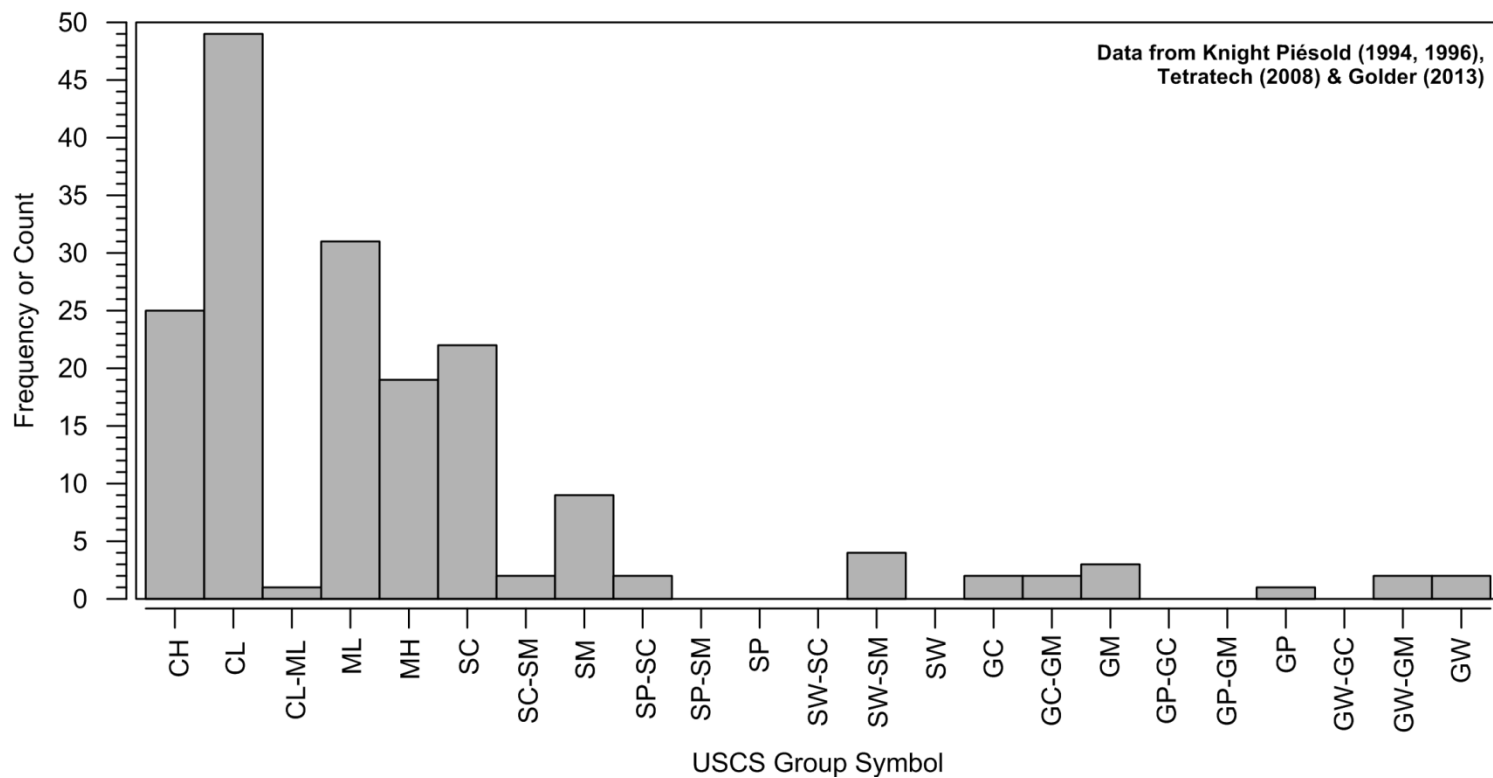


		-		-		-		-		-	
REV	DATE	REVISION DESCRIPTION				DES	CADD	CHK	RWW		
PROJECT											
PRE-FEASIBILITY STABILITY EVALUATION OF THE HLF AND WRD FOR THE CERRO QUEMA MINE PROJECT											
TITLE											
GEOTECHNICAL EXPLORATION LOCATIONS											
				PROJECT No.		1300709		FILE No.		FIGURE 5.dwg	
				DESIGN	SAM	2014-1-17		SCALE		AS SHOWN	
				CADD	SAM	2014-1-17		FIGURE		<div>FIGURE 5</div>	
				CHECK	PMS	2014-1-17					
				REVIEW	RAB	2014-1-17					



**FIGURE 5**





595 DOUBLE EAGLE CT., SUITE 1000  
RENO, NEVADA 89521  
PHONE: (775) 828-9604  
FAX: (775) 828-9645

TITLE:

### HISTOGRAM OF USCS GROUP SYMBOL FOR THE OVERBURDEN SOILS

CLIENT AND PROJECT:



**CERRO QUEMA MINE**  
HLF AND WRD PRE-FEASIBILITY STUDY

ANALYSIS: **SLOPE STABILITY EVALUATION**

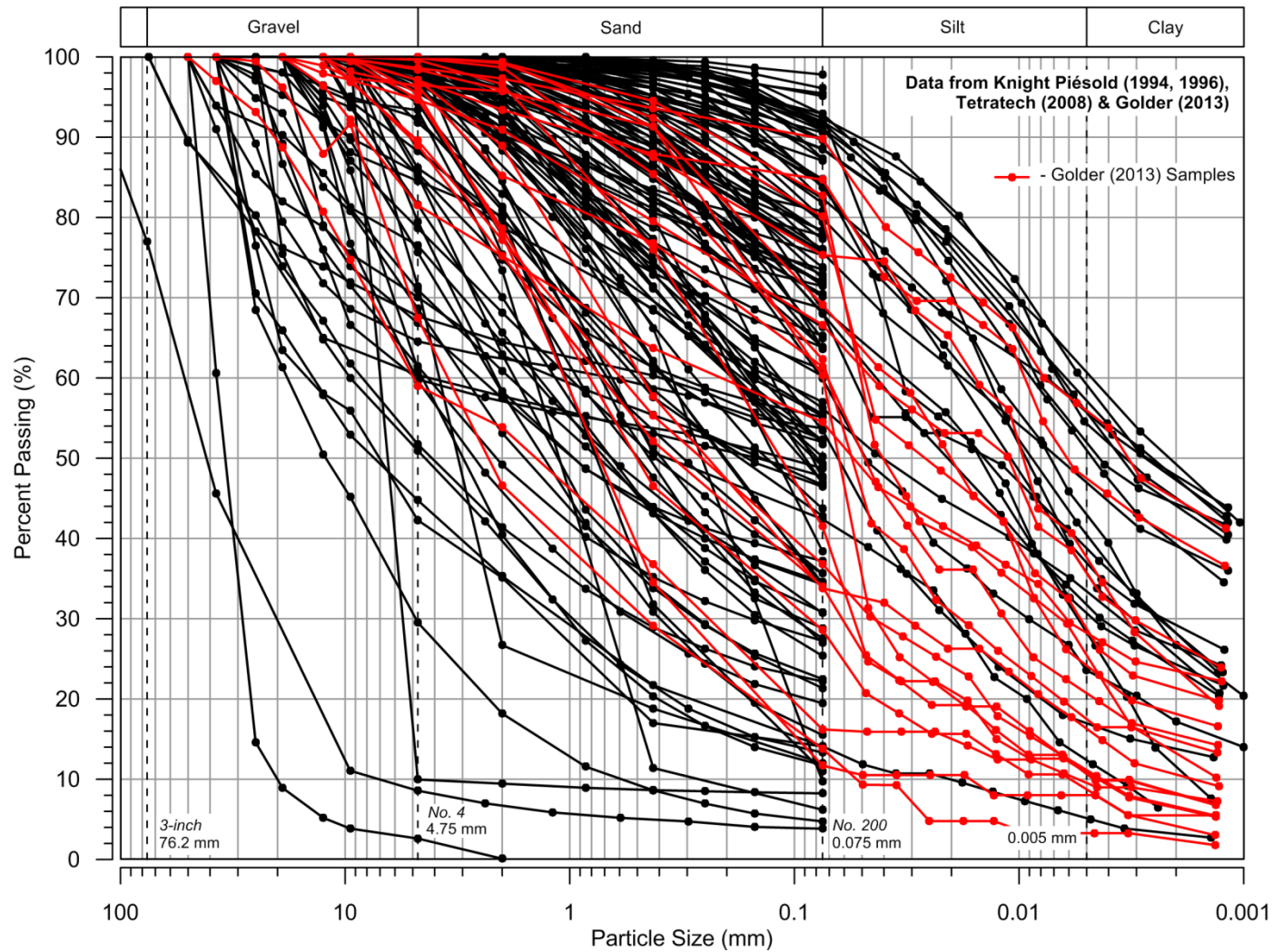
PROJECT NO.: **1300709.100**

ANALYSIS BY: **P. M. STRENK**

CHECKED BY: **R. A. BROWNE**

DATE: **5/12/14**

**FIGURE 6**



595 DOUBLE EAGLE CT., SUITE 1000  
RENO, NEVADA 89521  
PHONE: (775) 828-9604  
FAX: (775) 828-9645

TITLE:

## PARTICLE SIZE DISTRIBUTIONS FOR THE OVERBURDEN SOILS

CLIENT AND PROJECT:



**CERRO QUEMA MINE**  
HLF AND WRD PRE-FEASIBILITY STUDY

ANALYSIS: **SLOPE STABILITY EVALUATION**

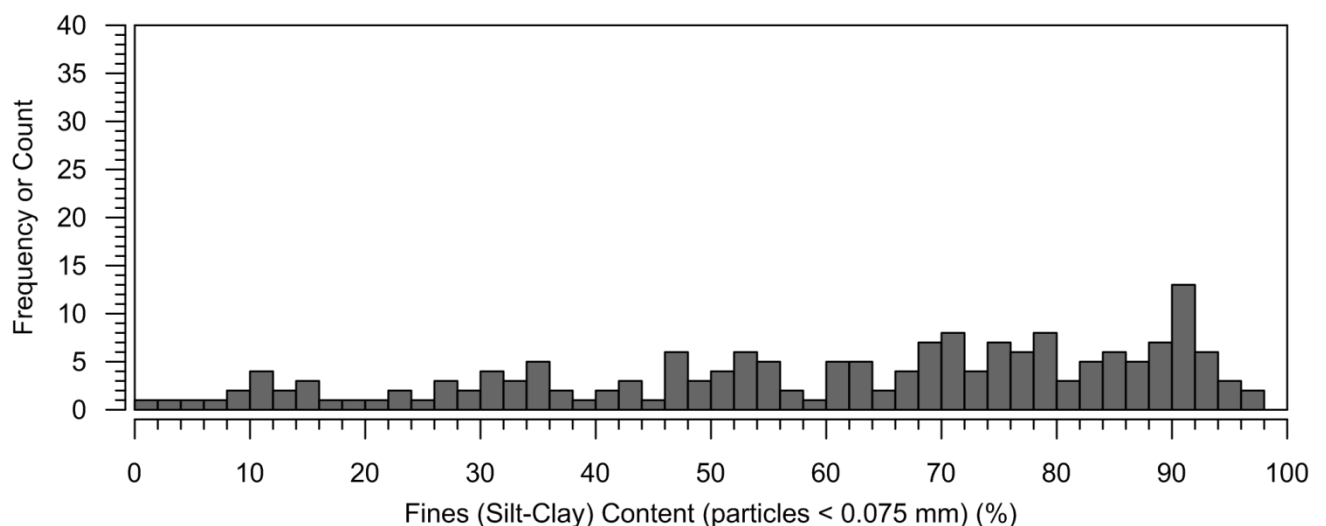
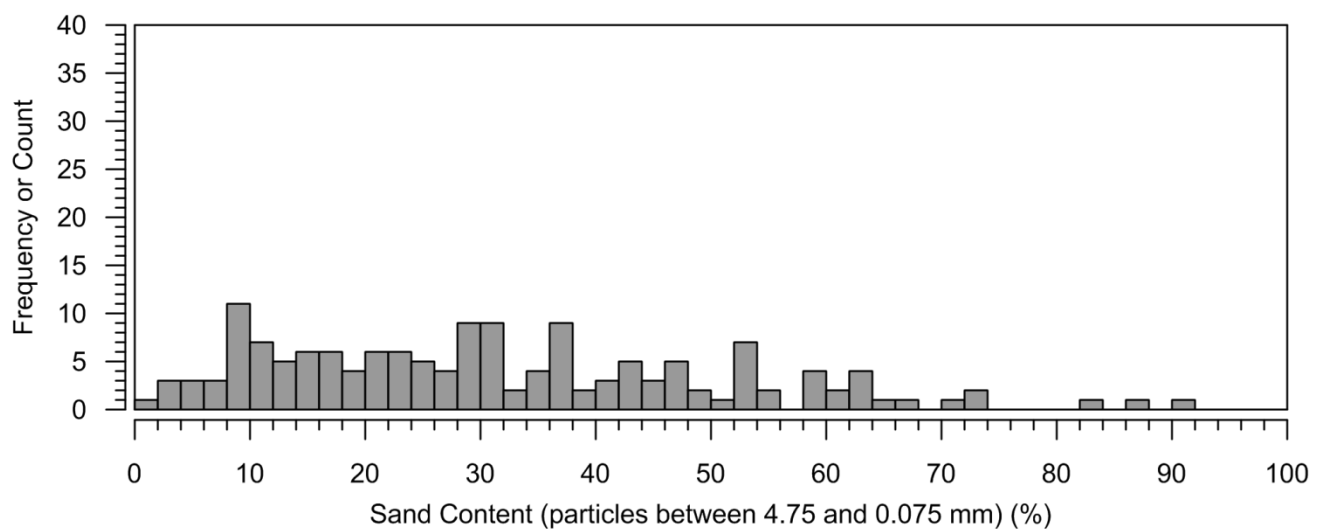
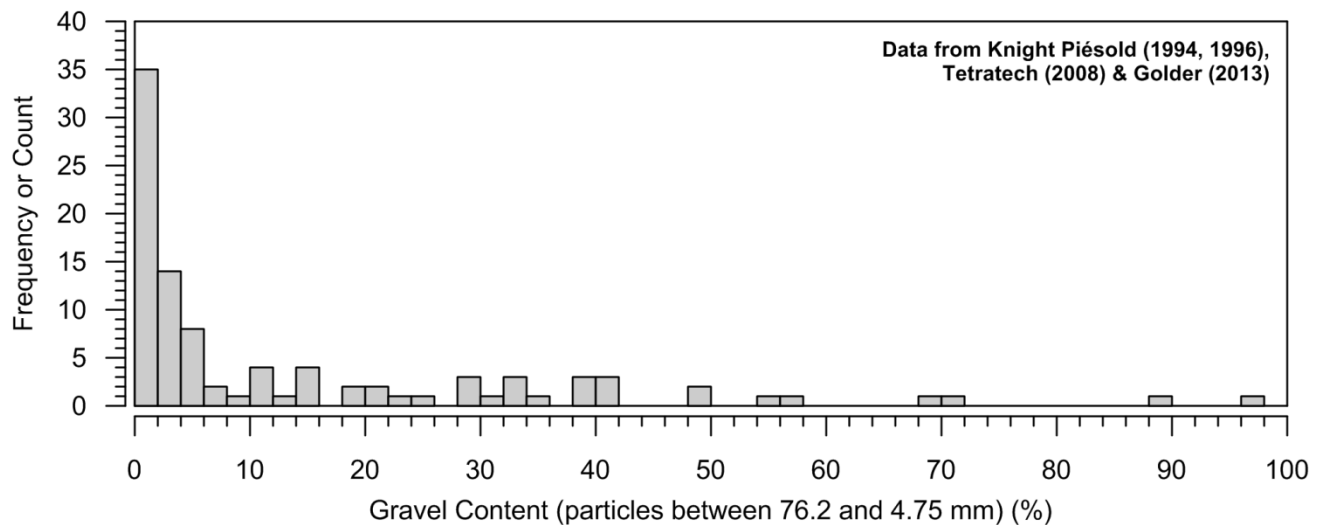
PROJECT NO.: **1300709.100**

ANALYSIS BY: **P. M. STRENK**

CHECKED BY: **R. A. BROWNE**

DATE: **5/12/14**

**FIGURE 7**



595 DOUBLE EAGLE CT., SUITE 1000  
RENO, NEVADA 89521  
PHONE: (775) 828-9604  
FAX: (775) 828-9645

TITLE:

# **HISTOGRAM OF GRAVEL, SAND AND FINES (SILT-CLAY) CONTENT FOR THE OVERBURDEN SOILS**

CLIENT AND PROJECT:



**PERSHIMCO**

**CERRO QUEMA MINE**  
HLF AND WRD  
PRE-FEASIBILITY STUDY

ANALYSIS:

**SLOPE STABILITY EVALUATION**

PROJECT NO.

**1300709.100**

DESIGN BY:

**P. M. STRENK**

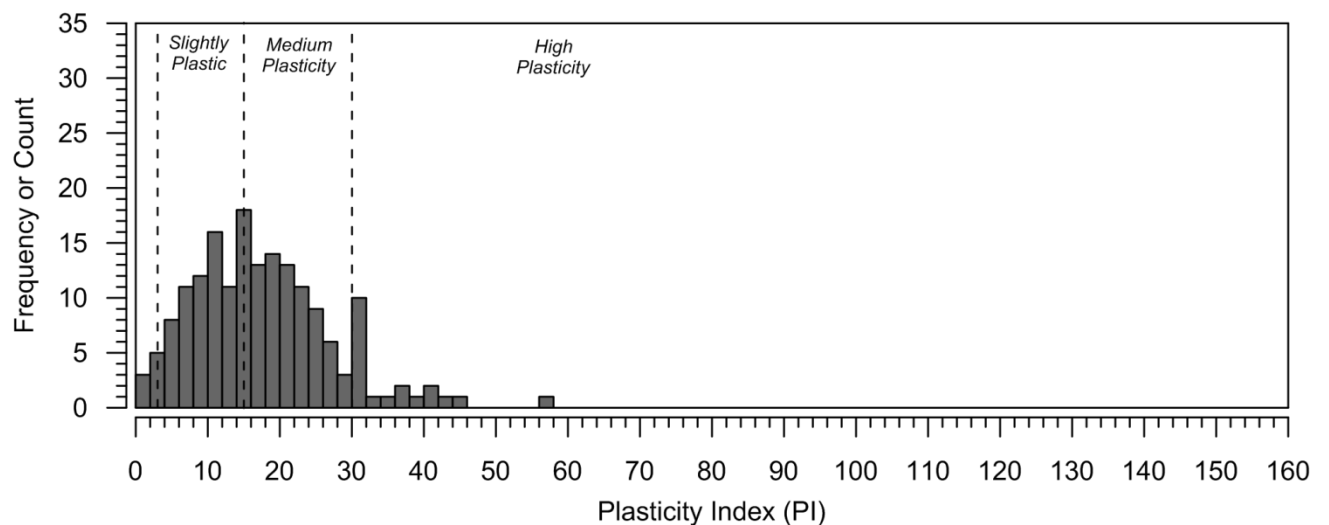
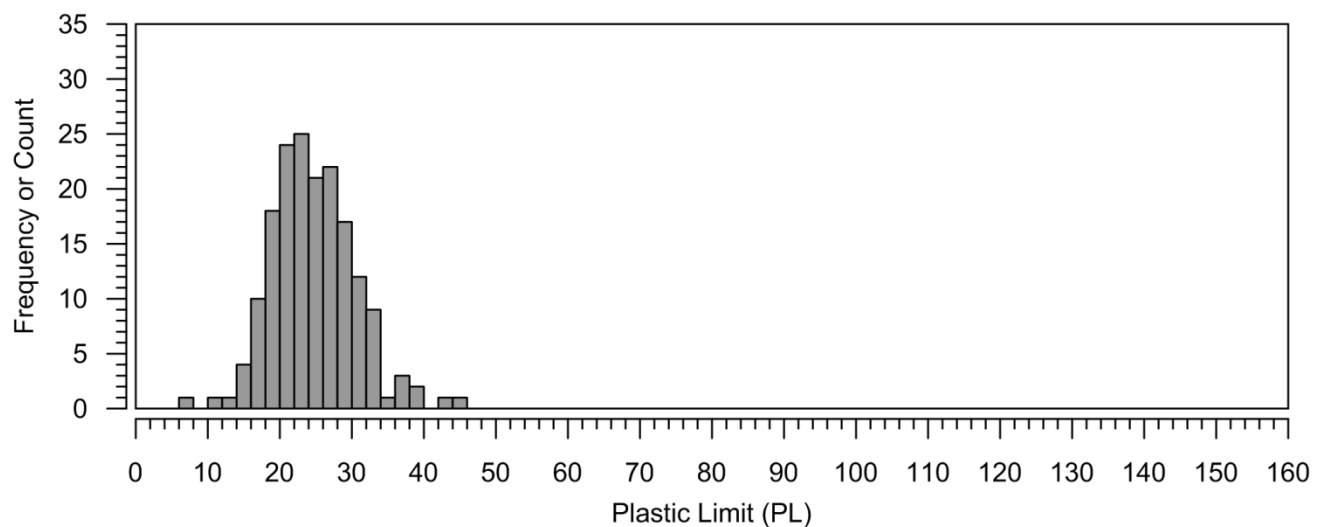
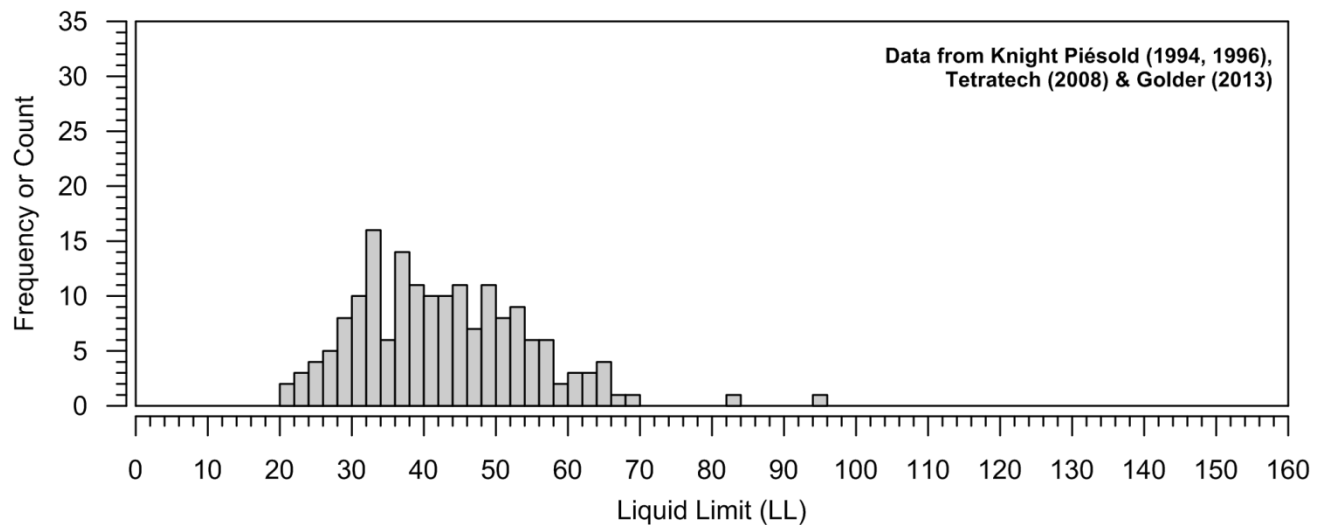
CHECKED BY:

**R. A. BROWNE**

DATE:

**5/12/14**

**FIGURE 8**



595 DOUBLE EAGLE CT., SUITE 1000  
RENO, NEVADA 89521  
PHONE: (775) 828-9604  
FAX: (775) 828-9645

TITLE:

# **HISTOGRAM OF ATTERBERG LIMITS (LL, PL, PI) FOR THE OVERBURDEN SOILS**

CLIENT AND PROJECT:



**PERSHIMCO**

**CERRO QUEMA MINE**  
HLF AND WRD  
PRE-FEASIBILITY STUDY

ANALYSIS:

**SLOPE STABILITY EVALUATION**

PROJECT NO.

**1300709.100**

DESIGN BY:

**P. M. STRENK**

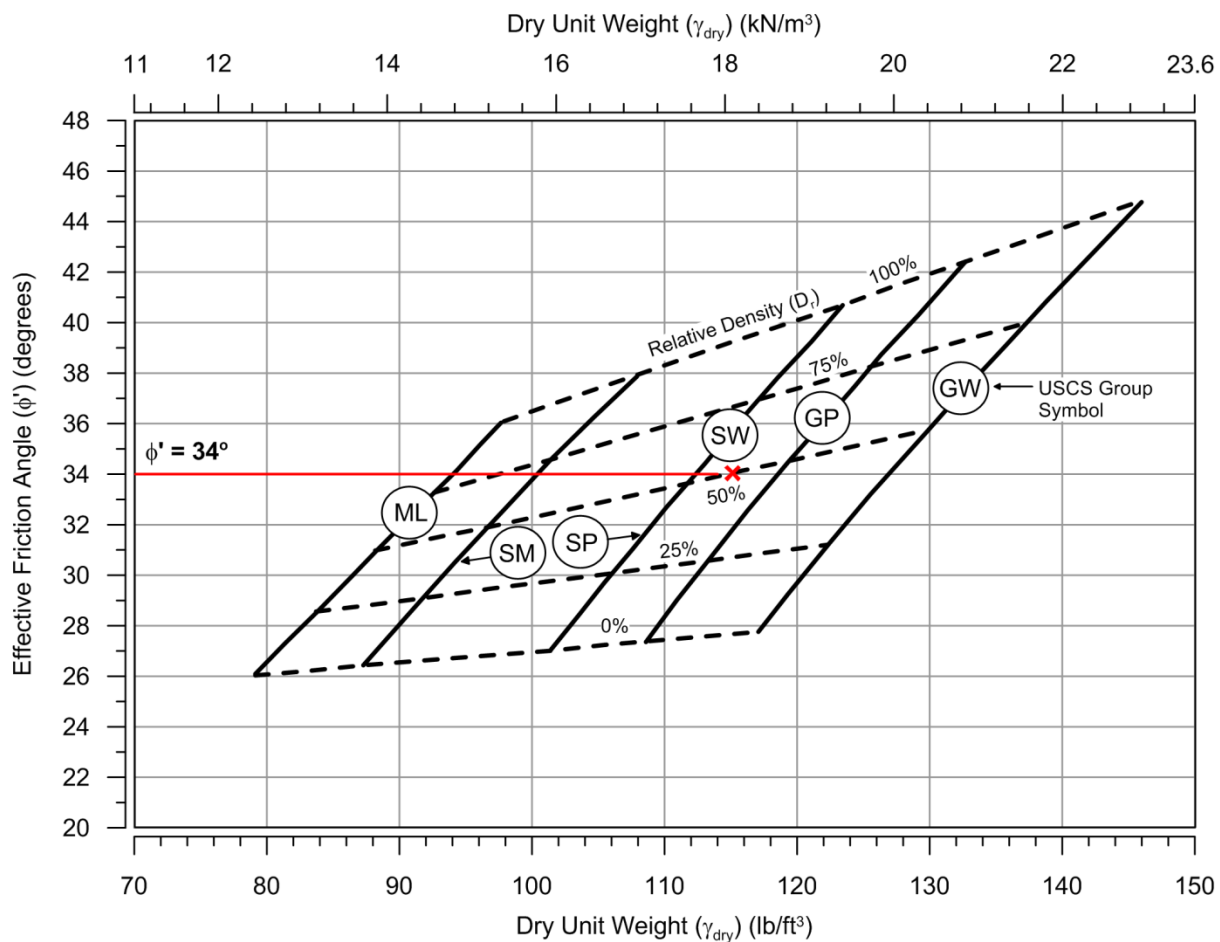
CHECKED BY:

**R. A. BROWNE**

DATE:

**5/12/14**

**FIGURE 9**



595 DOUBLE EAGLE CT., SUITE 1000  
RENO, NEVADA 89521  
PHONE: (775) 828-9604  
FAX: (775) 828-9645

TITLE:

## EMPIRICAL CORRELATION FOR ESTIMATION OF THE SHEAR STRENGTH OF THE HEAP LEACH ORE

CLIENT AND PROJECT:



**CERRO QUEMA MINE**  
HLF AND WRD PRE-FEASIBILITY STUDY

ANALYSIS: **SLOPE STABILITY EVALUATION**

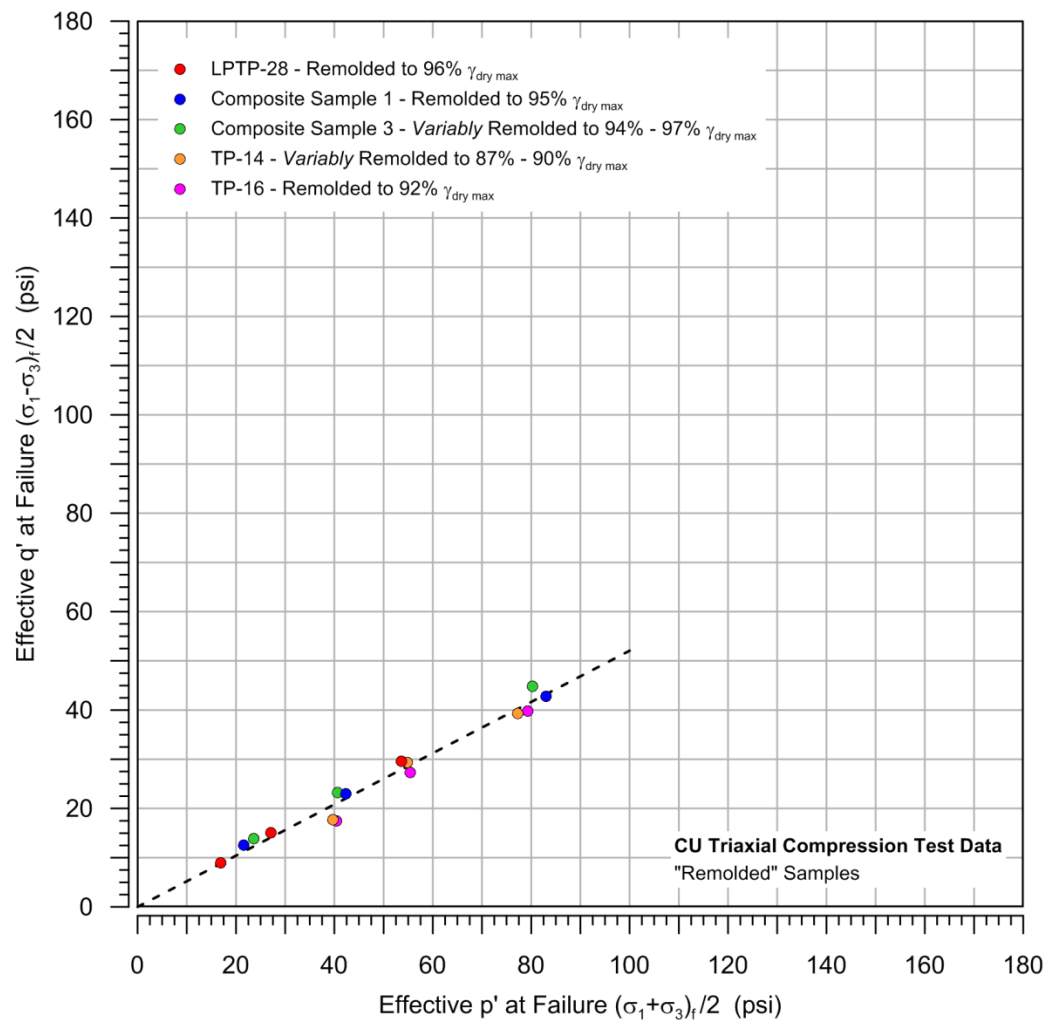
PROJECT NO.: **1300709.100**

ANALYSIS BY: **P. M. STRENK**

CHECKED BY: **R. A. BROWNE**

DATE: **5/12/14**

**FIGURE 10**



Effective Stress K-line at Failure:

$$q_f = p'_f \tan \psi + a \quad (\text{assume } a = 0)$$

$$q_f = 0.5207 p'_f$$

$$(R^2 = 0.995)$$

$$\tan \psi = 0.5207$$

$$\sin \phi' = \tan \psi$$

$$\phi' = \sin^{-1}(0.5207)$$

$$\phi' = 31.38^\circ$$

$$\phi' \approx 31^\circ$$

$$c' = a / \cos \phi'$$

$$c' = 0 / \cos(31.38) = 0 \text{ psi}$$

$$c' = 0 \text{ psi}$$



595 DOUBLE EAGLE CT., SUITE 1000  
RENO, NEVADA 89521  
PHONE: (775) 828-9604  
FAX: (775) 828-9645

TITLE:

**SHEAR STRENGTH FAILURE ENVELOPE FOR THE STRUCTURAL FILL AND SOIL LINER BEDDING (REMOLDED SAMPLES)**

CLIENT AND PROJECT:



**CERRO QUEMA MINE**  
HLF AND WRD PRE-FEASIBILITY STUDY

ANALYSIS: **SLOPE STABILITY EVALUATION**

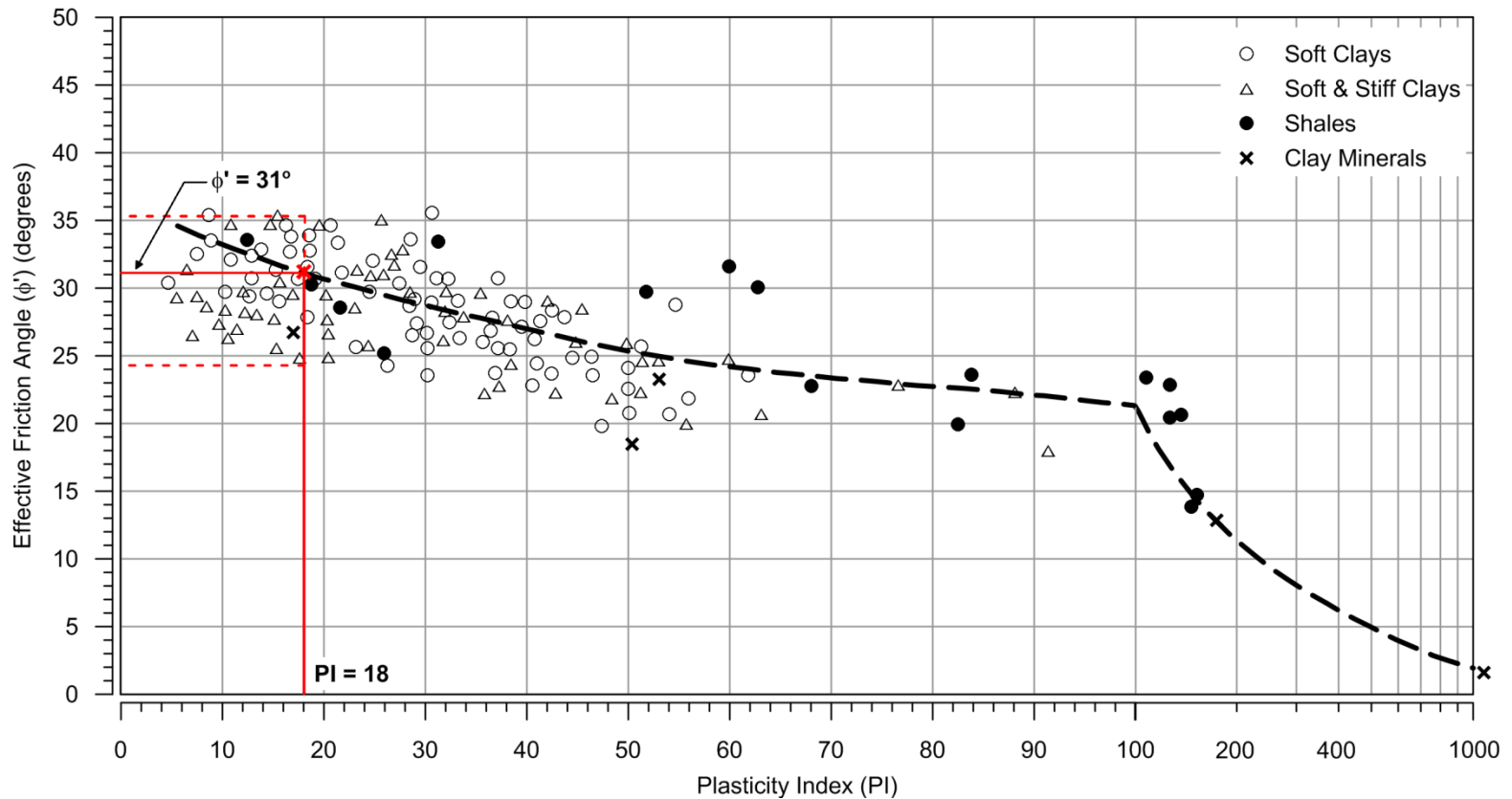
PROJECT NO.: **1300709.100**

ANALYSIS BY: **P. M. STRENK**

CHECKED BY: **R. A. BROWNE**

DATE: **5/12/14**

**FIGURE 11**



595 DOUBLE EAGLE CT., SUITE 1000  
RENO, NEVADA 89521  
PHONE: (775) 828-9604  
FAX: (775) 828-9645

TITLE: **EMPIRICAL CORRELATION FOR ESTIMATION OF THE SHEAR STRENGTH OF THE SOIL LINER BEDDING**

CLIENT AND PROJECT:



**CERRO QUEMA MINE**  
HLF AND WRD PRE-FEASIBILITY STUDY

ANALYSIS: **SLOPE STABILITY EVALUATION**

PROJECT NO.: **1300709.100**

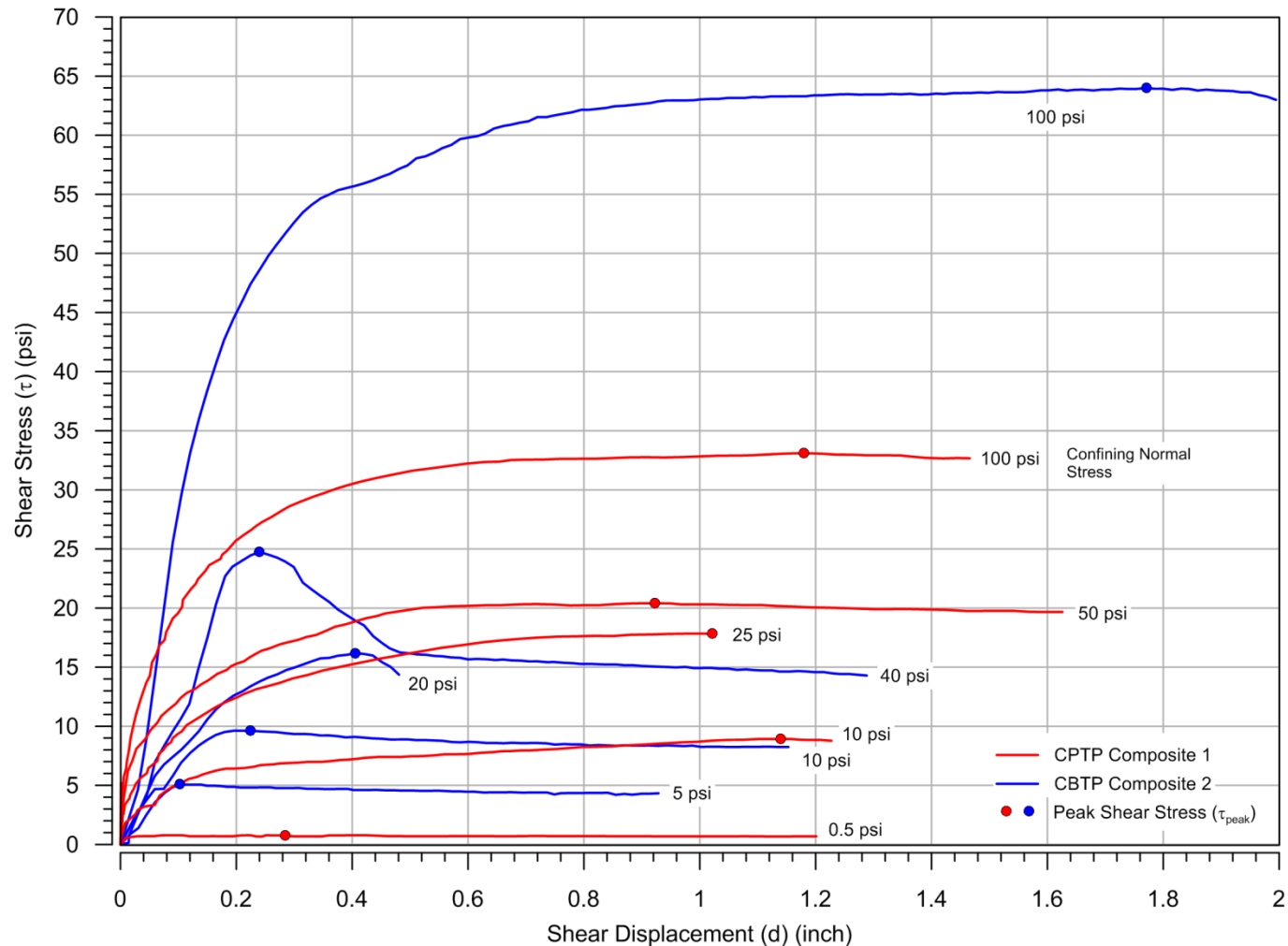
ANALYSIS BY: **P. M. STRENK**

CHECKED BY: **R. A. BROWNE**

DATE: **5/12/14**

**FIGURE 12**





595 DOUBLE EAGLE CT., SUITE 1000  
RENO, NEVADA 89521  
PHONE: (775) 828-9604  
FAX: (775) 828-9645

TITLE:

# **SHEAR STRESS-DISPLACEMENT ( $\tau$ -d) RESPONSE FROM INTERFACE DIRECT SHEAR TESTING OF THE TEXTURED GEOMEMBRANE-TO-SOIL LINER INTERFACE**

CLIENT AND PROJECT:



**CERRO QUEMA MINE**  
HLF AND WRD PRE-FEASIBILITY STUDY

ANALYSIS: **SLOPE STABILITY EVALUATION**

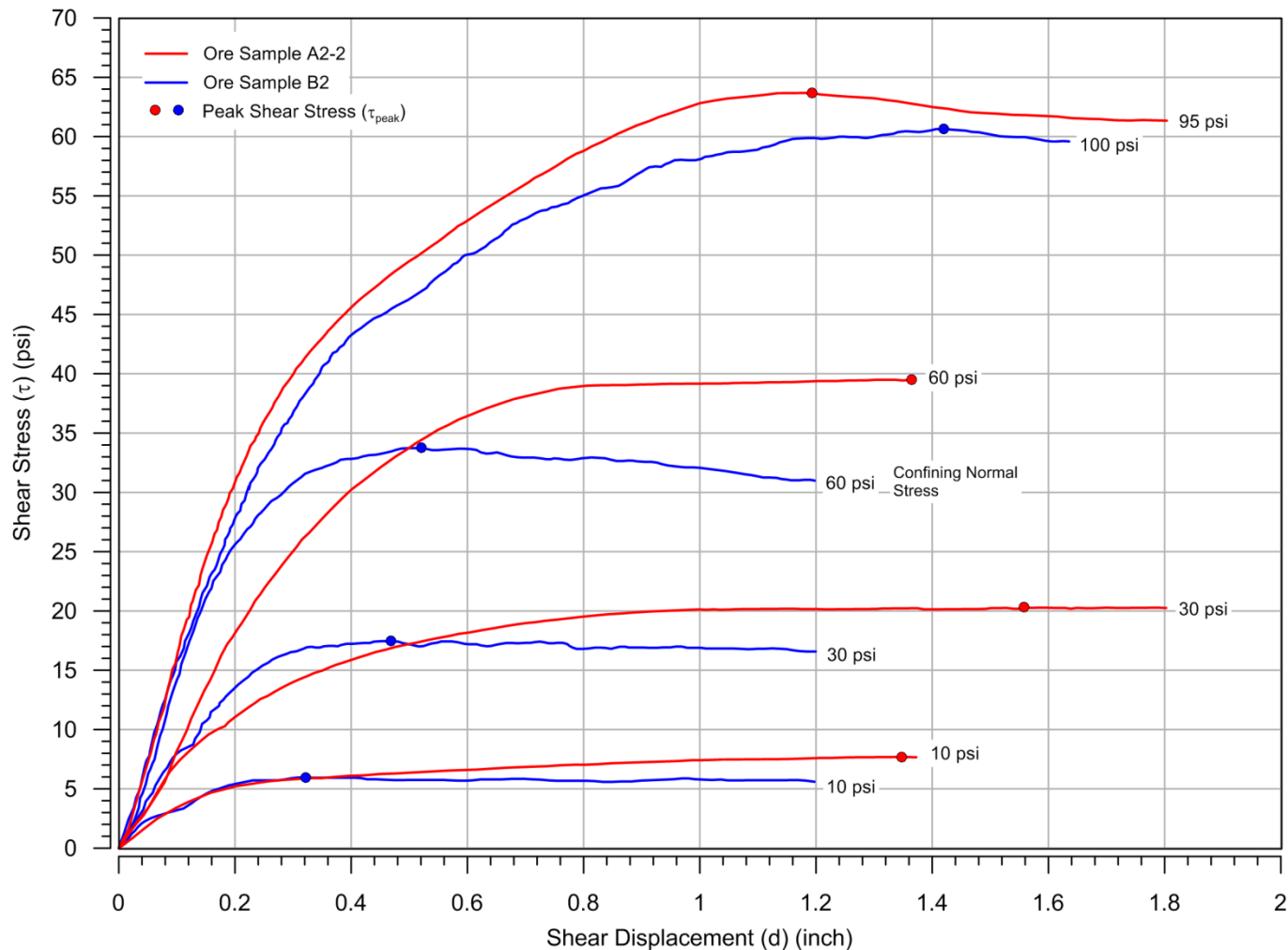
PROJECT NO.: **1300709.100**

ANALYSIS BY: **P. M. STRENK**

CHECKED BY: **R. A. BROWNE**

DATE: **5/12/14**

**FIGURE 13**



595 DOUBLE EAGLE CT., SUITE 1000  
RENO, NEVADA 89521  
PHONE: (775) 828-9604  
FAX: (775) 828-9645

TITLE: **SHEAR STRESS-DISPLACEMENT ( $\tau$ -d) RESPONSE FROM INTERFACE DIRECT  
SHEAR TESTING OF THE TEXTURED GEOMEMBRANE-TO-HEAP ORE INTERFACE**

CLIENT AND PROJECT:



**CERRO QUEMA MINE**  
HLF AND WRD PRE-FEASIBILITY STUDY

ANALYSIS: **SLOPE STABILITY EVALUATION**

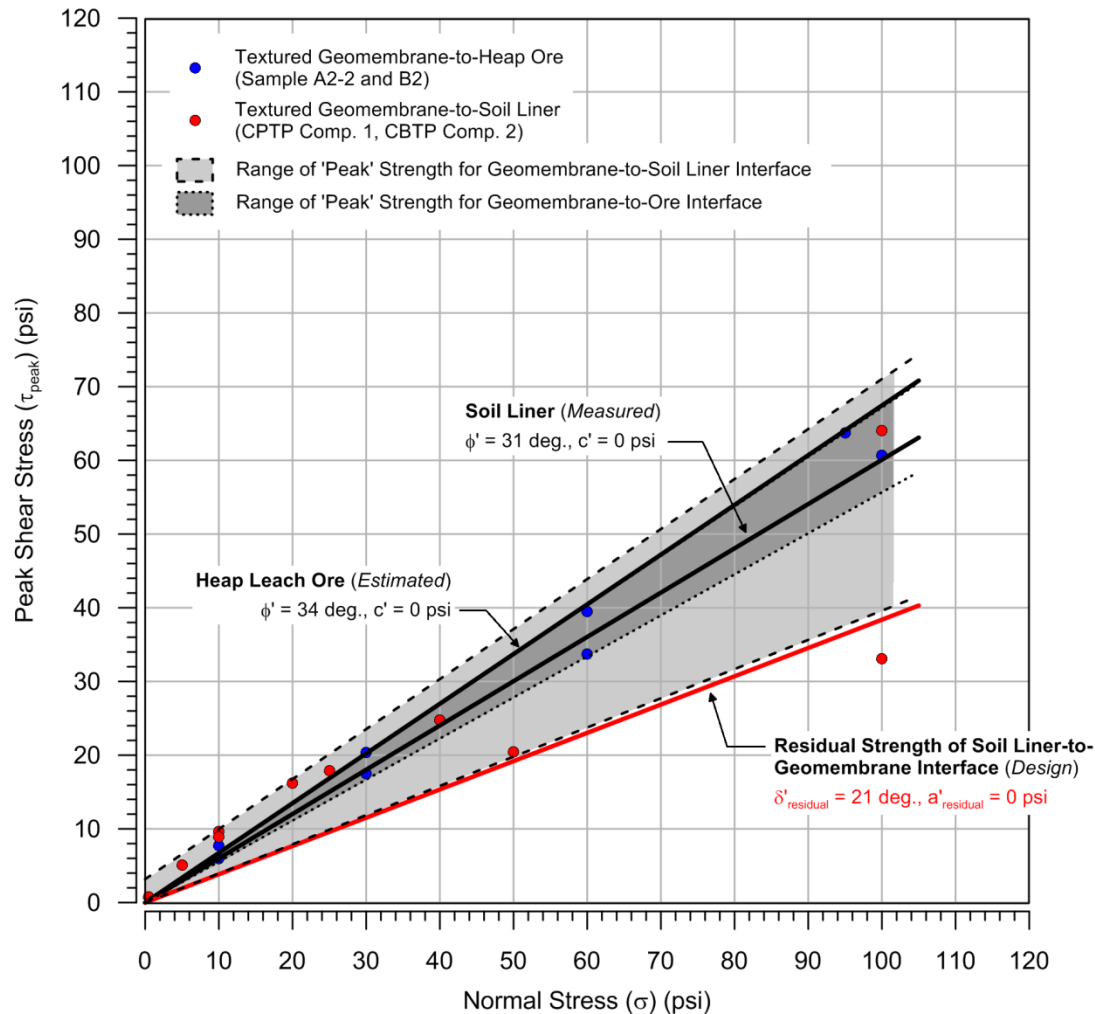
PROJECT NO.: **1300709.100**

ANALYSIS BY: **P. M. STRENK**

CHECKED BY: **R. A. BROWNE**

DATE: **5/12/14**

**FIGURE 14**



595 DOUBLE EAGLE CT., SUITE 1000  
 RENO, NEVADA 89521  
 PHONE: (775) 828-9604  
 FAX: (775) 828-9645

TITLE:

# COMPARISON OF SHEAR STRENGTHS FOR THE BASE LINER SYSTEM (TEXTURED GEOMEMBRANE INTERFACE, SOIL LINER AND HEAP ORE)

CLIENT AND PROJECT:



**CERRO QUEMA MINE**  
 HLF AND WRD PRE-FEASIBILITY STUDY

ANALYSIS: SLOPE STABILITY EVALUATION

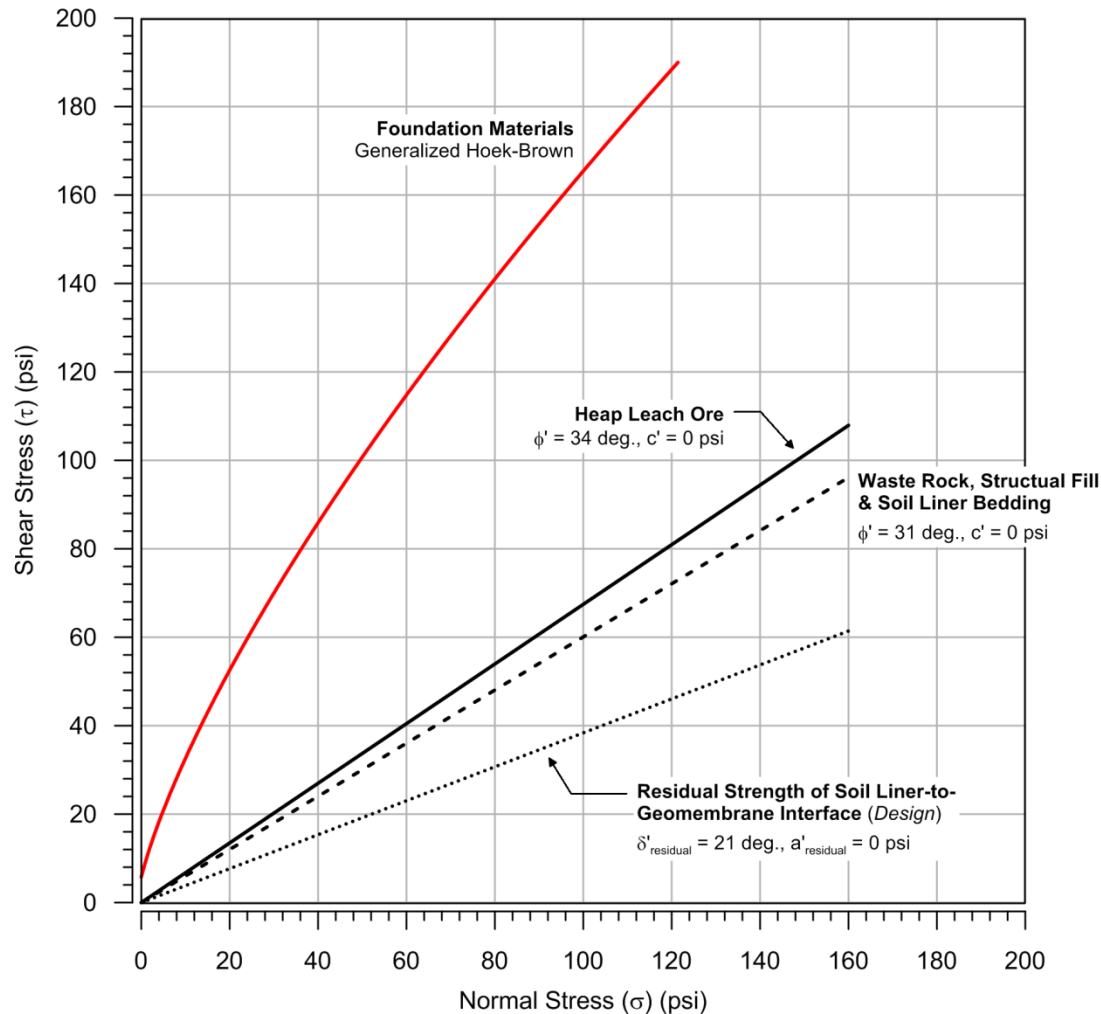
PROJECT NO.: 1300709.100

ANALYSIS BY: P. M. STRENK

CHECKED BY: R. A. BROWNE

DATE: 5/12/14

**FIGURE 15**



595 DOUBLE EAGLE CT., SUITE 1000  
RENO, NEVADA 89521  
PHONE: (775) 828-9604  
FAX: (775) 828-9645

TITLE:

## COMPARISON OF SHEAR STRENGTH OF THE HLF AND WRD MATERIALS TO THE FOUNDATION MATERIALS

CLIENT AND PROJECT:



**CERRO QUEMA MINE**  
HLF AND WRD PRE-FEASIBILITY STUDY

ANALYSIS: **SLOPE STABILITY EVALUATION**

PROJECT NO.: **1300709.100**

ANALYSIS BY: **P. M. STRENK**

CHECKED BY: **R. A. BROWNE**

DATE: **5/12/14**

**FIGURE 16**

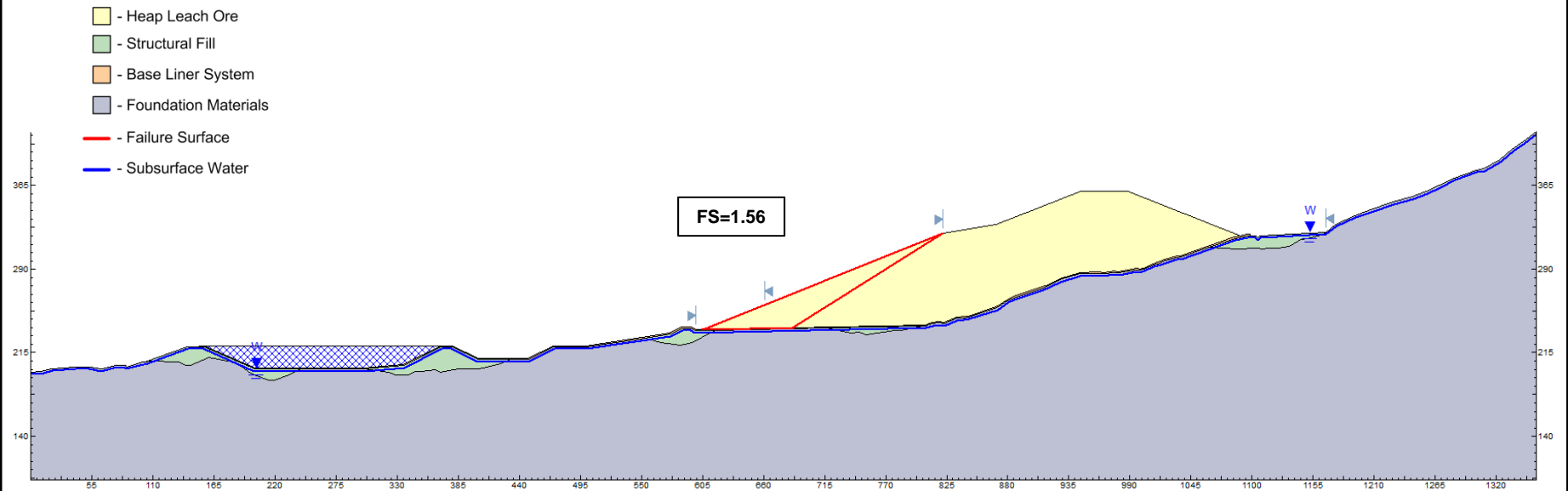
**ANEXO A**

**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE EQUILIBRIO LÍMITE**

**CONDICIÓN ESTÁTICA**

**CONDICIÓN ESTÁTICA**  
**SECCIONES 1 Y 2 – MARICELA HLF**  
**SUPERFICIES TIPOS “BLOQUE” Y “CIRCULAR PROFUNDO”**  
**FIGURAS A1 – A4**

## MARICELA HLF



Note: Horizontal and vertical scales are in units of meters. The vertical scale corresponds to elevation.



595 DOUBLE EAGLE CT., SUITE 1000  
RENO, NEVADA 89521  
PHONE: (775) 828-9604  
FAX: (775) 828-9645

TITLE:

### SECTION 1 – STATIC CONDITION (FS= 1.56) – CRITICAL “BLOCK-TYPE” FAILURE SURFACE ALONG THE LINER

CLIENT AND PROJECT:



**CERRO QUEMA MINE**  
HLF AND WRD PRE-FEASIBILITY STUDY

ANALYSIS: **SLOPE STABILITY EVALUATION**

PROJECT NO.: **1300709.100**

ANALYSIS BY: **S.A. MCMANUS**

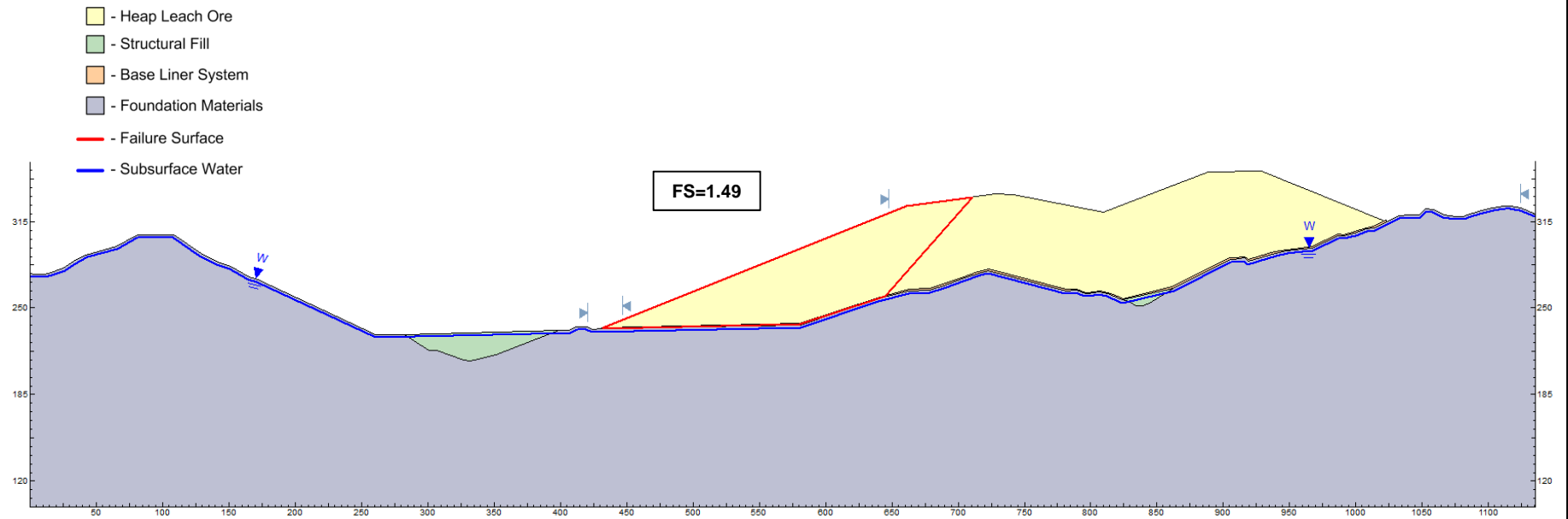
CHECKED BY: **R. A. BROWNE**

DATE: **1/22/14**

**FIGURE A1**



## MARICELA HLF



Note: Horizontal and vertical scales are in units of meters. The vertical scale corresponds to elevation.



595 DOUBLE EAGLE CT., SUITE 1000  
RENO, NEVADA 89521  
PHONE: (775) 828-9604  
FAX: (775) 828-9645

TITLE: **SECTION 2 – STATIC CONDITION (FS= 1.49) – CRITICAL “BLOCK-TYPE” FAILURE SURFACE ALONG THE LINER**

CLIENT AND PROJECT:



**CERRO QUEMA MINE**  
HLF AND WRD PRE-FEASIBILITY STUDY

ANALYSIS: **SLOPE STABILITY EVALUATION**

PROJECT NO.: **1300709.100**

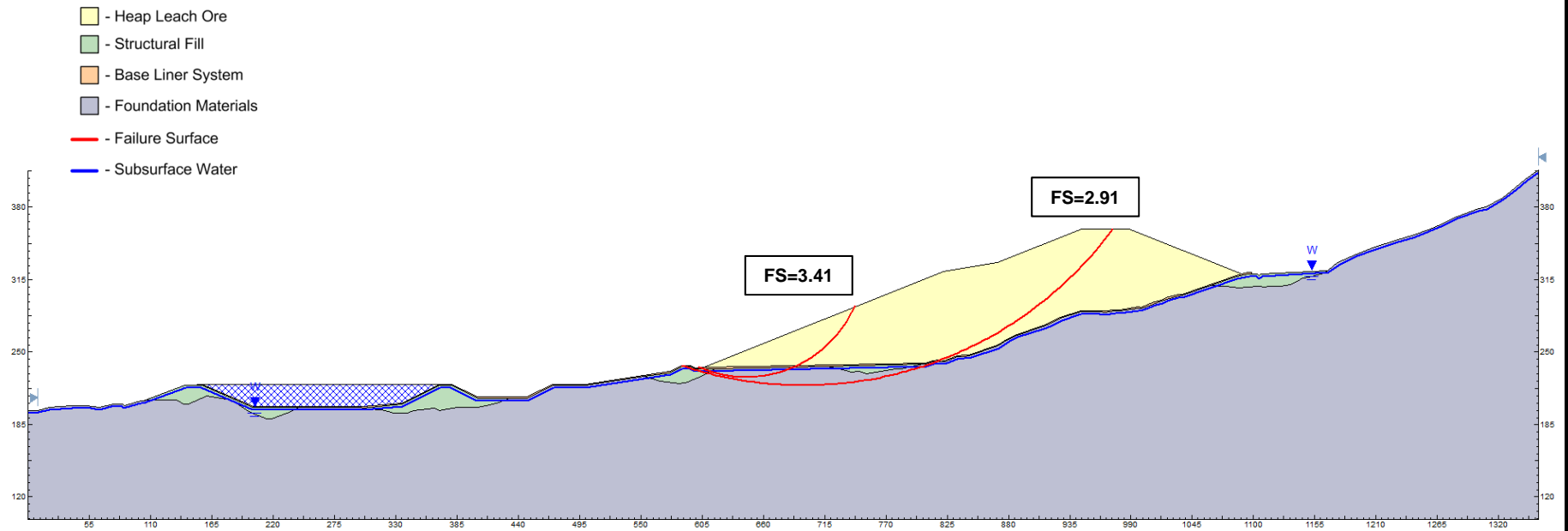
ANALYSIS BY: **S.A. MCMANUS**

CHECKED BY: **R. A. BROWNE**

DATE: **1/22/14**

**FIGURE A2**

## MARICELA HLF



Note: Horizontal and vertical scales are in units of meters. The vertical scale corresponds to elevation.



595 DOUBLE EAGLE CT., SUITE 1000  
RENO, NEVADA 89521  
PHONE: (775) 828-9604  
FAX: (775) 828-9645

TITLE:

### SECTION 1 – STATIC CONDITION (FS= 2.91 and 3.41) – “DEEP FOUNDATION” FAILURES

CLIENT AND PROJECT:



**CERRO QUEMA MINE**  
HLF AND WRD PRE-FEASIBILITY STUDY

ANALYSIS: SLOPE STABILITY EVALUATION

PROJECT NO.: 1300709.100

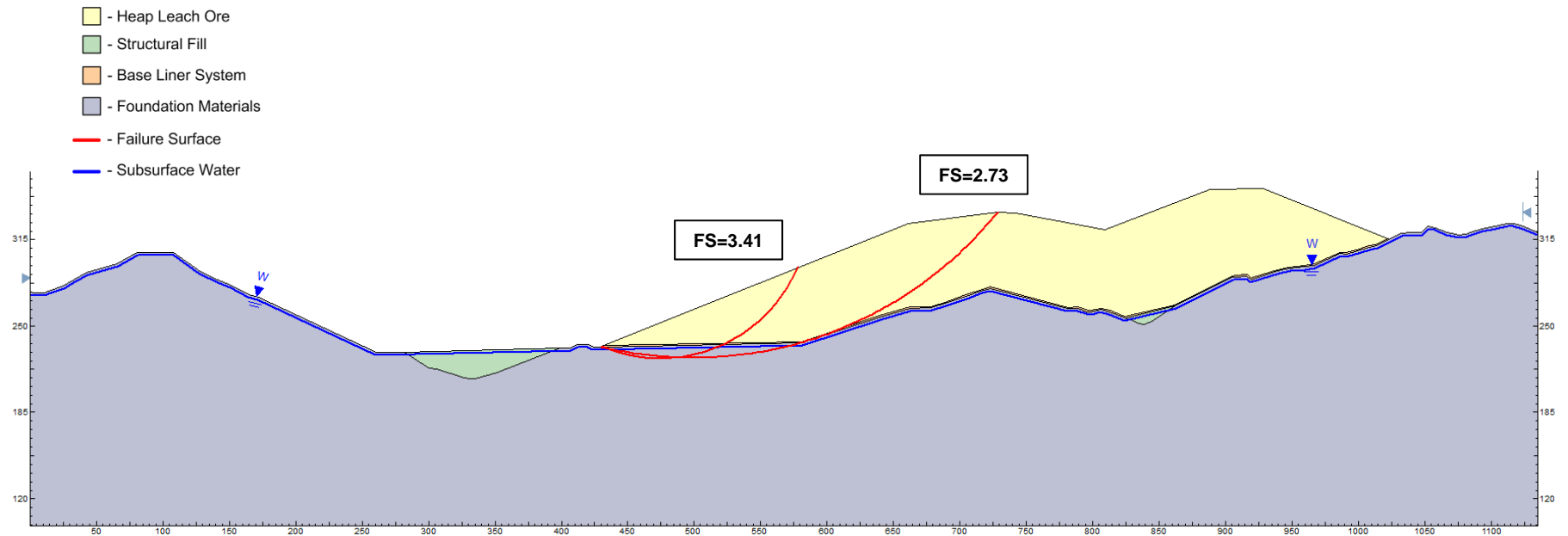
ANALYSIS BY: S.A. MCMANUS

CHECKED BY: R. A. BROWNE

DATE: 1/22/14

**FIGURE A3**

## MARICELA HLF



Note: Horizontal and vertical scales are in units of meters. The vertical scale corresponds to elevation.



595 DOUBLE EAGLE CT., SUITE 1000  
RENO, NEVADA 89521  
PHONE: (775) 828-9604  
FAX: (775) 828-9645

TITLE: **SECTION 2 – STATIC CONDITION (FS= 2.73 and 3.41) – “DEEP FOUNDATION” FAILURES**

CLIENT AND PROJECT:



**CERRO QUEMA MINE**  
HLF AND WRD PRE-FEASIBILITY STUDY

ANALYSIS: **SLOPE STABILITY EVALUATION**

PROJECT NO.: **1300709.100**

ANALYSIS BY: **S.A. MCMANUS**

CHECKED BY: **R. A. BROWNE**

DATE: **1/22/14**

**FIGURE A4**

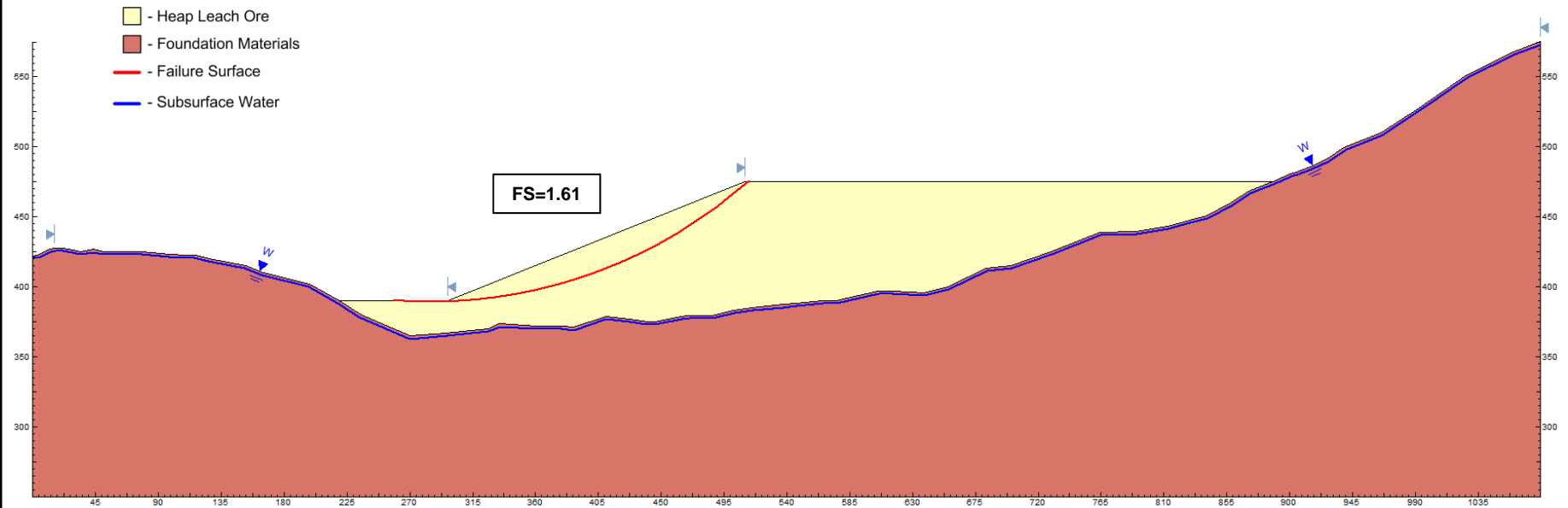
**CONDICIÓN ESTÁTICA**

**SECCIONES 3 Y 4 – CHONTAL SUPERIOR WRD**

**SUPERFICIES TIPOS “TALUD TOTAL” Y “CIRCULAR PROFUNDO”**

**FIGURAS A5 – A8**

## UPPER CHONTAL WRD



Note: Horizontal and vertical scales are in units of meters. The vertical scale corresponds to elevation.



595 DOUBLE EAGLE CT., SUITE 1000  
RENO, NEVADA 89521  
PHONE: (775) 828-9604  
FAX: (775) 828-9645

TITLE: **SECTION 3 – STATIC CONDITION (FS= 1.61) – CRITICAL “OVERALL SLOPE”  
FAILURE SURFACE**

CLIENT AND PROJECT:



**CERRO QUEMA MINE**  
HLF AND WRD PRE-FEASIBILITY STUDY

ANALYSIS: **SLOPE STABILITY EVALUATION**

PROJECT NO.: **1300709.100**

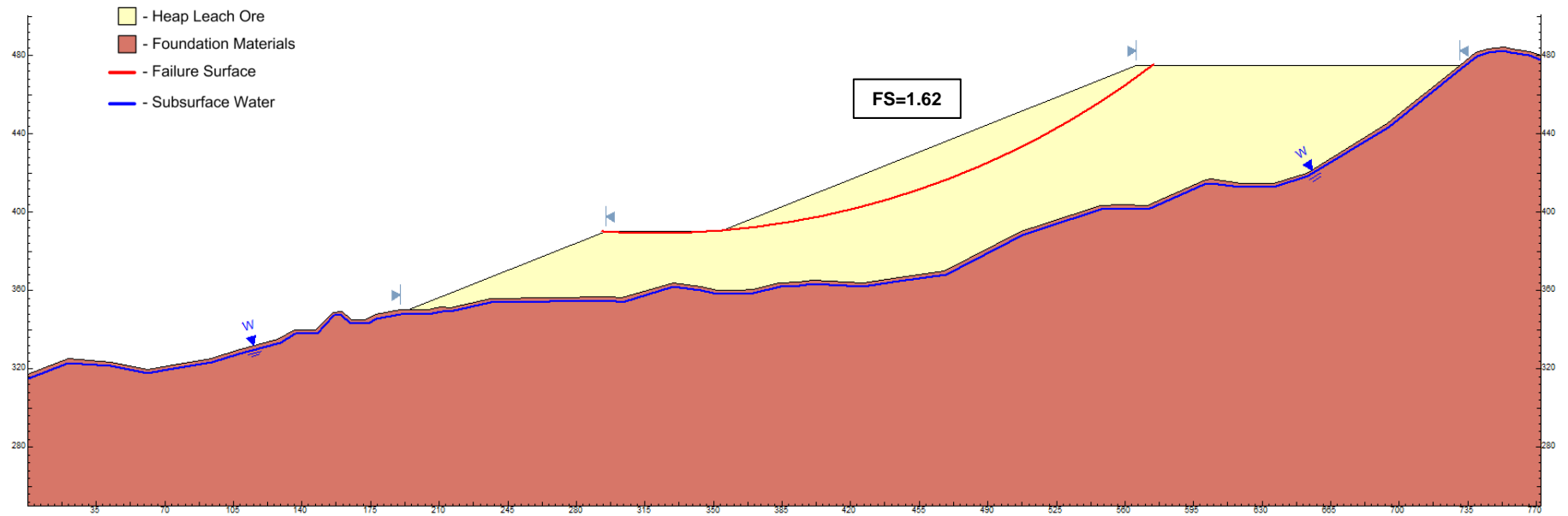
ANALYSIS BY: **S.A. MCMANUS**

CHECKED BY: **R. A. BROWNE**

DATE: **1/22/14**

**FIGURE A5**

## UPPER CHONTAL WRD



595 DOUBLE EAGLE CT., SUITE 1000  
RENO, NEVADA 89521  
PHONE: (775) 828-9604  
FAX: (775) 828-9645

TITLE:

### SECTION 4 – STATIC CONDITION (FS= 1.62) – CRITICAL “OVERALL SLOPE” FAILURE SURFACE

CLIENT AND PROJECT:



**CERRO QUEMA MINE**  
HLF AND WRD PRE-FEASIBILITY STUDY

ANALYSIS: **SLOPE STABILITY EVALUATION**

PROJECT NO.: **1300709.100**

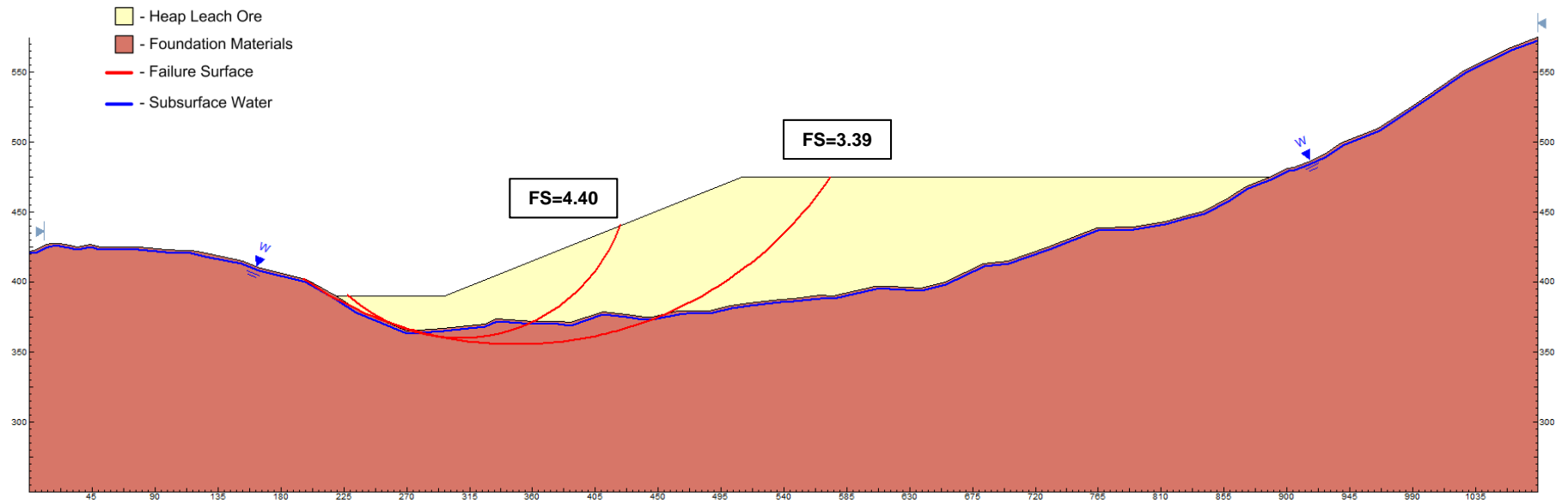
ANALYSIS BY: **S.A. MCMANUS**

CHECKED BY: **R. A. BROWNE**

DATE: **1/22/14**

**FIGURE A6**

## UPPER CHONTAL WRD



Note: Horizontal and vertical scales are in units of meters. The vertical scale corresponds to elevation.



595 DOUBLE EAGLE CT., SUITE 1000  
RENO, NEVADA 89521  
PHONE: (775) 828-9604  
FAX: (775) 828-9645

TITLE:

### SECTION 3 – STATIC CONDITION (FS= 3.39 and 4.40) – “DEEP FOUNDATION” FAILURES

CLIENT AND PROJECT:



**CERRO QUEMA MINE**  
HLF AND WRD PRE-FEASIBILITY STUDY

ANALYSIS: SLOPE STABILITY EVALUATION

PROJECT NO.: 1300709.100

ANALYSIS BY: S.A. MCMANUS

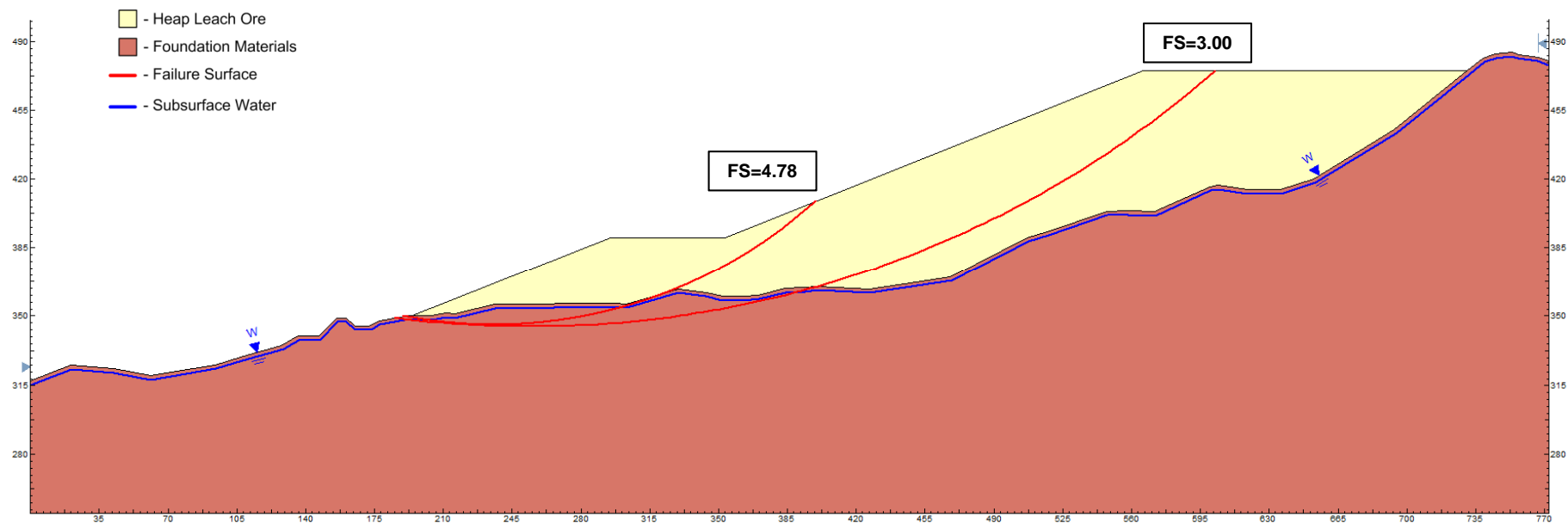
CHECKED BY: R. A. BROWNE

DATE: 1/22/14

**FIGURE A7**



## UPPER CHONTAL WRD



Note: Horizontal and vertical scales are in units of meters. The vertical scale corresponds to elevation.



595 DOUBLE EAGLE CT., SUITE 1000  
RENO, NEVADA 89521  
PHONE: (775) 828-9604  
FAX: (775) 828-9645

TITLE:

### SECTION 4 – STATIC CONDITION (FS= 3.00 and 4.78) – “DEEP FOUNDATION” FAILURES

CLIENT AND PROJECT:



**CERRO QUEMA MINE**  
HLF AND WRD PRE-FEASIBILITY STUDY

ANALYSIS: SLOPE STABILITY EVALUATION

PROJECT NO.: 1300709.100

ANALYSIS BY: S.A. MCMANUS

CHECKED BY: R. A. BROWNE

DATE: 1/22/14

**FIGURE A8**

**ANEXO B**

**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE EQUILIBRIO LÍMITE**

**CONDICIÓN SÍSMICA**

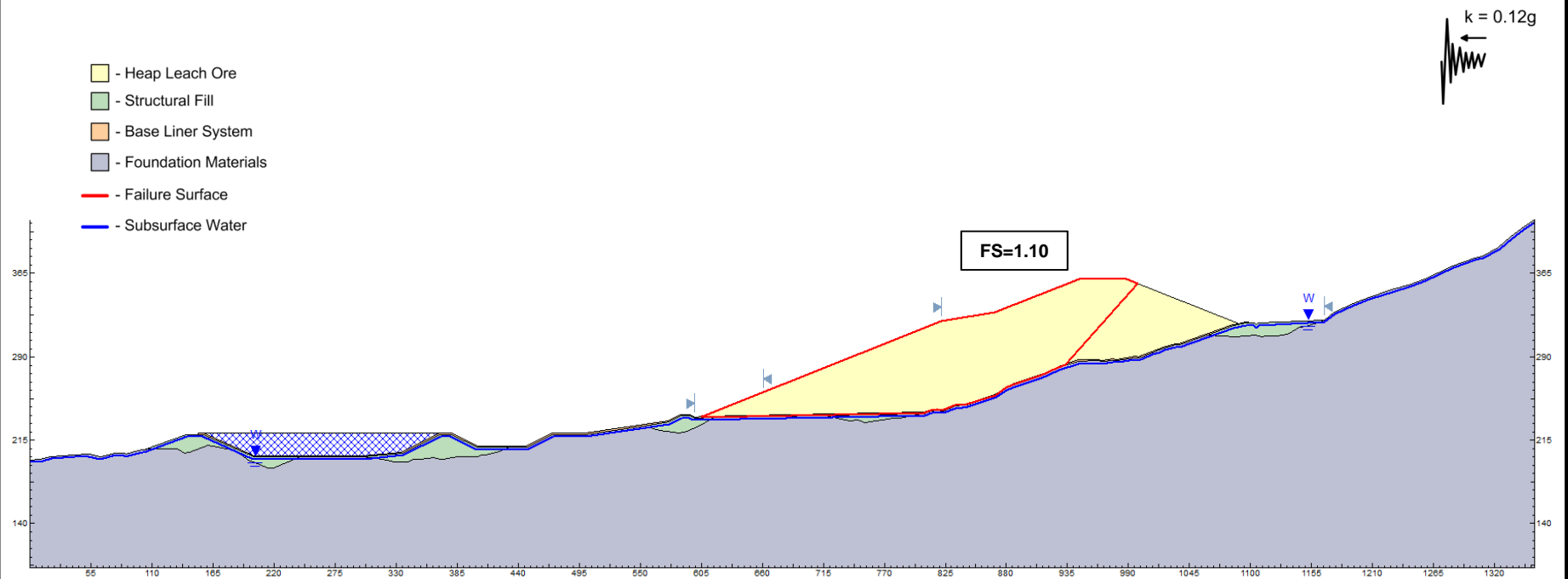
**CONDICIÓN SÍSMICA ( $k = 0.12 \text{ g}$ )**

**SECCIONES 1 Y 2 – MARICELA HLF**

**SUPERFICIES TIPOS “BLOQUE” Y “CIRCULAR PROFUNDO”**

**FIGURAS B1 – B4**

## MARICELA HLF



Note: Horizontal and vertical scales are in units of meters. The vertical scale corresponds to elevation.



595 DOUBLE EAGLE CT., SUITE 1000  
RENO, NEVADA 89521  
PHONE: (775) 828-9604  
FAX: (775) 828-9645

TITLE:

### SECTION 1 – SEISMIC CONDITION (FS= 1.10 for $k = 0.12g$ ) – CRITICAL “BLOCK-TYPE” FAILURE SURFACE ALONG THE LINER

CLIENT AND PROJECT:



**CERRO QUEMA MINE**  
HLF AND WRD PRE-FEASIBILITY STUDY

ANALYSIS: **SLOPE STABILITY EVALUATION**

PROJECT NO.: **1300709.100**

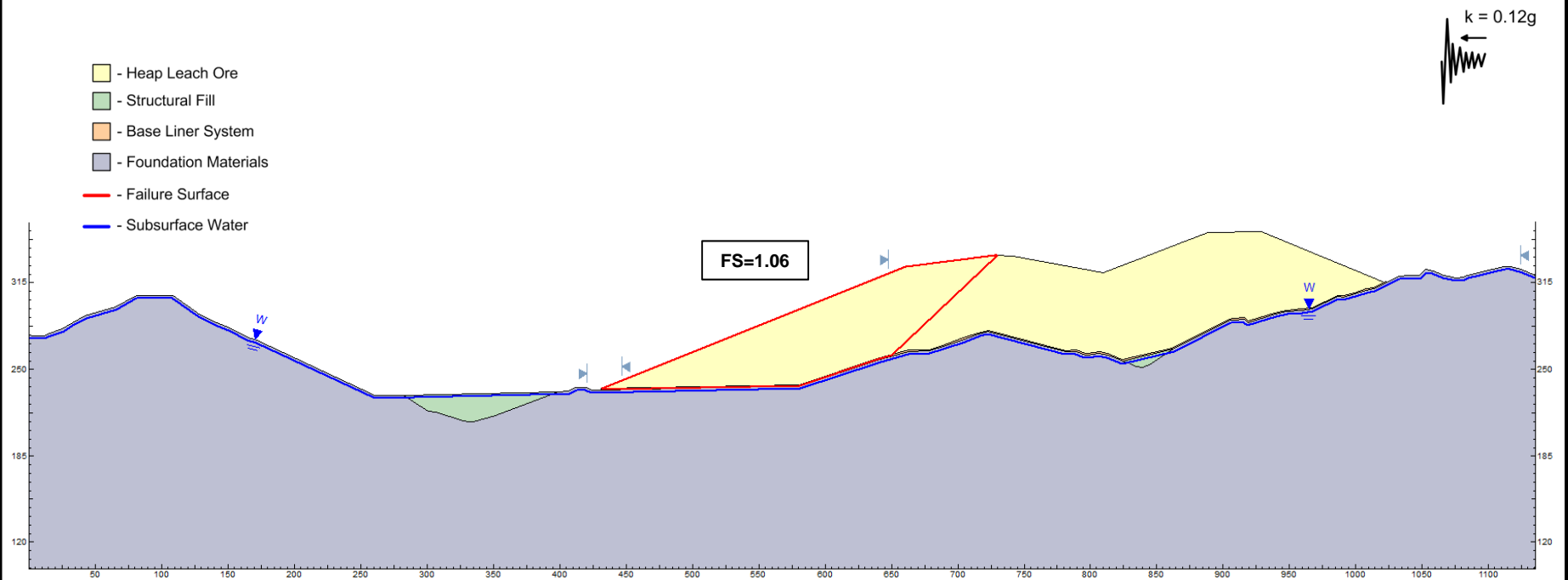
ANALYSIS BY: **S.A. MCMANUS**

CHECKED BY: **R. A. BROWNE**

DATE: **1/22/14**

**FIGURE B1**

## MARICELA HLF



Note: Horizontal and vertical scales are in units of meters. The vertical scale corresponds to elevation.



595 DOUBLE EAGLE CT., SUITE 1000  
RENO, NEVADA 89521  
PHONE: (775) 828-9604  
FAX: (775) 828-9645

TITLE: **SECTION 2 – SEISMIC CONDITION (FS= 1.06 for k = 0.12g) – CRITICAL “BLOCK-TYPE” FAILURE SURFACE ALONG THE LINER**

CLIENT AND PROJECT:



**CERRO QUEMA MINE**  
HLF AND WRD PRE-FEASIBILITY STUDY

ANALYSIS: **SLOPE STABILITY EVALUATION**

PROJECT NO.: **1300709.100**

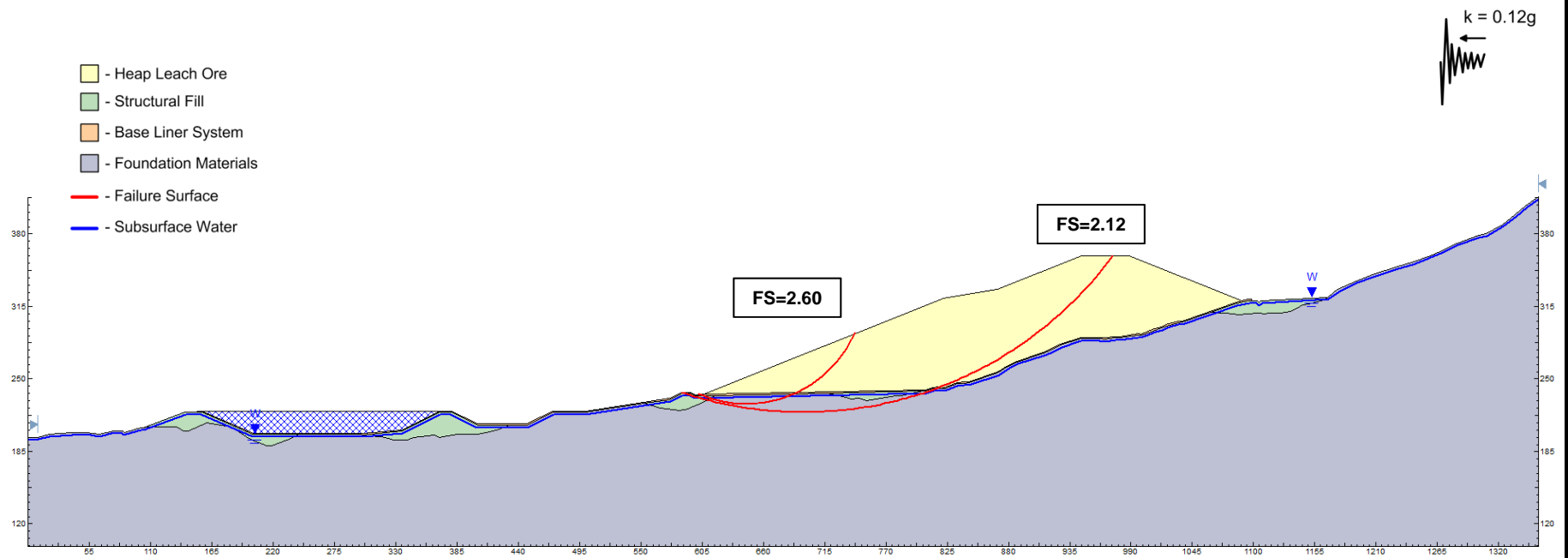
ANALYSIS BY: **S.A. MCMANUS**

CHECKED BY: **R. A. BROWNE**

DATE: **1/22/14**

**FIGURE B2**

## MARICELA HLF



Note: Horizontal and vertical scales are in units of meters. The vertical scale corresponds to elevation.



595 DOUBLE EAGLE CT., SUITE 1000  
RENO, NEVADA 89521  
PHONE: (775) 828-9604  
FAX: (775) 828-9645

TITLE:

### SECTION 1 – SEISMIC CONDITION (FS= 2.12 and 2.60 for $k = 0.12g$ ) – “DEEP FOUNDATION” FAILURES

CLIENT AND PROJECT:



**CERRO QUEMA MINE**  
HLF AND WRD PRE-FEASIBILITY STUDY

ANALYSIS: **SLOPE STABILITY EVALUATION**

PROJECT NO.: **1300709.100**

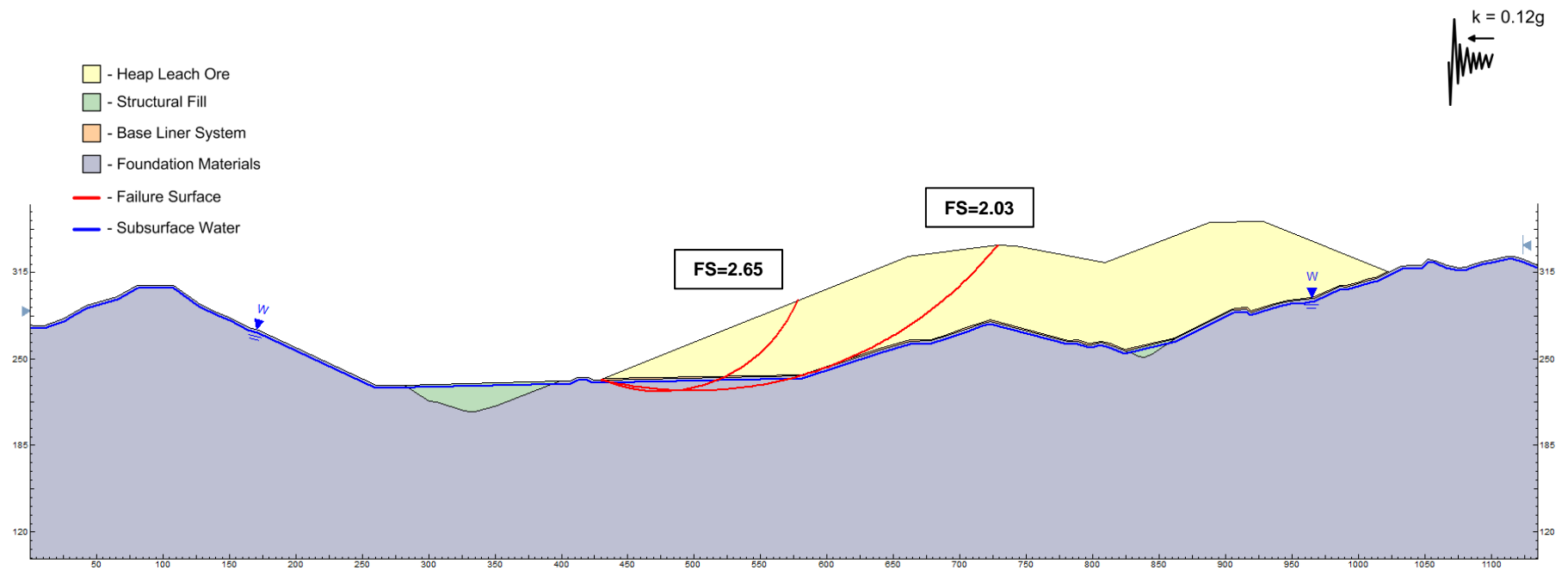
ANALYSIS BY: **S.A. MCMANUS**

CHECKED BY: **R. A. BROWNE**

DATE: **1/22/14**

**FIGURE B3**

## MARICELA HLF



Note: Horizontal and vertical scales are in units of meters. The vertical scale corresponds to elevation.



595 DOUBLE EAGLE CT., SUITE 1000  
RENO, NEVADA 89521  
PHONE: (775) 828-9604  
FAX: (775) 828-9645

TITLE: **SECTION 2 – SEISMIC CONDITION (FS= 2.03 and 2.65 for k = 0.12g) – “DEEP FOUNDATION” FAILURES**

CLIENT AND PROJECT:



**CERRO QUEMA MINE**  
HLF AND WRD PRE-FEASIBILITY STUDY

ANALYSIS: **SLOPE STABILITY EVALUATION**

PROJECT NO.: **1300709.100**

ANALYSIS BY: **S.A. MCMANUS**

CHECKED BY: **R. A. BROWNE**

DATE: **1/22/14**

**FIGURE B4**



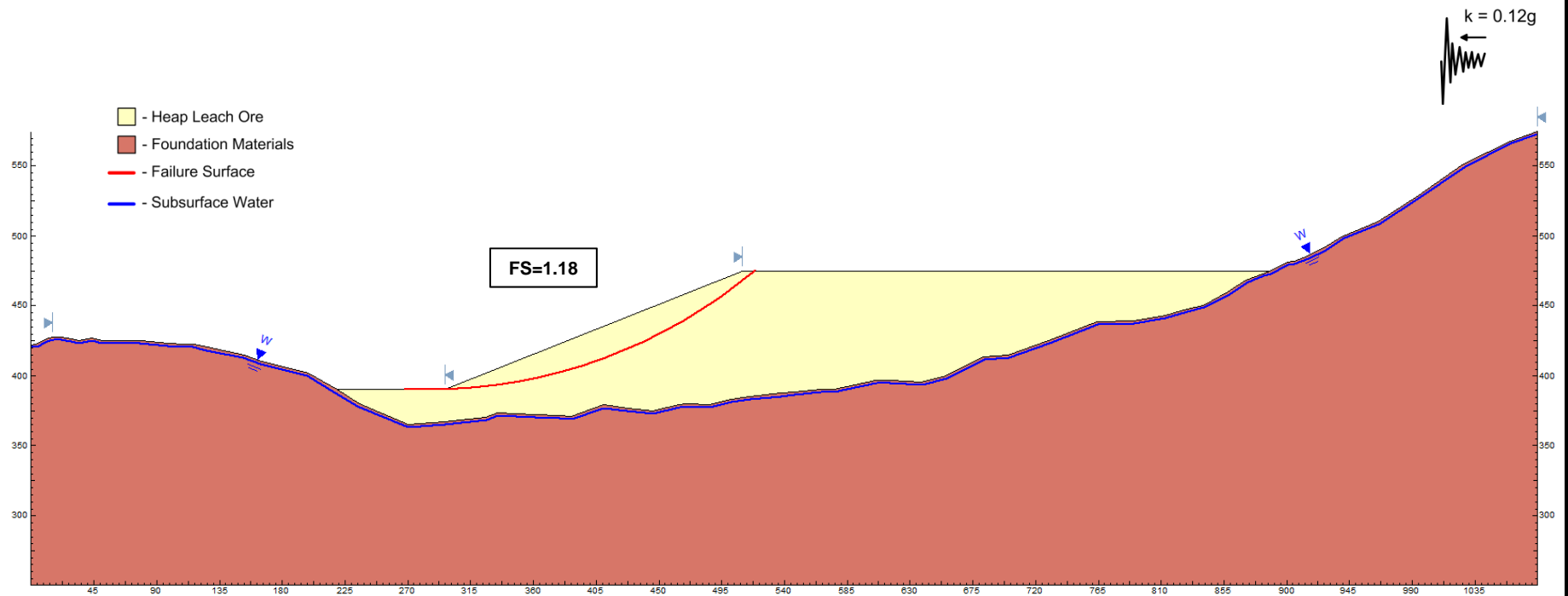
**CONDICIÓN SÍSMICA ( $k = 0.12 \text{ g}$ )**

**SECCIONES 3 Y 4 – CHONTAL SUPERIOR WRD**

**SUPERFICIES TIPOS “TALUD TOTAL” Y “CIRCULAR PROFUNDO”**

**FIGURAS B5 – B8**

## UPPER CHONTAL WRD



Note: Horizontal and vertical scales are in units of meters. The vertical scale corresponds to elevation.



595 DOUBLE EAGLE CT., SUITE 1000  
RENO, NEVADA 89521  
PHONE: (775) 828-9604  
FAX: (775) 828-9645

TITLE:

### SECTION 3 – SEISMIC CONDITION (FS= 1.18 for $k = 0.12g$ ) – CRITICAL “OVERALL SLOPE” FAILURE SURFACE

CLIENT AND PROJECT:



**CERRO QUEMA MINE**  
HLF AND WRD PRE-FEASIBILITY STUDY

ANALYSIS: **SLOPE STABILITY EVALUATION**

PROJECT NO.: **1300709.100**

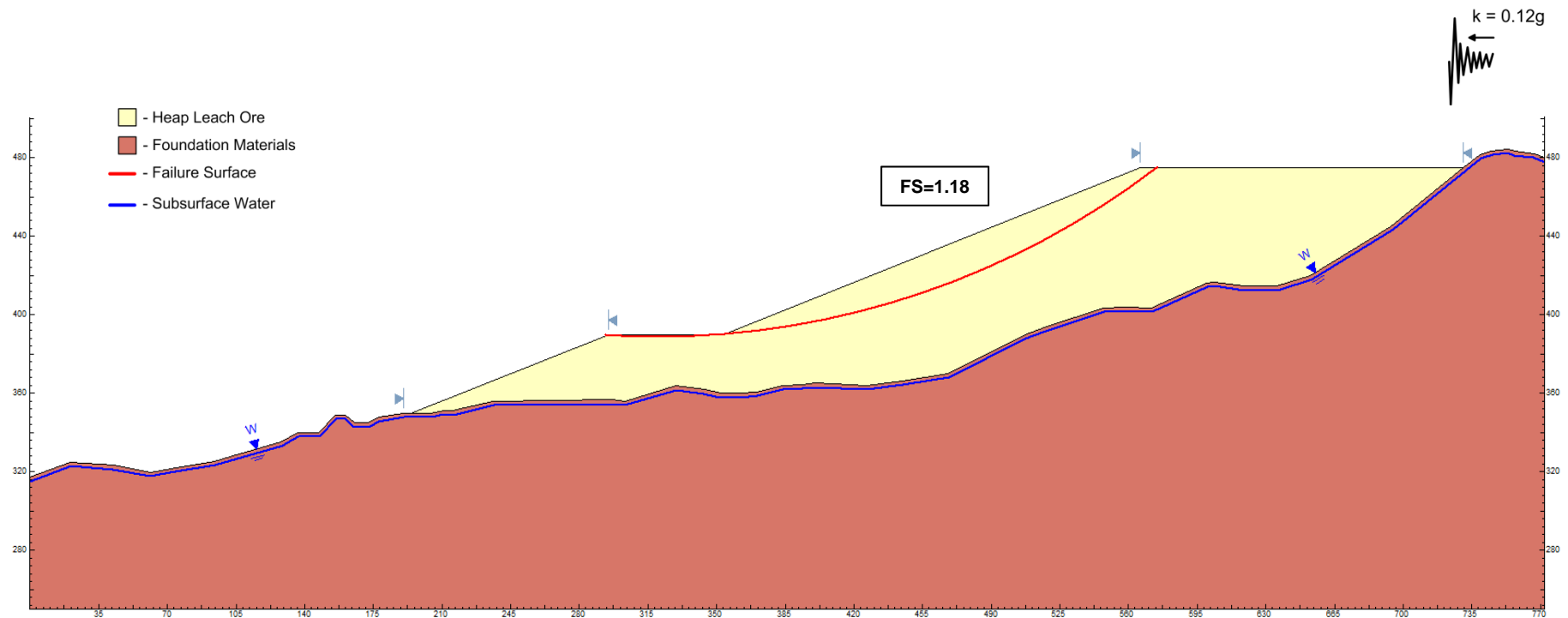
ANALYSIS BY: **S.A. MCMANUS**

CHECKED BY: **R. A. BROWNE**

DATE: **1/22/14**

**FIGURE B5**

## UPPER CHONTAL WRD



Note: Horizontal and vertical scales are in units of meters. The vertical scale corresponds to elevation.



595 DOUBLE EAGLE CT., SUITE 1000  
RENO, NEVADA 89521  
PHONE: (775) 828-9604  
FAX: (775) 828-9645

TITLE:

**SECTION 4 – SEISMIC CONDITION (FS= 1.18 for  $k = 0.12g$ ) – CRITICAL “OVERALL SLOPE” FAILURE SURFACE**

CLIENT AND PROJECT:



**CERRO QUEMA MINE**  
HLF AND WRD PRE-FEASIBILITY STUDY

ANALYSIS: **SLOPE STABILITY EVALUATION**

PROJECT NO.: **1300709.100**

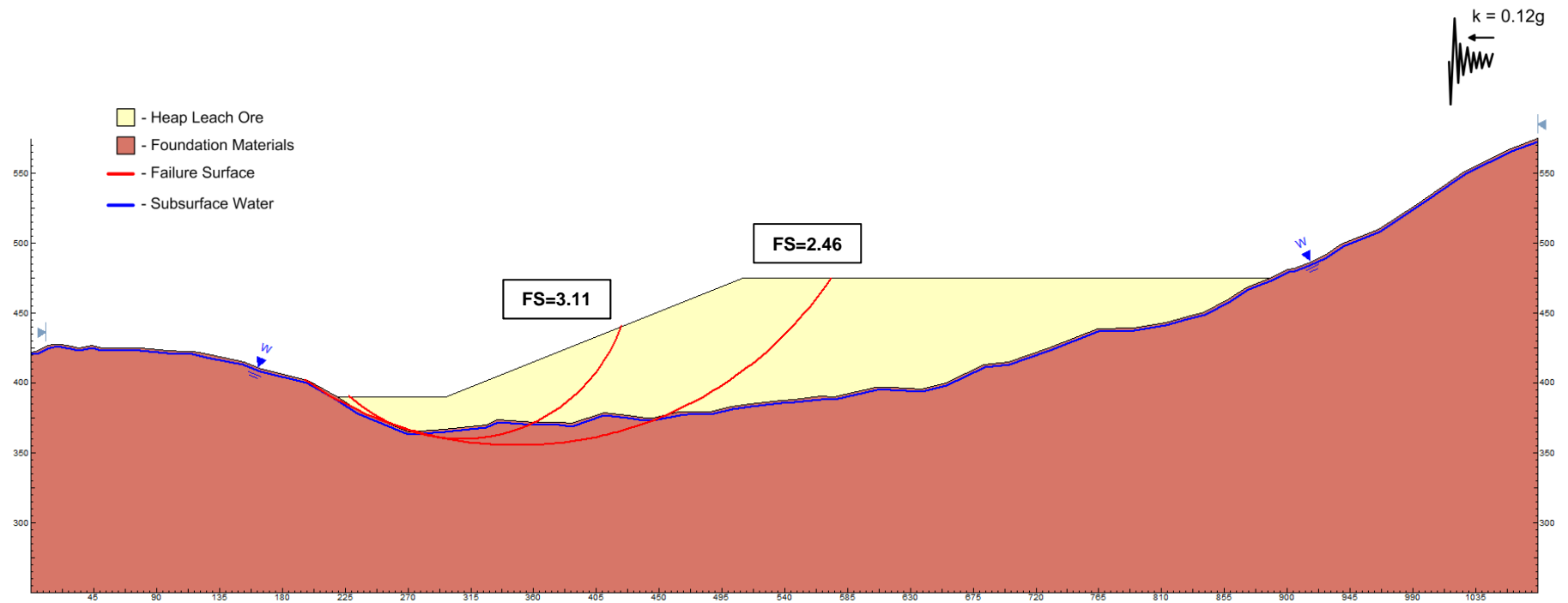
ANALYSIS BY: **S.A. MCMANUS**

CHECKED BY: **R. A. BROWNE**

DATE: **1/22/14**

**FIGURE B6**

## UPPER CHONTAL WRD



Note: Horizontal and vertical scales are in units of meters. The vertical scale corresponds to elevation.



595 DOUBLE EAGLE CT., SUITE 1000  
RENO, NEVADA 89521  
PHONE: (775) 828-9604  
FAX: (775) 828-9645

TITLE:

### SECTION 3 – SEISMIC CONDITION (FS= 2.46 and 3.11 for $k = 0.12g$ ) – “DEEP FOUNDATION” FAILURES

CLIENT AND PROJECT:



**CERRO QUEMA MINE**  
HLF AND WRD PRE-FEASIBILITY STUDY

ANALYSIS: SLOPE STABILITY EVALUATION

PROJECT NO.: 1300709.100

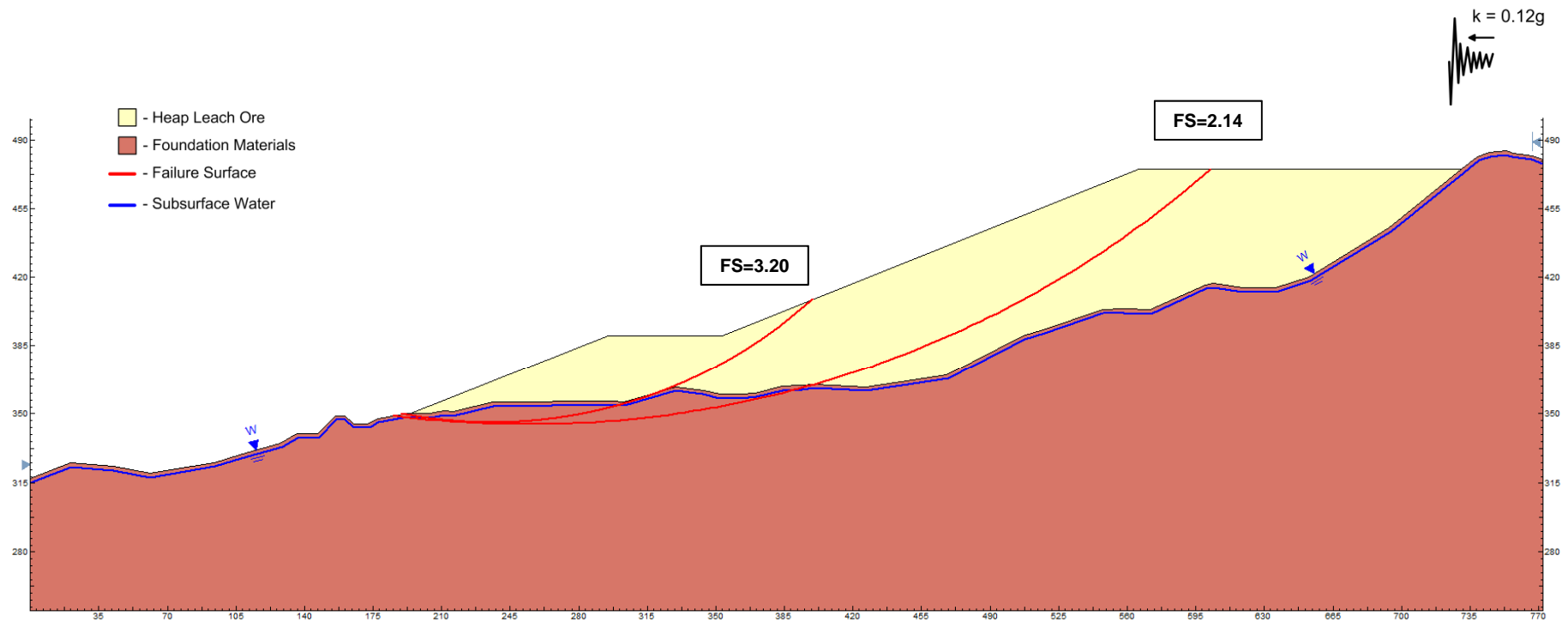
ANALYSIS BY: S.A. MCMANUS

CHECKED BY: R. A. BROWNE

DATE: 1/22/14

**FIGURE B7**

## UPPER CHONTAL WRD



Note: Horizontal and vertical scales are in units of meters. The vertical scale corresponds to elevation.



595 DOUBLE EAGLE CT., SUITE 1000  
RENO, NEVADA 89521  
PHONE: (775) 828-9604  
FAX: (775) 828-9645

TITLE:

### SECTION 4 – SEISMIC CONDITION (FS= 2.14 and 3.20 for $k = 0.12g$ ) – “DEEP FOUNDATION” FAILURES

CLIENT AND PROJECT:



**CERRO QUEMA MINE**  
HLF AND WRD PRE-FEASIBILITY STUDY

ANALYSIS: **SLOPE STABILITY EVALUATION**

PROJECT NO.: **1300709.100**

ANALYSIS BY: **S.A. MCMANUS**

CHECKED BY: **R. A. BROWNE**

DATE: **1/22/14**

**FIGURE B8**

At Golder Associates we strive to be the most respected global group of companies specializing in ground engineering and environmental services. Employee owned since our formation in 1960, we have created a unique culture with pride in ownership, resulting in long-term organizational stability. Golder professionals take the time to build an understanding of client needs and of the specific environments in which they operate. We continue to expand our technical capabilities and have experienced steady growth with employees now operating from offices located throughout Africa, Asia, Australasia, Europe, North America and South America.

Africa	+ 27 11 254 4800
Asia	+ 852 2562 3658
Australasia	+ 61 3 8862 3500
Europe	+ 356 21 42 30 20
North America	+ 1 800 275 3281
South America	+ 55 21 3095 9500

[solutions@golder.com](mailto:solutions@golder.com)  
[www.golder.com](http://www.golder.com)

**Golder Associates Inc.**  
**595 Double Eagle Court, Suite 1000**  
**Reno, NV 89521 USA**  
**Tel: (775) 828-9604**  
**Fax: (775) 828-9645**

