



**Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM**

**Declaración de Impacto Ambiental  
Proyecto Explotación  
Depósito Huinquentipa Este Fase V**

**Mayo de 2008**

## TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1:	ANTECEDENTES GENERALES DEL PROYECTO.....	1
1.1.	Introducción .....	1
1.2.	Identificación del proyecto .....	2
1.3.	Antecedentes del titular .....	2
1.4.	Objetivo del proyecto .....	3
1.5.	Monto estimado de la inversión .....	3
CAPÍTULO 2:	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	4
2.1.	Localización .....	4
2.2.	Superficies .....	4
2.3.	Descripción general .....	5
2.4.	Vida útil y cronograma de actividades del proyecto .....	5
2.5.	Descripción de la etapa de preparación del proyecto .....	5
2.5.1.	Partes, acciones y obras físicas.....	5
a)	Habilitación de los caminos de acceso y de servicio .....	6
b)	Remoción de la sobrecarga del rajo (estéril) y desarrollo del sistema de depositación de estériles .....	6
c)	Instalaciones auxiliares.....	7
2.5.2.	Mano de obra.....	8
2.5.3.	Suministro de agua industrial y potable .....	8
2.5.4.	Suministro de energía eléctrica y combustible .....	8
2.5.5.	Manejo de residuos, emisiones y efluentes .....	9
a)	Residuos .....	9
b)	Emisiones.....	9
c)	Efluentes .....	9
2.6.	Descripción de la etapa de operación del proyecto .....	10
2.6.1.	Partes, acciones y obras físicas.....	10
a)	Extracción del mineral desde el rajo y transporte hacia la planta de procesamiento .....	10
b)	Bombeo de agua desde el rajo .....	12
c)	Depositación de material estéril.....	13
d)	Mantenimiento de los equipos mina .....	14
e)	Transporte de personal e insumos .....	15
2.6.2.	Mano de obra.....	15
2.6.3.	Suministro de agua industrial y potable .....	16
2.6.4.	Suministro de energía eléctrica y combustible .....	16
2.6.5.	Manejo de residuos, emisiones y efluentes .....	16
a)	Residuos .....	16
b)	Emisiones.....	17
c)	Efluentes .....	18
2.7.	Término de actividades.....	18
CAPÍTULO 3:	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO .....	21
3.1.	Geomorfología y geología .....	21

3.1.1.	Geomorfología.....	21
a)	Relleno aluvial de cauces recientes.....	21
b)	Zonas de vegas.....	22
3.1.2.	Geología.....	22
a)	Discontinuidades mayores.....	22
b)	Eventos volcánicos.....	22
c)	Eventos sísmicos.....	23
3.2.	Mineralogía.....	23
3.3.	Hidrología.....	23
3.4.	Suelos.....	28
3.4.1.	Uso minero.....	29
3.4.2.	Características físicas.....	29
3.4.3.	Características químicas.....	29
3.5.	Flora.....	29
3.6.	Fauna.....	29
<b>CAPÍTULO 4:</b>	<b>ANTECEDENTES PARA ACREDITAR EL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA AMBIENTAL.....</b>	<b>30</b>
4.1.	Normativa Ambiental General.....	30
4.2.	Normativa Ambiental Específica.....	30
4.2.1.	Calidad del Aire.....	30
4.2.2.	Calidad de las Aguas.....	31
4.2.3.	Residuos Sólidos.....	32
4.2.4.	Residuos Mineros Masivos.....	32
4.2.5.	Ruido.....	33
4.2.6.	Componentes y Aspectos Ambientales en General.....	33
<b>CAPÍTULO 5:</b>	<b>PERTINENCIA DE UNA DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....</b>	<b>34</b>
5.1.	Artículo 5.....	34
5.2.	Artículo 6.....	37
5.3.	Artículo 8.....	41
5.4.	Artículo 9.....	42
5.5.	Artículo 10.....	42
5.6.	Artículo 11.....	43
5.7.	Conclusión.....	44
<b>CAPÍTULO 6:</b>	<b>PERMISOS AMBIENTALES SECTORIALES.....</b>	<b>45</b>
<b>CAPÍTULO 7:</b>	<b>COMPROMISOS AMBIENTALES VOLUNTARIOS.....</b>	<b>47</b>
<b>CAPÍTULO 8:</b>	<b>FIRMA DE LA DECLARACIÓN.....</b>	<b>48</b>

## **TABLAS**

Tabla N° 1:	Coordenadas de Vértices del Polígono de Ubicación del Proyecto.....	4
Tabla N° 2:	Superficie que abarca el Proyecto.....	5
Tabla N° 3:	Cronograma general de actividades.....	5
Tabla N° 4:	Mano de obra adicional requerida en la etapa de preparación del Proyecto.....	8

Tabla N° 5: Principales características del diseño de explotación minera .....	11
Tabla N° 6: Análisis de Slug Test realizados en Huinquentipa Este Fase V .....	13
Tabla N° 7: Principales características de los sitios de depositación de material estéril .....	14
Tabla N° 8: Equipos mineros a utilizar .....	14
Tabla N° 9: Mano de obra adicional requerida en la etapa de operación del Proyecto .....	15
Tabla N° 10: Generación estimada de residuos peligrosos durante toda la vida del Proyecto.....	17
Tabla N° 11: Resultados de monitoreo de calidad fisicoquímica de agua superficial. Punto de Control QSD-1 Quebrada San Daniel .....	25
Tabla N° 12: Resultados de monitoreo de calidad fisicoquímica de agua superficial. Punto de Control QSN-2 Quebrada San Nicolás .....	26
Tabla N° 13: Resultados de monitoreo de calidad fisicoquímica de agua superficial. Punto de Control QDH-2 Quebrada Huinquentipa.....	27
Tabla N° 14: Resultados de medición de caudales. Punto de Control QDH-2 Quebrada Huinquentipa.....	28
Tabla N° 15: Permisos Ambientales Sectoriales .....	46

## FIGURAS

- Figura N°1: Ubicación regional del Proyecto
- Figura N°2: Ubicación específica del Proyecto dentro del Área Industrial del Rajo Rosario
- Figura N°3: Ubicación general de pozos de exploración utilizados para análisis hidrogeológico
- Figura N°4: Ubicación de pozos de exploración utilizados para análisis hidrogeológico en el rajo Huinquentipa Este Fase V
- Figura N°5: Diseño rajo Huinquentipa Este Fase V y sistema de depositación de material estéril  
Sitio 1 de depositación de material estéril: Interior rajo Huinquentipa Este Fase II
- Figura N°6: Diseño rajo Huinquentipa Este Fase V y sistema de depositación de material estéril  
Sitio 2 de depositación de material estéril: Plataforma de nivelación
- Figura N°7: Diseño rajo Huinquentipa Este Fase V y sistema de depositación de material estéril  
Sitio 3 de depositación de material estéril: Botadero
- Figura N°8: Avance futuro de los botaderos del rajo Rosario y de las instalaciones del Proyecto, al año 2010
- Figura N°9: Estado actual de las instalaciones del rajo Rosario, instalaciones del Proyecto y de los rajos Huinquentipa Este Fases I, II, III y IV, límite autorizado de botaderos del rajo Rosario, ubicación de quebradas y puntos de monitoreo

## ANEXOS

- Anexo A: Evaluación Geomecánica de Estabilidad Rajo Huinquentipa Este Fase V.
- Anexo B: Procedimiento Depósito de Material Estéril en Rajos Abandonados.
- Anexo C: Estudio Preliminar de la Distribución del Agua Subterránea en el Sector del Rajo Huinquentipa Este Fase V (Capella Este), Distrito Rosario.

---

## CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES DEL PROYECTO

### 1.1. INTRODUCCIÓN

Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM (Collahuasi) opera comercialmente desde 1999 su faena minera ubicada en el altiplano chileno de la I Región de Tarapacá, a unos 200 km al sureste de la ciudad de Iquique. La faena procesa dos tipos de minerales de cobre: sulfuros y óxidos. Los sulfuros son procesados en una planta concentradora mediante flotación convencional, para producir concentrados de cobre que son enviados como pulpa a través de un mineroducto hasta la planta de filtración y terminal mecanizado de embarque, ubicados en Punta Patache a unos 65 km al sur de la ciudad de Iquique. En esta área, además, se separa el molibdeno desde el concentrado de cobre a través de procesos de flotación y posterior filtrado, produciéndose también concentrado de molibdeno.

Por su parte, los óxidos son lixiviados en pilas mediante la aplicación de soluciones aciduladas; las soluciones ricas de lixiviación son posteriormente procesadas en una planta de extracción por solventes y electro-obtención, para producir cátodos de cobre, los cuales son transportados vía terrestre hasta el puerto de Iquique, en donde son embarcados.

El agua fresca requerida para el abastecimiento de los procesos se obtiene principalmente de una batería de pozos ubicada en la cuenca del Salar de Coposa, unos 20 km al norte de la faena minera, correspondiendo éstos en su totalidad a recursos hídricos subterráneos. Además la Compañía cuenta con derechos de agua que se ubican en la cuenca del Salar de Michincha, inmediatamente al este de la faena.

En 1995 Collahuasi presentó, en forma voluntaria a la COREMA de la I Región, el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto Collahuasi, el cual fue aprobado mediante Resolución Exenta N°713 con fecha 27 de diciembre del mismo año. Posteriormente, mediante la Resolución Exenta N°167 de fecha 13 de septiembre de 2001, la COREMA de la I Región de Tarapacá aprobó ambientalmente el “Proyecto Expansión 110 ktpd Planta Concentradora Collahuasi”. En el año 2005, la COREMA de la I Región aprobó el “Proyecto Explotación Rajo Huiniquintipa Este”, mediante la Resolución Exenta N°116 de fecha 28 de julio de 2005; y en el año 2007, el “Proyecto Explotación Depósitos Huiniquintipa Este Fases II y III”, mediante la Resolución Exenta N°46 con fecha 02 de abril de 2007, y el “Proyecto Explotación Depósito Huiniquintipa Este Fase IV”, mediante Resolución Exenta N°2851 con fecha 09 de noviembre de 2007.

La actual operación minera de Collahuasi considera la depositación de material estéril (sin mineralización de interés comercial) en las cercanías del rajo Rosario. Como una práctica minera común, previo al inicio de la depositación de material estéril, se realizan sondajes exploratorios para verificar la inexistencia de recursos mineros en el área de depositación seleccionada. En el caso del área previamente definida para la depositación de material estéril de la mina Rosario (área de botaderos), estos sondajes exploratorios han permitido definir sectores con mineralización de cierto interés comercial, que pueden transformarse en una fuente adicional de alimentación de mineral para la planta de tratamiento de minerales oxidados. Un ejemplo de este

tipo de yacimientos ha sido el rajo Huiniquintipa Este y sus respectivas fases, de las cuales las fases II, III y IV están siendo actualmente explotadas por Collahuasi y cuya vida útil es limitada.

En este contexto, sondajes exploratorios realizados en el área de botaderos de la mina Rosario, han permitido definir áreas de mineralización de interés. En efecto, al oeste del rajo Rosario y al este de los rajos Huiniquintipa Este Fases II, III y IV, y siempre dentro del área ya autorizada ambiental y sectorialmente para depositación de material estéril de Rosario, se ha delimitado un cuerpo mineralizado, cuya explotación vendría a reemplazar la explotación de los rajos Huiniquintipa Este Fases II, III y IV. Este nuevo depósito ha sido denominado **Huiniquintipa Este Fase V**, y corresponde al último cuerpo reconocido de mineral oxidado de esta zona.

Cabe destacar que la totalidad del estéril que se generará del rajo Huiniquintipa Este Fase V se ubicará dentro del área aprobada para la depositación de material estéril del rajo Rosario, mediante Resolución Exenta N°167 de fecha 13 de septiembre de 2001 (“Proyecto Expansión 110 ktpd Planta Concentradora Collahuasi”).

Puesto que en la actualidad la operación de la mina Rosario se desarrolla a ritmo normal con respecto a lo programado, Collahuasi ha desarrollado un proyecto para extraer el mineral contenido en el depósito Huiniquintipa Este Fase V, antes de que éste se haga inaccesible, ya que como consecuencia del avance normal de los botaderos de la mina Rosario, toda el área en donde se ubica el nuevo cuerpo mineralizado quedará cubierta por material estéril.

## 1.2. IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto que se somete al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) mediante la presente Declaración de Impacto Ambiental (DIA) se denomina **“Proyecto Explotación Depósito Huiniquintipa Este Fase V”** (en adelante el Proyecto), y pertenece a Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM.

El Proyecto corresponde a la explotación de minerales oxidados desde un cuerpo mineralizado, de dimensiones discretas, ubicado al oeste del rajo Rosario y al este de los actuales rajos Huiniquintipa Este Fases II, III y IV, y dentro del área de depositación de material estéril proveniente del rajo Rosario, aprobado ambientalmente. La explotación se efectuará a un ritmo promedio estimado de 7.300 T/d de mineral, el cual será enviado a las actuales instalaciones de procesamiento de mineral de Collahuasi, las cuales no sufrirán ninguna modificación.

A través de la presente DIA, las obras y actividades consideradas en el Proyecto se someten a evaluación por parte de la COREMA de la I Región de Tarapacá, de acuerdo a lo establecido en el artículo 10, letra i) de la Ley 19.300 sobre Bases del Medio Ambiente.

## 1.3. ANTECEDENTES DEL TITULAR

El titular del Proyecto es Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM, empresa chilena que pertenece a compañías subsidiarias de Xstrata plc (44%); compañías subsidiarias de Anglo



American plc (44%), y a un consorcio de compañías japonesas lideradas por Mitsui & Co. Ltd. (12%). Los antecedentes de la compañía y su representante legal son los siguientes:

Empresa:

Nombre : Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM  
RUT : 89.468.900-5  
Domicilio : Av. Baquedano 902, Iquique  
Teléfono : (057) 516401  
Fax : (057) 516468  
Domicilio : Av. Andrés Bello 2687, Piso 11, Las Condes, Santiago  
Teléfono : (02) 3626556  
Fax : (02) 3626569

Representante Legal:

Nombre : Juan Carlos Palma Irrarrázava I  
Nacionalidad : Chileno  
Profesión : Abogado  
Cédula de Identidad : 5.134.497-9  
Domicilio : Av. Baquedano 902, Iquique  
Domicilio : Av. Andrés Bello 2687, Piso 11, Las Condes, Santiago

Se acompaña la documentación que acredita los antecedentes del titular y representante legal de Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM.

#### **1.4. OBJETIVO DEL PROYECTO**

El objetivo del Proyecto es la explotación de recursos minerales oxidados, los cuales en el futuro cercano quedarán cubiertos por la depositación de material estéril proveniente de la operación de la actual mina Rosario, permitiendo la continuidad y desarrollo de los procesos de procesamiento y producción de cátodos de cobre desde minerales oxidados.

#### **1.5. MONTO ESTIMADO DE LA INVERSIÓN**

La explotación del rajo y su transporte hasta la planta de procesamiento de minerales oxidados de Collahuasi estará a cargo de una empresa contratista, por lo cual Collahuasi no requiere inversión de capital en maquinaria o en infraestructura en forma directa. Sin embargo, en función de las tarifas establecidas y el movimiento total de material requerido para la extracción del mineral en el rajo Huiniquinta Este Fase V, se estima un gasto operacional total del Proyecto de aproximadamente 78 millones de dólares.

## CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 2.1. LOCALIZACIÓN

El Proyecto se ubica en la Comuna de Pica, Provincia del Tamarugal, Primera Región de Tarapacá (Figura N° 1). Las coordenadas aproximadas en UTM (Datum Provisorio Sudamericano 1956, Huso 19 sur) del polígono en que se ubicarán el rajo y los sitios de depositación de material estéril se indican en la Tabla N°1.

Tabla N° 1: Coordenadas de Vértices del Polígono de Ubicación del Proyecto

Vértices	Coordenadas UTM <sup>1</sup> (m)	
	Norte	Este
1	7.680.774	527.328
2	7.680.895	527.438
3	7.681.023	527.465
4	7.681.051	527.567
5	7.680.883	528.086
6	7.680.809	528.805
7	7.681.323	528.875
8	7.681.511	528.521
9	7.681.695	527.516
10	7.681.312	526.875
11	7.680.958	526.902

El área de emplazamiento de l futuro rajo y del sistema de depositación de estériles se ubican en el interior del área considerada para depositar los materiales estériles producto de la explotación de l actual rajo Rosario, ya aprobado en su totalidad.

El plan minero del rajo Rosario ha sido formulado de manera tal que, por el momento, no se deposite material estéril en el área, permitiendo de este modo la extracción del mineral asociado al sector Huiniquinta Este Fase V.

Una vez terminada la operación del nuevo rajo, el área será reincorporada al plan minero del rajo Rosario como área de depositación de material estéril (área de botaderos).

La ubicación específica de todas las instalaciones de l Proyecto dentro del área industrial del rajo Rosario se presenta en la Figura N°2, en la cual se puede observar la superficie final que abarcará el botadero del rajo Rosario y que fue evaluada ambientalmente en el proyecto “Expansión 110 ktpd, Collahuasi”.

### 2.2. SUPERFICIES

El Proyecto abarca una superficie total estimada de 95 hectáreas, tal como se indica en la Tabla N°2 siguiente.

<sup>1</sup> Datum Provisional Sudamericano de 1956, Huso 19 sur.

**Tabla N° 2: Superficie que abarca el Proyecto**

<b>Instalación</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>
Rajo Huiniquintipa Este Fase V (Este)	264.986
Sitio 1 de depositación de material estéril	76.296
Sitio 2 de depositación de material estéril	161.484
Sitio 3 de depositación de material estéril	432.490
Caminos de acceso	10.000
<b>TOTAL</b>	<b>945.256</b>

Es necesario destacar, una vez más, que la totalidad del área intervenida corresponde a un área previamente evaluada y autorizada por la COREMA de la I Región, para la depositación del material estéril del rajo Rosario, a través de la Resolución Exenta N°167 de fecha 13 de septiembre de 2001, que aprobó ambientalmente el “Proyecto Expansión 110 ktpd Planta Concentradora Collahuasi”.

### 2.3. DESCRIPCIÓN GENERAL

El Proyecto consiste en el desarrollo, explotación y posterior término de actividades de un depósito de mineral oxidado, ubicado en las cercanías de la mina Rosario y de los rajos Huiniquintipa Este Fases II, III y IV, y dentro del área comprendida para la depositación de material estéril de la mina Rosario. Se ha programado una extracción de mineral oxidado desde el rajo de aproximadamente **7.300 T/d**, las que permitirán reemplazar la operación de los rajos Huiniquintipa Este Fases II, III y IV, y mantener una alimentación a la planta de procesamiento de óxidos de Collahuasi.

### 2.4. VIDA ÚTIL Y CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO

Se estima que la etapa productiva del rajo Huiniquintipa Este Fase IV será de **26 a 28 meses** en total, considerando el ritmo de explotación establecido.

Las principales actividades se desarrollarán se resumen en la Tabla N° 3 siguiente:

**Tabla N° 3: Cronograma general de actividades**

<b>Especialidad</b>	<b>Pre-producción</b>		<b>Producción</b>		<b>Término de actividades</b>	
	<b>Inicio</b>	<b>Término</b>	<b>Inicio</b>	<b>Término</b>	<b>Inicio</b>	<b>Término</b>
Rajo Huiniquintipa Este Fase V	Ago 08	Oct 08	Nov 08	Oct 10	Oct 10	Nov 10

### 2.5. DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA DE PREPARACIÓN DEL PROYECTO

#### 2.5.1. Partes, acciones y obras físicas

Durante la etapa de preparación del Proyecto se desarrollarán las obras y actividades requeridas para la preparación de la explotación comercial del rajo Huiniquintipa Este Fase V.

Esta etapa de preparación del Proyecto tomará aproximadamente 3 meses y empleará una mano de obra adicional de aproximadamente 32 personas, la mayoría de las cuales provendrá de la actual dotación de Collahuasi. Es necesario indicar que dada la ubicación de l rajo y de los sitios de depositación de estériles, algunas de las obras requeridas para la explotación de l Proyecto corresponden a obras ya construidas en el marco de la actual explotación de los rajos Rosario y Huiniquintipa Este Fases II, III y IV.

Las principales obras y actividades a desarrollar durante esta etapa del Proyecto corresponden a:

- Habilitación de los caminos de acceso y de servicio;
- Remoción de la sobrecarga del rajo (material estéril) y desarrollo de los sitios de depositación de estériles; e
- Instalaciones auxiliares .

**a) Habilitación de los caminos de acceso y de servicio**

Además de la utilización de caminos existentes, e l Proyecto considera la construcción de algunas vías de acceso de 30 m de ancho medio, con un gradiente medio de 2% y cuyo acondicionamiento considera escarificado y despeje de piedras y bolones, la estabilización de base y “cuneteo”, imprimación y tratamiento superficial simple, lo que permitirá durabilidad, buena capacidad de soporte y baja emisión de polvo.

**b) Remoción de la sobrecarga del rajo (estéril) y desarrollo del sistema de depositación de estériles**

El Proyecto contempla el desarrollo de un sistema depositario de material estéril formado por 3 sitios, los cuales tienden a optimizar el uso del suelo para depositar el estéril generado por el rajo Huiniquintipa Este Fase V.

El primer sitio corresponde al área de explotación del rajo Huiniquintipa Este Fase II, aprobada mediante Resolución Exenta N°46 y cuya vida útil ya habrá llegado a su fin, y será capaz de almacenar en su interior aproximadamente 2.900.000 toneladas de material estéril , hasta alcanzar la cota 4475.

El segundo sitio corresponde a una plataforma de nivelación del terreno que recibirá aproximadamente 3.600.000 toneladas de estéril , ubicada inmediatamente al sur del botadero de los rajos Huiniquintipa Este Fases II y III, entre dicho botadero y la ladera de un cerro, y su diseño considera alcanzar la cota 4475 para igualar en altitud el terreno del interior del rajo Huiniquintipa Este Fase II.

El tercer y último sitio de depositación considera construir un botadero cuya base sean los 2 sitios depositarios ya descritos además de gran parte del botadero de los rajos Huiniquintipa Este Fases II y III y de la expansión de éste (aprobada para depositar parte del material estéril que generara el rajo Huiniquintipa Este Fase IV, mediante Resolución Exenta N° 2851), lo que permitirá almacenar aproximadamente 30.000.000 toneladas de material estéril . Este botadero comenzará en la cota 4475.

La Figura N°2 muestra los 3 sitios de depositación de material estéril del Proyecto, en donde se dispondrá un total aproximado de 35 millones de toneladas de material estéril.

Todas las capacidades de almacenamiento se calcularon considerando una densidad compactada promedio de 1,8 T/m<sup>3</sup>.

El material estéril extraído será transportado hacia los sitios de disposición final mediante el uso de camiones con capacidad de carga de 177 toneladas. Otros camiones (de diferente tonelaje) podrán utilizarse en la medida que estén disponibles en el área de operaciones mineras de Collahuasi. Los caminos de acceso del rajo Huiniquitipa Este Fase V y de los sitios de depositación de material estéril serán regados mediante camiones aljibe.

En el diseño del rajo Huiniquitipa Este Fase V y su sistema de depositación de estériles se han considerado los factores de estabilidad y seguridad propios de este tipo de actividades y ampliamente utilizados por operaciones similares en el resto del país, con el propósito de evitar desmoronamientos por actividad sísmica y gravitacional, cumpliendo con lo establecido en el D.S. N°72, artículo 318 “Reglamento de Seguridad Minera”. Los antecedentes técnicos con las medidas apropiadas para el adecuado drenaje natural o artificial, que evite el arrastre del material depositado sobre los sitios de depositación de estériles son presentados en el Anexo A (Evaluación Geomecánica de Estabilidad Rajo Huiniquitipa Este Fase V).

Cabe destacar que la Superintendencia de Geotecnia elaboró un procedimiento para la disposición de estéril en el interior de rajos cuya operación ha llegado a su fin (SGO PC 0010 “Depósito de Material Estéril en Rajos Abandonados”). Este procedimiento (ver Anexo B) se utilizará en el primer sitio de depositación del Proyecto, correspondiente al interior del rajo Huiniquitipa Este Fase II, y en términos generales indica colocar en el fondo del rajo abandonado una capa de al menos 1 m de espesor de material químicamente neutro, desde el punto de vista de generación de ácido, y lo suficientemente competente como para resistir el peso del botadero.

### **c) Instalaciones auxiliares**

Sólo está considerada la instalación de una oficina temporal de una superficie aproximada de 20 m<sup>2</sup>, la cual será utilizada con el propósito de mantener y controlar toda la información necesaria para el normal desarrollo de la faena, y la instalación de un grupo electrógeno de 6 kVA para generación de energía. Tanto la oficina temporal como el grupo electrógeno será el mismo que se utiliza en la explotación de los rajos Huiniquitipa Este Fases II, III y IV, debido a la cercanía de estos proyectos y el nuevo.

El personal utilizará los servicios higiénicos, de comedor e infraestructura general, actualmente existentes y debidamente autorizados, del área de Rosario y de Collahuasi en general.

### 2.5.2. Mano de obra

Durante la etapa de preparación del Proyecto, se ha considerado una mano de obra adicional estimada de 32 personas, trabajando en turnos de 10x10.

Un resumen de la mano de obra adicional involucrada en la etapa de preparación de Proyecto, se presenta en la Tabla N° 4.

**Tabla N° 4: Mano de obra adicional requerida en la etapa de preparación del Proyecto**

Especialidad	Personal por turno	Personal total
Jefe de turno *	-	-
Topógrafo (turno A) *	-	-
Alarife (Turno A) *	-	-
Perforadores *	-	-
Operador Cargador Frontal	1	4
Operador camión minero	3	12
Operadores equipos auxiliares	2	8
Operador camión aljibe	1	4
Administrativos (equivalentes, Turno A) *	-	-
Mecánicos (equivalentes)	1	4
Jefe turno mecánico *	-	-
<b>TOTAL</b>		<b>32</b>

\* corresponde a mano de obra requerida para el Proyecto que ya está considerada en otros contratos actuales, como la explotación de los rajos Huinquentipa Este Fase II, III y IV.

Se estima que durante la etapa de preparación del Proyecto, se encontrarán en el área, al mismo momento, aproximadamente entre 34 y 36 personas efectuando labores relacionadas con el Proyecto.

### 2.5.3. Suministro de agua industrial y potable

El agua potable requerida durante la etapa de preparación del Proyecto será suministrada principalmente en las instalaciones de alojamiento existentes en Collahuasi, la que proviene desde el actual sistema de abastecimiento de agua con que cuenta el campamento de Collahuasi. Además se contempla suministrar agua potable e nvasada en los lugares de trabajo.

El agua industrial, requerida fundamentalmente para el control de polvo en caminos y frentes de extracción, será abastecida desde las actuales instalaciones de agua industrial con que cuenta el área de la mina Rosario, estimándose un requerimiento inferior a 1 L/s, en forma similar a la actualidad.

### 2.5.4. Suministro de energía eléctrica y combustible

Durante la etapa de preparación de Proyecto, se anticipa un muy bajo consumo de energía y combustible. La energía requerida será abastecida desde un grupo generador de 6 kVA (equivalente a aproximadamente 5 kW), el mismo instalado para la explotación de los rajos Huinquentipa Este Fases II, III y IV. El combustible de este generador, y de la maquinaria y

camiones que operarán durante el retiro de la sobrecarga del rajo, se obtendrá a través de un camión estanque, no habiendo almacenamiento de combustible en el sitio del Proyecto.

### **2.5.5. Manejo de residuos, emisiones y efluentes**

#### **a) Residuos**

Los residuos generados durante esta etapa del Proyecto (residuos domésticos, industriales y eventualmente peligrosos) serán manejados de acuerdo al actual Plan de Manejo de Residuos que dispone Collahuasi. Este plan considera la habilitación de contenedores para cada tipo de residuo y el retiro programado de éstos a cargo de un contratista especializado en la materia. En el caso de este Proyecto, los eventuales residuos peligrosos serán almacenados en los sitios de disposición que dispone Collahuasi en el área de l taller de Ujina (puntos de retiro PR-11 y PR-13), desde donde se retirarán y enviarán a su disposición final fuera de faena , tal como se ha establecido en el Plan de Manejo de Residuos Peligrosos, presentado por Collahuasi a la autoridad. Los residuos domésticos e industriales serán enviados a los sitios autorizados de disposición final que tiene Collahuasi y que cuentan con los permisos y autorizaciones correspondientes.

Eventualmente se utilizará el sitio de disposición de residuos peligrosos que dispone Collahuasi en el área del taller de Rosario (punto de retiro PR-16).

De acuerdo a la dotación de personal asociado al Proyecto, se estima una generación total de residuos domésticos de aproximadamente 27 kg/día.

#### **b) Emisiones**

Las principales emisiones que se generarán en esta etapa del Proyecto, corresponden a las emisiones de polvo producto de las actividades de remoción de la sobrecarga existente sobre el cuerpo mineralizado (pre-stripping) y en la habilitación de los caminos de acceso a la futura área de operaciones. Estos caminos ingresarán al programa de mantención y regadío de caminos que actualmente se aplica en los caminos de operación de la mina Rosario, para lo cual se cuenta con la infraestructura y equipos necesarios (camiones aljibe).

#### **c) Efluentes**

Durante la etapa de preparación del Proyecto, no se contempla la descarga al ambiente de ningún tipo de residuos. Las aguas servidas generadas por los trabajadores relacionados con el Proyecto serán manejadas en las actuales instalaciones sanitarias con que se cuenta en el área de la mina Rosario y en las áreas de los campamentos Pioneros y Hotel Pabellón del Inca.

De acuerdo a la dotación de personal asociado al Proyecto, se estima una generación total de aguas servidas de aproximadamente 2.8 m<sup>3</sup>/día.

---

## **2.6. DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA DE OPERACIÓN DEL PROYECTO**

### **2.6.1. Partes, acciones y obras físicas**

La etapa de operación del Proyecto se extenderá por aproximadamente 26 a 28 meses y empleará una mano de obra adicional de aproximadamente 16 personas. Las principales obras y actividades a desarrollar durante esta etapa del Proyecto corresponden a:

- Extracción del mineral desde el rajo y transporte hacia la planta de procesamiento ;
- Bombeo de agua desde el rajo;
- Extracción y depositación de material estéril ;
- Mantenimiento de los equipos mina; y
- Transporte de personal e insumos .

#### **a) Extracción del mineral desde el rajo y transporte hacia la planta de procesamiento**

La actividad principal del Proyecto corresponde a la extracción de mineral desde el rajo Huiniquinta Este Fase V, que a su vez comprende las etapas de perforación y tronadura y carguío y transporte del material.

Las actividades de perforación se efectuarán a través de una maquina perforadora DMM2 de 9 7/8" de diámetro u otra similar, con un largo de tiro de 11 m . La separación mineral/material se realiza por medio de mallas de aproximadamente 6x7 m y de 8x9 m, respectivamente .

Para las tronaduras se utilizarán explosivos de tipo Anfo, Apex 150 y Apex 165 con carga de explosivo por tronadura de 220 a 280 g/ton para remover aproximadamente 298.000 toneladas semanales de material.

El carguío de mineral y material estéril extraído de los rajo abiertos se efectuará por medio de un cargador frontal modelo CAT 994 con capacidad para 30 toneladas, o similar . El mineral extraído será transportado por camiones modelo CAT 789, con capacidad de carga de 177 toneladas, u otros de similares características , y enviado a la planta de procesos de Collahuasi .

La apertura del rajo Huiniquinta Este Fase V se realizará en una primera etapa a un ritmo de aproximadamente 20.000 T/d, para luego aumentar el ritmo promedio de extracción a aproximadamente 32.000 T/d a partir del quinto mes y a 40.000 T/d en el octavo mes de operación. Durante el segundo y tercer año de operación el ritmo promedio de extracción aumentará a aproximadamente 50.000 T/d, con lo cual se alcanzará la tasa media de explotación considerada por el Proyecto, que corresponde aproximadamente a 43.000 T/d de mineral y estéril.

En el diseño del rajo se utilizaron parámetros que corresponden tanto al área del depósito Huiniquinta Este Fase V, como del área de la actual explotación de los rajes Rosario y Ujina.

Cabe mencionar que variables climáticas, tales como la precipitación, que impactan en los parámetros geotécnicos relevantes, fueron utilizados de manera absolutamente conservadora, por ejemplo, asumiendo un nivel freático agresivo para el diseño. Los valores relativos a sismicidad

corresponden a valores representativos históricos de la zona. La morfología considerada en el diseño, corresponde a la del sector en donde se ubicará el rajo y los sitios de depositación de estériles. Así mismo, las condiciones geológicas y estructurales asumidas, se han estimado sobre la base de información obtenida a partir de sondajes efectuados en el sector de los depósitos Huiniquitipa Este Fases II, III y el futuro Huiniquitipa Este Fase V; es decir los valores considerados garantizan la confiabilidad de los cálculos probabilísticos utilizados en el análisis de la estabilidad de talud es del rajo y de los sitios de depositación de estériles del Proyecto.

La Tabla N°5 presenta a continuación, las principales características del diseño de explotación del cuerpo mineralizado de Huiniquitipa Este Fase V.

**Tabla N° 5: Principales características del diseño de explotación minera**

<b>Característica</b>	<b>Rajo Huiniquitipa Este Fase V</b>
Reservas Minerales Actuales:	
- Reservas minerales (T)	7.314.325
- Total de material estéril a remover (T)	35.412.880
- Ley de cobre total promedio (%)	1
Diseño de la Mina:	
- Superficie final del rajo (m <sup>2</sup> )	264.986
- Altura de bancos (m)	10
- Profundidad final prevista (m)	130
- Nivel freático (m)	2 a 65
- Ángulo de talud global promedio (°)	40, año 2008
- Ángulo de talud inter-rampa (°)	46
- Ancho de berma (m)	6
- Sismo de diseño de taludes (intensidades)	IV a VII
- Aceleración de diseño (g)	<0.30
- Período de retorno del sismo de diseño (años)	30
- Factor de seguridad estático	> 1.5
- Factor de seguridad cuasi-estático	Ver Tabla 2a y 3a, Anexo A
Explotación de Minerales :	
- Extracción de mineral (T/d)	7.285
- Remoción de roca estéril (T/d)	35.272
- Razón estéril mineral (vida de la mina)	5:1
- Humedad del mineral (%)	<7
Perforación:	
- Máquinas Perforadoras	DMM2
- Diámetro de perforación (Pg)	9 7/8
- Largo de tiro promedio (m)	11
- Separación malla de Perforación de mineral (m)	6 x 7
- Separación malla de Perforación de estéril (m)	8 x 9
Tronadura:	
- Tipo de explosivo	ANFO
- Cantidad de material removido (T/d)	42.557
- Carga de explosivo por tronadura (g/T)	220 -280
- Consumo de explosivo (T/d)	9,4 – 11,9

Es necesario mencionar que, dada la duración del Proyecto (alrededor de 26 a 28 meses) y producto de su posterior cubrimiento con material estéril proveniente del rajo Rosario , no se ha considerado la habilitación de canales perimet rales en el rajo.

**b) Bombeo de agua desde el rajo**

En los bancos inferiores de l rajo se anticipa la eventual presencia de agua. En efecto, los sondajes de exploración han permitido prever que los bancos inferiores al tercer banco estarán ubicados bajo el nivel freático detectado, por lo que al momento de alcanzar la cota del cuarto banco de rajo se generará un efecto vertedero, es decir, el agua freática ingresará por gravedad hacia el interior del rajo, razón por la cual durante la etapa de operación, el agua que aflora deberá ser extraída mediante bombeo. El agua bombeada será depositada en piscinas móviles, las que se irán ubicando según el desarrollo del rajo. El agua acumulada en las piscinas será derivada al proceso y/o utilizada en los requerimientos de riego de caminos y frentes de carguío.

El Anexo C presenta un estudio preliminar de la distribución del agua subterránea en el sector de l rajo Huinquentipa Este Fase V, tomando como base de información 44 pozos de exploración construidos en el sector.

Las Figuras N°3 y 4 muestran la ubicación general de los pozos existentes en el área de desarrollo del rajo.

Respecto del volumen de agua que se estima se extraerá desde el rajo, se debe aclarar que no existirá un punto específico de extracción ya que el agua aflorará a través de los bancos más profundos del rajo y desde la base de éste. El sistema de evacuación de esta agua considera canalizar estos flujos hacia las piscinas móviles, para desde ahí proceder a su bombeo extracción con fines operacionales.

Con el propósito de determinar la posición de la superficie freática del área de emplazamiento de l futuro rajo del Proyecto, Collahuasi realizó un levantamiento de niveles freáticos sobre la base de los pozos de exploración existentes en el área. Luego, conociendo la distribución de agua en los pozos y la geología del sector se procedió a estimar el caudal pasante por el sector utilizando la ecuación de Darcy, detallada en Anexo C.

En base a las isopiezas se determinó un gradiente general de 6%, valor que junto a una conductividad hidráulica estimada en  $5 \times 10^{-5}$  cm/s y  $5 \times 10^{-6}$  cm/s permitió calcular un caudal pasante que podría variar entre 0.2 y 2 l/s aproximadamente.

La conductividad hidráulica se obtiene a partir del análisis de slug test realizado en los 44 pozos de exploración del sector (pruebas de infiltración). De este modo se obtienen variables representativas de cada pozo, como cota, profundidad, diámetro, nivel estático, caudal y tiempo de inyección y variación de nivel y tiempo; luego, estas variables son ingresadas al software Acuífer-test para calcular la conductividad hidráulica en cada uno de ellos. La Tabla N°6 a continuación muestra los valores de las variables representativas que se obtuvieron del slug test así como los valores de conductividad resultante en alguno de los pozos de Huinquentipa Este Fase V.

Tabla N° 6: Análisis de Slug Test realizados en Huiniquintipa Este Fase V

Sondaje	UTM		Cota	Profundidad perforada	Prof. Actual	Nivel estático (m)		Conductividad	
	Norte	Este	m snm	(m)	(m)	Sep-07	Nov-07	(m/s)	(cm/s)
LG-012	7,681,312.75	528,445.00	4499.66	100.0	100.0	42.54	46.06	1.53E-08	1.53E-06
LG-036	7,681,227.77	528,551.89	4503.85	160.6	68.8	36.48	37.64	4.13E-08	4.13E-06
LG-068	7,681,025.00	528,700.00	4502.89	150.0	56.0	23.97	25.75	1.75E-08	1.75E-06
LG-069	7,681,175.48	528,701.11	4510.88	150.0	44.5	33.99	34.37	1.81E-07	1.81E-05

### c) Depositación de material estéril

El total de material estéril que se anticipa se generará por la explotación del rajo Huiniquintipa Este Fase V alcanza la cifra aproximada de 35 millones de toneladas.

Como una manera de evitar impactos ambientales y minimizar el uso de suelo en la disposición de material estéril, se han seleccionado 3 sitios de depositación: el interior de rajo Huiniquintipa este Fase II, cuya autorización ambiental se obtuvo a través de la Resolución Exenta N°46 de fecha 02 de abril de 2007, una plataforma de nivelación del terreno hasta alcanzar la cota 4475, y un botadero que se construirá sobre los 2 sitios anteriormente nombrados.

Por lo tanto, una cantidad de aproximadamente 2.900.000 toneladas de material estéril será dispuesta en el interior del rajo Huiniquintipa Este Fase II, aproximadamente 3.600.000 toneladas se dispondrán como plataforma de nivelación del terreno, y las aproximadamente 29.000.000 toneladas restantes se depositarán sobre los 2 sitios de depositación indicados anteriormente.

Es necesario mencionar que, dada la ubicación de estos sitios de depositación de estéril (dentro del área de botaderos del rajo Rosario), no se ha considerado la habilitación de canales perimetrales adicionales.

Tal como se indicó anteriormente, la metodología para disponer el material estéril en el interior del rajo Huiniquintipa Este Fase II será la especificada en el procedimiento SGO PC 0010 "Depósito de Material Estéril en Rajos Abandonados" (ver Anexo B). En términos generales indica colocar en el fondo del rajo abandonado una capa de al menos 1 m de espesor de material químicamente neutro, desde el punto de vista de generación de ácido, y lo suficientemente competente como para resistir el peso del botadero.

El material estéril extraído será transportado hacia los 3 sitios de disposición mediante camiones con capacidad de carga de 177 toneladas. Otros camiones (de diferente tonelaje) podrán utilizarse en la medida que estén disponibles en el área de operaciones mineras de Collahuasi. Los caminos de acceso del rajo Huiniquintipa Este Fase V y de los sitios de depositación de material estéril serán regados mediante camiones aljibe.

En el diseño del rajo y del sistema de depositación de estéril se han considerado los factores de estabilidad y seguridad propios de este tipo de actividades y ampliamente utilizados por

operaciones similares en el resto del país, con el propósito de evitar desmoronamientos por actividad sísmica y gravitacional, cumpliendo con lo establecido en el D.S. N°72, artículo 318 “Reglamento de Seguridad Minera”. Los antecedentes técnicos son presentados en el Anexo A (Evaluación Geomecánica de Estabilidad Rajo Huiniquitipa Este Fase V).

La Tabla N°7 presenta las principales características técnicas de los 3 sitios de depositación de material estéril proyectados.

**Tabla N° 7: Principales características de los sitios de depositación de material estéril**

Característica	Sitio 1: Interior rajo HE Fase II	Sitio 2: Plataforma de nivelación	Sitio 3: Botadero
Capacidad Total (ton)	2.821087	3.586.019	29.820.309
Superficie final proyectada (m <sup>2</sup> )	76.296	161.484	432.490
Altura máxima (m)	50	30	50
Talud Global (°)	n/a	37	37
Factor de seguridad estático	n/a	n/a	1.7 a 1.8 *
Factor de seguridad cuasi-estático	n/a	n/a	1.4 a 1.7 *
Sismo de diseño (intensidad)	n/a	n/a	IV a VII
Aceleración de diseño (g)	n/a	n/a	< 0.30
Período de retorno de sismo de diseño (años)	n/a	n/a	30

\* valores obtenidos de evaluación geomecánica de estabilidad rajo y botadero Huiniquitipa Este Fase IV

#### d) Mantenimiento de los equipos mina

En el área del Proyecto sólo se realizará mantenimiento y reparaciones menores, las que se efectuarán en el sitio mismo en donde se encuentre el equipo a intervenir. En caso de requerirse mantenciones mayores a alguno de los equipos, éstos serán trasladados hasta las instalaciones de mantención que Collahuasi dispone en el área de Ujina y eventualmente serán trasladados a las instalaciones de mantención de Collahuasi en el sector de Rosario, las cuales están debidamente habilitadas y autorizadas para este tipo de trabajos.

El servicio de mantenimiento será otorgado por un camión específicamente habilitado para esta labor, prestando servicios en los siguientes temas: sistema de aire comprimido, engrases, abastecimiento de combustible, apoyo eléctrico, aceite, y refrigerantes.

Los equipos mineros involucrados en el desarrollo del Proyecto, se presentan en la Tabla N° 8 a continuación.

**Tabla N° 8: Equipos mineros a utilizar**

Cantidad	Descripción	Modelo	Marca
1	Máquina perforadora	DMM2	Ingersol Rand
2	Cargador frontal de 30 toneladas	CAT 994	Caterpillar
10	Camiones de 177 toneladas	CAT 789	Caterpillar
1	Bulldozer	CAT D10 T	Caterpillar
1	Motoniveladora	CAT 16 H	Caterpillar
1	Camión aljibe	CAT 773E	Caterpillar
1	Wheeldozer	CAT 834G	Caterpillar
1	Generador 6 kVA	Por definir	Por definir

Es necesario indicar que eventualmente los equipos antes indicados pueden ser reemplazados por otros de diferente modelo y/o marca, que cumplan similares funciones.

**e) Transporte de personal e insumos**

El transporte del personal e insumos requeridos por el Proyecto y por otras actividades asociadas, se realizará a través de vehículos livianos. Dependiendo del tipo de carga, el transporte de insumos se realizará mediante vehículos livianos o camiones de carretera. El adecuado mantenimiento de los caminos utilizados para el transporte, tanto de personas como de insumos, será responsabilidad de la empresa a cargo de la operación del rajo Huiniquitipa Este Fase V. Collahuasi velará por el cumplimiento de este compromiso. El flujo vehicular desde/hacia el Proyecto utilizará sólo rutas internas

**2.6.2. Mano de obra**

La operación del Proyecto será realizada por una empresa contratista especializada, trabajando en turnos de 10 días de trabajo de 12 horas por día y 10 días de descanso, estimándose una mano de obra adicional de 16 personas.

La manipulación de explosivos será realizada por la misma empresa que en la actualidad presta este servicio en las otras explotaciones mineras de Collahuasi. Debido al bajo requerimiento de explosivos para la explotación del rajo asociado al Proyecto, no se contempla personal adicional para esta actividad.

Un resumen de la mano de obra adicional involucrada en la etapa de operación de Proyecto, se presenta en la Tabla N° 9.

**Tabla N° 9: Mano de obra adicional requerida en la etapa de operación del Proyecto**

<b>Especialidad</b>	<b>Personal por turno</b>	<b>Personal total</b>
Jefe de turno *	-	-
Topógrafo (turno A) *	-	-
Alarife (Turno A) *	-	-
Perforadores *	-	-
Operador Cargador Frontal	1	4
Operador camión minero	2	8
Operador equipos auxiliares	1	4
Operador camión aljibe *	-	-
Administrativos (equivalentes, Turno A) *	-	-
Mecánicos (equivalentes) *	-	-
Jefe turno mecánico *	-	-
<b>TOTAL</b>		<b>16</b>

\* corresponde a mano de obra requerida para el proyecto que ya está considerada en otros contratos actuales, como la explotación de los rajos Huiniquitipa Este Fase II, III y IV

Se estima que, al mismo momento, se encontrarán en el área aproximadamente entre 61 y 63 personas relacionadas con el Proyecto.

Es relevante mencionar que gran parte de la mano de obra utilizada actualmente en las labores de explotación de los rajos Huinquentipa Este Fases II, III y IV, será reubicada en el desarrollo de este Proyecto.

### **2.6.3. Suministro de agua industrial y potable**

El agua potable requerida durante la etapa de operación será suministrada principalmente en las instalaciones de alojamiento, servicios sanitarios y de alimentación existentes en Collahuasi. Además se contempla suministrar agua potable e nvasada en los lugares de trabajo. Los trabajadores del Proyecto utilizarán las instalaciones de casas de cambio existentes, ubicadas en el área de Rosario.

El proyecto no contempla consumo de agua fresca. El uso principal de agua corresponderá a agua industrial para las labores de control de polvo en caminos; y en forma secundaria, se utilizará agua industrial para las labores de perforación. Tal como se especificó anteriormente, esta agua será abastecida desde las actuales instalaciones de agua industrial con que cuenta el área de la mina Rosario

Inicialmente, la fuente principal del agua de consumo industrial, requerida por la operación del Proyecto, será abastecida por el agua obtenida por el drenaje del rajo Huinquentipa Este Fase V, cuya extracción se ha estimado entre 0.2 y 2 L/s.

De acuerdo a lo anterior, se puede concluir que los requerimientos de agua del Proyecto no generarán efecto alguno sobre las fuentes de Coposa y Michincha, más aún cuando el agua requerida será abastecida principalmente por el proceso de drenaje del rajo, que se ubica en una cuenca diferente de Coposa y Michincha.

### **2.6.4. Suministro de energía eléctrica y combustible**

Durante la etapa de operación se utilizará el grupo generador de 6 kVA (equivalente a aproximadamente 5 kW) que se instalará en el sitio durante la etapa de preparación del Proyecto. El combustible de este generador, y de la maquinaria y camiones que operarán durante el retiro de la sobrecarga del rajo, se obtendrá a través de un camión estanque, no habiendo almacenamiento de combustible en el sitio del Proyecto.

### **2.6.5. Manejo de residuos, emisiones y efluentes**

#### **a) Residuos**

El sistema de manejo de residuos (domésticos, industriales y eventualmente peligrosos) del Proyecto, durante la etapa de operación, será similar al utilizado durante la etapa de preparación; es decir, de acuerdo al Plan de Manejo de Residuos que dispone Collahuasi en la actualidad. De acuerdo a la dotación de personal asociado al Proyecto se anticipa una tasa de generación de residuos domésticos del orden de 47 kg/día, consistente principalmente en restos de colaciones, envases de agua mineral y papeles.

Los residuos domésticos/industriales del Proyecto consisten principalmente en restos de alimentos, envases plásticos y papeles, mientras que los residuos peligrosos se componen principalmente de restos de aceites usados y filtros generados en las mantenciones de los equipos.

Para el caso de los residuos domésticos e industriales generados por el Proyecto, el Plan de Manejo de Residuos ha definido que sean enviados a los sitios autorizados de disposición final que tiene Collahuasi y que cuentan con los permisos y autorizaciones correspondientes.

Durante la operación se descartarán aceites y lubricantes usados, filtros y otros residuos de mantención, los que serán llevados a las instalaciones actualmente autorizados de Collahuasi. La experiencia acumulada en la actual operación de Collahuasi indica que la mejor forma de minimizar eventuales derrames de aceite, lubricantes y otros aditivos de motores, es el manejo en el mismo lugar en donde se generen, minimizando con esto el transporte de partes y piezas que pudieran generar goteos o derrames. De acuerdo a lo anterior, Collahuasi considera como una mejor práctica ambiental, el manejo de los filtros, aceites y lubricantes que resulten de las mantenciones, en la misma área de operación del rajo Huiniquitipa Este Fase V. Luego de esto, los residuos resultantes serán enviados a los puntos de retiro (PR) definidos en el Plan de Manejo de Residuos Peligrosos para estas instalaciones de mantención, desde donde se retirarán y enviarán a su disposición final fuera de faena. Los puntos de retiro para el Proyecto son:

- ✍ Taller de mantención de Ujina: PR-11 (16 m<sup>2</sup>); PR-13 (16 m<sup>2</sup>)
- ✍ Taller de mantención de Rosario: PR -16 (48 m<sup>2</sup>)

El cambio de aceite y filtros de los equipos móviles que deban efectuarse en terreno se realizará en un lugar plano. En este caso el piso se cubrirá con una carpeta impermeable para contener eventuales derrames de productos y evitar así la contaminación del suelo. Una vez realizado el trabajo, se recogerá cualquier desecho que hubiese en el área de trabajo y se enviarán inmediatamente a los puntos de retiro (PR) correspondientes al taller de Ujina y eventualmente al taller de Rosario. De esta manera, no se hace necesario incorporar nuevos puntos de retiro y modificar el Plan de Manejo de Residuos Peligrosos ya presentado a las autoridades competentes.

Un detalle aproximado de residuos peligrosos que generará el Proyecto a lo largo de su vida útil se observa en la Tabla N°10 a continuación.

**Tabla N° 10: Generación estimada de residuos peligrosos durante toda la vida del Proyecto**

<b>Residuo peligroso</b>	<b>Generación total</b>
Aceite usado	15.000 – 17.500 litros
Baterías de plomo usadas	5 unidad
Filtros usados	75 -100 unidades

## **b) Emisiones**

La principal emisión de material particulado, asociada al Proyecto, corresponde a la circulación de vehículos y camiones mineros por los caminos internos de tierra, propio de una faena de estas

características, para las operaciones de extracción y depositación de mineral y material estéril, en el área de chancado primario de óxidos y en los sitios de depositación de estériles, respectivamente.

Se anticipa que estas emisiones serán menores y que estarán circunscritas al área de operaciones del Proyecto. Además, en las proximidades no existe población cercana susceptible de ser afectada. No obstante lo anterior, el Proyecto considera un camión aljibe exclusivo para las labores de riego de caminos en el sector del Proyecto, con cuya medida de mitigación se estima que las emisiones de polvo desde caminos serán menores y que estarán circunscritas al área de operaciones del Proyecto.

En el área de la descarga de camiones en el chancador primario de óxidos, seguirán operando las actuales medidas de mitigación, las que consisten en aspersores de agua ubicados en la zona de descarga de los camiones.

Además de lo anterior, se espera emisiones de gases producto de la combustión de motores de la maquinaria que operará en el área, emisiones que no se consideran relevantes fundamentalmente debido a la ubicación aislada del Proyecto. No obstante lo anterior, todos los equipos cumplirán con los estándares y legislaciones aplicables en esta materia.

Finalmente, se anticipa que la explotación del rajo Huiniquintipa Este Fase IV producirá un aumento en la emisión de ruido sólo en el sector del Proyecto. La emisión de ruido provendrá fundamentalmente de las tronaduras requeridas para la explotación del rajo. Sin embargo, se anticipa que este efecto será puntual (a una hora determinada del día), sectorizado y de baja duración por lo que no se prevé un efecto en el nivel de ruido ambiental total del área.

Respecto de las emisiones anteriormente descritas, debe considerarse que éstas no serán diferentes a las ya existentes en el área, producto de la explotación de la mina Rosario, y que su magnitud y alcance es muy inferior a las ya existentes y autorizadas.

### **c) Efluentes**

Durante la etapa de operación del Proyecto, no se contempla la descarga al ambiente de ningún tipo de residuos líquidos. Las aguas servidas generadas en los actuales sistemas sanitarios, y que serán utilizadas por los trabajadores relacionados con el Proyecto, serán manejadas en las actuales instalaciones sanitarias con que se cuenta en el área de la mina Rosario. La tasa de generación de aguas servidas se ha estimado en 5 m<sup>3</sup>/día.

## **2.7. TÉRMINO DE ACTIVIDADES**

Tal como se ha indicado en párrafos anteriores, el sector en donde se ubicará el rajo Huiniquintipa Este Fase V, corresponde a un área que será abarcada por los botaderos de la mina Rosario; es decir, al término de la explotación minera de Collahuasi, el área en donde se desarrollará el Proyecto quedará cubierta por material estéril de la mina Rosario.

El detalle del Proyecto considerando el rajo y el sistema de depositación de material estéril se observa en las figuras N°5, N°6 y N°7, las cuales muestran por separado el diseño de cada sitio de depositación de estériles.

Cabe destacar que el material estéril que se extrae desde la mina Rosario, continuará siendo depositado preferentemente hacia el sector norte del rajo Rosario, cubriendo la zona en la cual se desarrolló el proyecto Huinquantipa Este Fase I, cuya vida útil ya llegó a su fin. Los sectores en donde se desarrollan actualmente los rajos Huinquantipa Este Fases II, III y IV, y el sector donde se desarrollará el proyecto Explotación Depósito Huinquantipa Este Fase V, serán cubiertos con posterioridad en la medida que cada uno de estos rajos finalice su operación.

La línea de avance de los botaderos de la mina Rosario se encuentra a una distancia promedio aproximada de 2 km del área en donde se ubica el depósito Huinquantipa Este Fase V. El avance de los botaderos de Rosario y del proyecto Huinquantipa Este Fase V, se presenta en la Figura N°8. Esta figura incluye, además, la proyección del botaderos del rajo Rosario al 2010, año de término de la operación del rajo Huinquantipa Este Fase V.

De acuerdo a lo indicado en los párrafos anteriores, se estima que no se producirán interferencias operacionales entre la operación del nuevo rajo Huinquantipa Este Fase V y la actual operación de la mina Rosario.

Por lo expuesto anteriormente, y teniendo en cuenta las características del Proyecto, no se consideran medidas de cierre específicas para las instalaciones remanentes del Proyecto Huinquantipa Este Fase V. No obstante, al cese de las operaciones mineras en este sector se tomarán las siguientes medidas:

- Se dismantelará la infraestructura exterior desarrollada por el Proyecto que pueda estar propensa a colapsar por su deterioro y que estén expuestas después del cierre. Además, se desenergizarán todas las instalaciones eléctricas.
- En general, la zona adyacente a la mina quedará limpia de todo desecho que pueda tener impacto en el medio ambiente o que pueda generar algún peligro.
- Se retirarán todos los materiales y repuestos.

Respecto del desarrollo de botaderos, potenciales flujos de aguas mina y medidas preventivas asociadas, es necesario mencionar que, dadas las características mineralógicas del depósito Huinquantipa Este Fase V y de su material estéril, no se espera el desarrollo de un potencial de generación de aguas ácidas, por lo que, en este caso, no se han considerado medidas especiales al respecto.

No obstante lo anterior, Collahuasi continuará con el monitoreo preventivo de calidad de agua superficial que desarrolla en la subcuenca Huinquantipa, específicamente en los puntos de control QSD-1 (Quebrada San Daniel), QSN-1 (Quebrada San Nicolás) y QDH-2 (Quebrada Huinquantipa, sector angostura), y con el monitoreo preventivo de calidad de agua subterránea,



que se desarrolla en el pozo MAH-1 (Quebrada Huinquentipa, aguas arriba del sector Angostura), ubicado en las coordenadas 7.681.838 m Norte y 523.115 m Este.

Respecto de la medición de los caudales extraídos, la práctica operacional de Collahuasi en el proceso de dewatering (drenaje) de la mina Rosario incluye un control respecto del caudal extraído, el cual se hará extensivo hacia las nuevas faenas del rajo Huinquentipa Este Fase V.

---

## **CAPÍTULO 3: DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO**

El Proyecto Explotación Depósitos Huiniquintipa Este Fase V corresponde a una extensión de las operaciones mineras de los sectores de Huiniquintipa Este, Huiniquintipa Este Fase II y Huiniquintipa Este Fase III y Huiniquintipa Este Fase IV, evaluados y aprobados ambientalmente durante el año 2005 y 2007. Este Proyecto corresponde a una explotación de minerales oxidados a través la operación de un rajo abierto, el cual se desarrollará en un sector donde se proyecta a futuro disponer el material estéril que será generado por la explotación del rajo Rosario, actividad también ya evaluada y aprobada ambientalmente.

Al respecto, y aún cuando para el área a utilizar por el Proyecto (rajo y sitios de depositación de estériles) se cuenta con un permiso ambiental para la depositación de material estéril de la mina Rosario, lo cual supone e implica un intervención total del sitio en el curso de los próximos años, en este capítulo se presentan una breve descripción del área en términos de la geología y mineralogía del área del rajo y de los componentes ambientales agua, suelo, flora y fauna del sector.

### **3.1. GEOMORFOLOGÍA Y GEOLOGÍA**

#### **3.1.1. Geomorfología**

Los rasgos fisiográficos constituyen el principal componente de la estructura y funcionamiento de los ambientes naturales de la I Región. El patrón fisiográfico presenta una secuencia en sentido oeste a este, constituida por: el Farellón Costero, la Cordillera de la Costa, la Depresión intermedia, el Cordón Montañoso Precordillerano, la depresión de los Salares más Occidentales y del Loa, la Cordillera de los Andes y el Altiplano.

Esta distribución divide a la región en franjas longitudinales y escalonadas a diferentes niveles de altura, conformando unidades naturales interrelacionadas en su funcionalidad espacial.

El área de Proyecto se encuentra dentro de la unidad Altiplano. La unidad se localiza al este de la Cordillera de los Andes y es producto de un vulcanismo que rellenó de ceniza y escoria la separación entre los cerros, generando un relieve típico de meseta e levada de edad terciaria llamada Puna, con una altura promedio de 4.500 m.s.n.m y un ancho variable de 15 a 40 Km.

#### **a) Relleno aluvial de cauces recientes**

Corresponden al relleno aluvial más nuevo de cauces recientes y fondos de quebradas, el cual es transportado y depositado por los flujos de aguas estables o esporádicos que surcan dichos cauces y quebradas. Están constituidos por alternancias, en general lenticulares de gravas con matriz arenosa gravas con matriz areno-limosa, arenas y arenas con limos, en general mal graduadas, con un bajo porcentaje de finos, el cual alcanza hasta un 20% siendo en general menor que 9 %, con un Índice de Plasticidad (IP) siempre menor que 5.

---

**b) Zonas de vegas**

Corresponden a aquellos sectores de fondos de quebradas relativamente importantes que debido a la cercanía o afloramiento de la napa de aguas subterráneas en superficie, se ha desarrollado una cubierta vegetal notable, constituida por bofedales y pajonales (paja brava o “coirón”).

Estos suelos de zona de vegas, y especialmente a nivel vegetal u orgánico superior, son muy compresibles, de baja densidad y están saturados, por lo que no son aptos como material de fundación, siempre deberán ser removidos, al menos la capa vegetal y orgánica superior.

**3.1.2. Geología**

El área que será intervenida por el rajo y sitios de depositación de estériles del Proyecto se ubica en el denominado Cordón Precordillerano. El cordón precordillerano corresponde a un bloque tectónico de uno 30 a 40 Km. de ancho, de elongación de norte-sur, donde se localizan los distritos minero de Quebrada Blanca y Collahuasi.

En el área del Proyecto, la roca huésped corresponde a paleogravas de espesor variable entre 10 y 40 m, que sobreyacen en discordancia a las rocas volcanosedimentarias y volcánicas que conforman el basamento (rocas más antiguas). Todo este paquete estratificado está parcialmente cubierto por coluvio reciente.

**a) Discontinuidades mayores**

Corresponden a fallas regionales y/o importantes zonas de cizalle y vetas minerales, con corridas de más de 200 m y espesores de núcleo arcillado y triturado de al menos 0.5 -1 m. El análisis de las discontinuidades mayores provienen de fallas o vetas extraídas de los planos geológicos a escala 1:10.000, de Munchmayer C. et al (1984) del área Rosario Huiniquinta.

Las fallas geológicas se presentan con orientación predominante de dirección E -W y NW – SE.

**b) Eventos volcánicos**

En un radio de 55 km de Collahuasi es posible reconocer la existencia de 4 centros volcánicos potenciales activos. Ellos corresponden al Michincha (9 km al Este), Irruputuncu (20 km al Norte), Aucanquilcha (30 km al Sureste) y Ollagüe (55 km al Este).

El cerro Michincha es el volcán más cercano. Las obras de infraestructura más cercanas se encuentran a unos 9 km de dicho volcán, próxima al límite de la distancia crítica (10 km) respecto a los posibles efectos de una erupción volcánica (flujos de lava, flujos piroclásticos, flujos laháricos, caída de cenizas y deformación del terreno). La dirección de los vientos dominantes es principalmente hacia el Este, lo cual dispersaría las cenizas en tal dirección.

La posibilidad que se produzca una erupción altamente explosiva se estima como muy poco probable en el período de vida útil del Proyecto, ya que el último evento ocurrió hace unos 750.000 años.

### **c) Eventos sísmicos**

El área de Collahuasi se localiza sobre la zona de subducción de las placas de Nazca y Sudamericana a unos 100 km sobre el plano de Benioff. De acuerdo con las observaciones en terreno, no existen evidencias de fallas activas recientes.

Asumiendo materiales de fundación del tipo suelos, la aceleración horizontal instantánea máxima recomendada para diseño es 0,31g, considerando una duración de fuertes movimientos de 7 segundos. Esta aceleración podría ser generada por un terremoto de magnitud Ms 8,3, originado en la placa de Nazca, a una profundidad de unos 100 km. Por otro lado, la falla regional cercana a la zona de Collahuasi (falla Oeste) podría generar una aceleración horizontal instantánea máxima de 0,16 g, que podría tener una duración de fuerte movimiento de 22 -28 segundos.

## **3.2. MINERALOGÍA**

En el área en el que se encuentran el yacimiento Huiniquintipa Este Fase V, la mineralización consta de óxidos verdes (crisocola), copper wad/pitch y cantidades menores de calcosina y cuprita, mineralización que se encuentra a una profundidad algo mayor (45 a 120 m bajo la superficie) que la profundidad a la que se reconoce la mineralización en los yacimientos de Huiniquintipa Este Fases II, III y IV (menor de 40m) y al mismo tiempo con dimensiones superiores (550 x550m).

A diferencia de los otros yacimientos del área, en Huiniquintipa Este Fase V, la mineralización se aloja principalmente en rocas volcánicas ácidas con silicificación –mixtos, principalmente óxidos y menor sulfuros- tanto como en secuencias sedimentarias volcánicas y calcáreas, las que se encuentran cubiertas por los depósitos de gravas presentes en el sector con una mineralización restringida.

Las zonas de material estéril del sector están formadas por unidades sedimentarias y lavas, además de rocas calcáreas. La mineralización de ganga asociada a estas zonas es de sílice, carbonato de calcio, oxidados de fierro, trazas de cobre y manganeso.

Las zonas de material estéril del sector están formadas por unidades sedimentarias y lavas, además de calizas alteradas (sílice). La mineralización de ganga asociada a estas zonas es de sílice, carbonato de calcio, oxidados de fierro, trazas de cobre y manganeso.

## **3.3. HIDROLOGÍA**

El área en donde se ubicará el Proyecto, corresponde a la zona alta de la quebrada San Daniel que a su vez es afluente de la quebrada Huiniquintipa. La subcuenca Huiniquintipa ha sido objeto de un monitoreo de calidad y caudal de agua como parte de las actividades de monitoreo ambiental que desarrolla Collahuasi.

En efecto, para la caracterización de la calidad del agua superficial de la subcuenca Huiniquintipa, se dispone actualmente de tres estaciones de control, ubicadas en el área de la quebrada San

Daniel (punto de control QSD-1), en la quebrada San Nicolás (punto de control QSN-1) y en la quebrada Huiniquintipa (punto de control QDH-2). En este último punto de control se dispone además de una medición de caudal. Esta estación (QDH-2) se ubica aguas abajo de las instalaciones mineras de Collahuasi, en un punto que “cierra” la subcuenca Huiniquintipa. Por lo tanto, corresponde a la suma de los caudales aportantes de todas las quebradas que conforman la subcuenca.

El punto de control QDH-2 está ubicado en el mismo punto donde se ubicaba un antiguo punto de control de caudal de la DGA. Las coordenadas UTM en metros, según Datum 1956 son las siguientes:

- Este: 522.722 m
- Norte: 7.681.809 m

En la Figura N°9 se observa el avance actual del rajo Rosario y sus botaderos, el límite autorizado para el desarrollo de botaderos del rajo Rosario, el área propuesta para el desarrollo del proyecto Huiniquintipa Este Fase V y los puntos de control de calidad de agua QSD-1, QSN-1 y QDH-2.

La información de calidad del agua superficial en valores promedio para los años 2002 a la fecha, se presenta en las Tablas N°1, 12 y 13. Al respecto, y de la información contenida en las tablas antes referidas, se puede indicar lo siguiente:

- Las aguas de las quebradas San Daniel y San Nicolás presentan características semejantes. Ambas se clasifican como aguas dulces (con conductividades inferiores a 160  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).
- Con respecto al punto QDH-2, se puede observar que las aguas de esta estación poseen contenidos de cobre y manganeso que exceden la norma de riego (NCH1333). Por otro lado, se observa que la calidad de agua previa y posterior al pre-stripping de la mina Rosario presenta características fisicoquímicas muy similares pudiendo clasificarse como del tipo cálcica-magnésicas y sódicas cálcicas.
- Es importante señalar que en el sector de la subcuenca de Huiniquintipa existe un gran número de pasivos ambientales de actividades mineras de antigua data, previo al inicio de las operaciones de Collahuasi y no pertenecientes a ésta, además de afloramientos naturales de mineral. Las excedencias o altos niveles registrados en los parámetros de calidad de agua históricos, se pueden atribuir a las características antes mencionadas y no a actividades propias de la operación actual. Adicionalmente se debe considerar que se está en una zona que regionalmente presenta mineralización de cobre, en distintas magnitudes, lo que puede aportar contenidos de ciertos elementos debido a procesos de lixiviación natural.

**Tabla N° 11: Resultados de monitoreo de calidad fisicoquímica de agua superficial. Punto de Control QSD-1 Quebrada San Daniel**

PARAMETROS	UNIDAD	NCh1333 Norma Chilena A.Riego	PROMEDIO
ALUMINIO TOTAL	MG/L	5	0.28
ARSENICO TOTAL	MG/L	0.1	0.01
BALANCE IONICO	%		2.04
BARIO	MG/L	4	0.05
BERILIO TOTAL	MG/L	0.1	0.01
BICARBONATO	MG/L		36.75
BORO TOTAL	MG/L	0.75	0.28
CADMIO TOTAL	MG/L	0.01	0.00
CALCIO	MG/L		10.36
CARBONATO	MG/L		0.10
CIANURO TOTAL	MG/L	0.2	0.03
CINC TOTAL	MG/L	2	0.04
CLORURO	MG/L	200	5.39
COBALTO TOTAL	MG/L	0.05	0.03
COBRE DISUELTO	MG/L		0.01
COBRE TOTAL	MG/L	0.2	0.07
Conductividad	US/CM		153.82
CROMO TOTAL	MG/L	0.1	0.03
FLUORUROS	MG/L	1	0.32
HIERRO TOTAL	MG/L	5	0.55
LITIO	MG/L	2.5	0.01
MAGNESIO TOTAL	MG/L		2.66
MANGANESO TOTAL	MG/L	0.2	0.10
MERCURIO TOTAL	MG/L		0.00
MOLIBDENO TOTAL	MG/L	0.01	0.01
NIQUEL TOTAL	MG/L	0.2	0.03
NITROGENO AMONICAL	MG/L		0.06
NITROGENO DE NITRATOS	MG/L		0.35
NITROGENO DE NITRITOS	MG/L		0.01
pH de Laboratorio	UPH	9	6.91
PLATA TOTAL	MG/L	0.2	0.01
PLOMO TOTAL	MG/L	5	0.01
POTASIO	MG/L		2.85
SELENIO TOTAL	MG/L	0.02	0.00
SODIO	MG/L		8.26
SODIO PORCENTUAL	%	35	29.34
SOLIDOS DISUELTOS	MG/L	500	100.87
SULFATOS	MG/L	250	23.85
VANADIO TOTAL	MG/L	0.1	0.05

**Tabla N° 12: Resultados de monitoreo de calidad fisicoquímica de agua superficial. Punto de Control QSN-2 Quebrada San Nicolás**

PARAMETROS	UNIDAD	NCh1333	PROMEDIO
		Norma Chilena A.Riego	
ALUMINIO TOTAL	MG/L	5	0.28
ARSENICO TOTAL	MG/L	0.1	0.01
BALANCE IONICO	%		3.64
BARIO	MG/L	4	0.05
BERILIO TOTAL	MG/L	0.1	0.01
BICARBONATO	MG/L		41.12
BORO TOTAL	MG/L	0.75	0.30
CADMIO TOTAL	MG/L	0.01	0.00
CALCIO	MG/L		11.01
CARBONATO	MG/L		0.10
CIANURO TOTAL	MG/L	0.2	0.03
CINC TOTAL	MG/L	2	0.04
CLORURO	MG/L	200	4.75
COBALTO TOTAL	MG/L	0.05	0.03
COBRE DISUELTO	MG/L		0.02
COBRE TOTAL	MG/L	0.2	0.07
Conductividad	US/CM		151.65
CROMO TOTAL	MG/L	0.1	0.03
FLUORUROS	MG/L	1	0.27
HIERRO TOTAL	MG/L	5	0.65
LITIO	MG/L	2.5	0.01
MAGNESIO TOTAL	MG/L		2.28
MANGANESO TOTAL	MG/L	0.2	0.10
MERCURIO TOTAL	MG/L		0.00
MOLIBDENO TOTAL	MG/L	0.01	0.01
NIQUEL TOTAL	MG/L	0.2	0.03
NITROGENO AMONICAL	MG/L		0.07
NITROGENO DE NITRATOS	MG/L		0.37
NITROGENO DE NITRITOS	MG/L		0.12
pH de Laboratorio	UPH	9	6.99
PLATA TOTAL	MG/L	0.2	0.01
PLOMO TOTAL	MG/L	5	0.01
POTASIO	MG/L		2.69
SELENIO TOTAL	MG/L	0.02	0.00
SODIO	MG/L		9.53
SODIO PORCENTUAL	%	35	27.74
SOLIDOS DISUELTOS	MG/L	500	86.12
SULFATOS	MG/L	250	24.45
VANADIO TOTAL	MG/L	0.1	0.05

**Tabla N° 13: Resultados de monitoreo de calidad fisicoquímica de agua superficial. Punto de Control QDH-2 Quebrada Huinquentipa**

PARAMETROS	UNIDAD	NCh1333	PROMEDIO
		Norma Chilena	
		A.Riego	
ALUMINIO TOTAL	MG/L	5	1.69
ARSENICO TOTAL	MG/L	0.1	0.10
BALANCE IONICO	%		3.95
BARIO	MG/L	4	0.07
BERILIO TOTAL	MG/L	0.1	0.01
BICARBONATO	MG/L		98.18
BORO TOTAL	MG/L	0.75	0.41
CADMIO TOTAL	MG/L	0.01	0.01
CALCIO	MG/L		31.40
CARBONATO	MG/L		0.76
CIANURO TOTAL	MG/L	0.2	0.03
CINC TOTAL	MG/L	2	0.75
CLORURO	MG/L	200	21.24
COBALTO TOTAL	MG/L	0.05	0.03
COBRE DISUELTO	MG/L		5.15
COBRE TOTAL	MG/L	0.2	3.10
Conductividad	US/CM		375.00
CROMO TOTAL	MG/L	0.1	0.03
FLUORUROS	MG/L	1	0.39
HIERRO TOTAL	MG/L	5	2.31
LITIO	MG/L	2.5	0.01
MAGNESIO TOTAL	MG/L		10.99
MANGANESO TOTAL	MG/L	0.2	1.81
MERCURIO TOTAL	MG/L		0.00
MOLIBDENO TOTAL	MG/L	0.01	0.01
NIQUEL TOTAL	MG/L	0.2	0.03
NITROGENO AMONICAL	MG/L		0.10
NITROGENO DE NITRATOS	MG/L		1.15
NITROGENO DE NITRITOS	MG/L		0.01
pH de Laboratorio	UPH	9	7.74
PLATA TOTAL	MG/L	0.2	0.01
PLOMO TOTAL	MG/L	5	0.01
POTASIO	MG/L		6.05
SELENIO TOTAL	MG/L	0.02	0.00
SODIO	MG/L		24.29
SODIO PORCENTUAL	%	35	27.26
SOLIDOS TOTALES	MG/L		21.18
SOLIDOS DISUELTOS	MG/L	500	262.71
SULFATOS	MG/L	250	85.25
VANADIO TOTAL	MG/L	0.1	0.05

Respecto del caudal medido en el punto de control QDH-2, la Tabla N° 14 presenta los resultados mensuales, desde el año 2004 a la fecha.

**Tabla N° 14: Resultados de medición de caudales. Punto de Control QDH-2 Quebrada Huiniquinta**

Mes	Año				
	2004	2005	2006	2007	2008
Enero	10.5	26.6	4.34	7.8	16.5
Febrero	11.11	18.2	4.04	5.5	9.5
Marzo	13.92	9.5	5.98	8.4	7.6
Abril	14.26	5	5.3	8.6	7.2
Mayo	13.69	15.4	6.69	8	
Junio	13.96	s/i	s/i	2.2	
Julio	14	s/i	s/i	10.5	
Agosto	s/i	12.9	s/i	11.4	
Septiembre	s/i	16	3.6	8.7	
Octubre	10.62	13.2	16.8	6.4	
Noviembre	9.21	8.7	2.9	5.1	
Diciembre	11	13.9	11.9	8	
<b>Promedio</b>	<b>12.3</b>	<b>13.9</b>	<b>6.8</b>	<b>7.6</b>	<b>10.2</b>

s/i: no se realizó medición

Respecto de las mediciones de año 2006, es importante destacar que el vertedero en donde se realizan los aforos, presentaba notorias infiltraciones en el lado sur, en donde aproximadamente escurría un caudal de 5 l/s adicionales, el cual no está registrado en la medición efectuada y por lo tanto no está sumado en la tabla precedente. Esta situación ha sido oportunamente informada a la autoridad competente en el reporte semestral de monitoreo del recurso hídrico. Las modificaciones al vertedero para corregir su diseño y operatividad finalizaron durante el mes de mayo del 2008.

### 3.4. SUELOS

Según los patrones regionales del uso del suelo, la I Región de Tarapacá se caracteriza por poseer una extensa zona en la que predominan las áreas desérticas, con suelos sin amplitud para desarrollar una actividad agrícola. El uso del suelo se distribuye heterogéneamente en las siguientes categorías:

- áreas de uso agrícola y ganadero;
- áreas silvestres protegidas, parques nacionales, reservas nacionales y monumentos nacionales
- áreas de uso urbano
- áreas de uso recreacional; y
- áreas de uso minero

El área en donde se desarrollará el rajo y los sitios de depositación de estériles del Proyecto se encuentran dentro de un área de uso minero y fuera de cualquier área de protección oficial. Su descripción se presenta a continuación:

### **3.4.1. Uso minero**

Las áreas de uso minero se localizan en los sectores de desierto, salares y precordillera. El uso del suelo corresponde principalmente a la minería extractiva, correspondiente a yacimientos metálicos y no metálicos. En la precordillera y la zona altiplánica de la Provincia del Tamarugal existen varios yacimientos metálicos de cobre, destacando los de Cerro Colorado, Quebrada Blanca y Collahuasi. Por otra parte, la minería no metálica se ubica principalmente en torno a los salares.

### **3.4.2. Características físicas**

Los suelos aluviales y coluviales del área de l Proyecto son de permeabilidad baja a muy baja ( $10^{-3}$  -  $10^{-5}$  cm/s). Sin embargo, las rocas presentan valores de conductividad hidráulica de alta permeabilidad.

Se debe tener presente que la calificación de permeabilidad de los materiales es distinto para suelos y rocas, así, por ejemplo, una conductividad hidráulica de  $10^{-4}$  cm/s corresponde a un suelo de baja permeabilidad, pero a una roca de permeabilidad alta.

### **3.4.3. Características químicas**

La composición química de los suelos es relativamente consistente. Est o ocurre porque la roca original local que domina las características de los suelos es generalmente volcánica. Los elementos predominantes en todas las muestras son Ca, Fe, S y Na.

## **3.5. FLORA**

El área que será intervenida por la explotación de l rajo Huiniquinta Este Fase V y sus 3 botaderos de estériles se caracteriza por presentar escasa vegetación. En el sector se reconocen las siguientes especies de tolar y pajonal: *festuca orthophylla*, paja brava, tola, y *parastrephia quadrangularis*. No existen especies bajo protección.

## **3.6. FAUNA**

La fauna asociada al área del Proyecto se presenta en forma esporádica, no constituyendo un hábitat permanente para ésta. Esta fauna está formada principalmente por vicuñas, zorro culpeo, roedores y reptiles.

---

## **CAPÍTULO 4: ANTECEDENTES PARA ACREDITAR EL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA AMBIENTAL**

### **4.1. NORMATIVA AMBIENTAL GENERAL**

La normativa ambiental general está representada por los siguientes cuerpos legales:

- a) Ley N° 19.300 de 1994, Bases Generales del Medio Ambiente; y
- b) D.S. N° 95 de 2002, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

El cumplimiento de estas normativas queda de manifiesto con la presentación de la presente Declaración de Impacto Ambiental, de acuerdo con el análisis realizado sobre la pertinencia de ingreso al SEIA, y el análisis de los efectos, características o circunstancias que ameritan la presentación de un EIA o una DIA.

### **4.2. NORMATIVA AMBIENTAL ESPECÍFICA**

#### **4.2.1. Calidad del Aire**

- D.S. N° 144/61 del Ministerio de Salud. Establece normas para evitar emanaciones o contaminantes atmosféricos de cualquier naturaleza, incluyendo gases, vapores, humos y polvo. Actúa como organismo fiscalizador el SEREMI de Salud de Iquique.
- D.S. N° 1215/78 del Ministerio de Salud. Regula las concentraciones máximas para partículas totales en suspensión (PTS), SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> y NO<sub>2</sub>. Actúa como organismo fiscalizador el SEREMI de Salud de Iquique.
- D.S. N° 110/01 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República. Deja sin efecto Norma de Calidad Primaria de Aire para Partículas Total es en Suspensión (PTS). Actúa como organismo fiscalizador el SEREMI de Salud de Iquique.
- D.S. N° 59/98 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República. Establece norma primaria de calidad del aire para el material particulado respirable (PM-10) y define valores para situaciones de emergencia. Actúa como organismo fiscalizador el SEREMI de Salud de Iquique.
- D.S. N° 45/01 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que modifica el D.S. N° 59 / 98. Establece norma primaria de calidad del aire para el material particulado respirable (PM-10). Actúa como organismo fiscalizador el SEREMI de Salud de Iquique.

#### Relación con el Proyecto

Durante las etapas de preparación y operación del Proyecto, se generarán emisiones de material particulado debido a las actividades de excavación, perforación y tronadura, carguío y transporte de minerales y material estéril, y al transporte de insumos y personal. También se prevé la generación de emisiones de gases de combustión debido al funcionamiento de generador de energía eléctrica y de los motores de los equipos mineros.

### Cumplimiento

Para minimizar las emisiones debido al tránsito de vehículos livianos, maquinaria y camiones, Collahuasi realizará mantenimiento periódico a los caminos y restricción de velocidad de circulación de vehículos. Collahuasi velará porque su personal y contratistas cumplan con las exigencias establecidas por contrato sobre límites de velocidad, mantención de caminos, equipos y vehículos con el objetivo de reducir al mínimo la emisión de material particulado y gases.

#### **4.2.2. Calidad de las Aguas**

- D.F.L. N° 725/68, Código Sanitario, del Ministerio de Salud. Regula la disposición de residuos industriales líquidos y mineros. Actúa como organismo fiscalizador el SEREMI de Salud de Iquique.
- D.S. N° 594/00 del Ministerio de Salud, Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo.

### Relación con el Proyecto

Las operaciones del Proyecto no descargarán efluentes líquidos industriales durante las actividades de preparación y explotación del rajo Huinquentipa Este Fase V. Las instalaciones de servicios higiénicos y casino corresponden a las que se utilizan actualmente en el área de Rosario , Ujina y/o campamentos, las cuales cuentan con la aprobación sanitaria correspondiente.

Los baños químicos que sean utilizados, serán retirados por una empresa contratista especializada en el tema, que procederá a limpiarlos fuera de la faena, en instalaciones autorizadas.

### Cumplimiento

Las instalaciones sanitarias que se rán utilizadas por el Proyecto, tanto en el área de campamentos como de Rosario y Ujina, cuentan con la aprobación del SEREMI de Salud de Iquique. El uso de baños químicos, por su parte, respetará la proporción señalada en los artículos 23 y 24 del D.S. N° 594/ 00.

Respecto del desarrollo de los botaderos de estériles, potenciales flujos de drenajes ácidos y medidas preventivas asociadas, es necesario mencionar que, dadas las características mineralógicas del depósito Huinquentipa Este Fase V y de su material estéril, no se espera el desarrollo de un potencial de generación de aguas ácidas, por lo que, en este caso, no se han considerado medidas especiales al respecto.

No obstante lo anterior, Collahuasi continuará con el monitoreo preventivo de calidad de agua superficial que desarrolla en la subcuenca Huinquentipa, específicamente en los puntos de control QSD-1 (Quebrada San Daniel), QSN-1 (Quebrada San Nicolás) y QDH-2 (Quebrada Huinquentipa, sector angostura), y con el monitoreo preventivo de calidad de agua subterránea, que se desarrolla en el pozo MAH-1 (Quebrada Huinquentipa, aguas arriba del sector Angostura), ubicado en las coordenadas 7.681.838 m norte y 523.115 m este.

Respecto de la medición de los caudales extraídos, la práctica operacional de Collahuasi en el proceso de dewatering (drenaje) de la mina Rosario, incluye un control respecto del caudal extraído, el cual se hará extensivo hacia las nuevas faenas del rajo Huiniquinta Este Fase V

#### **4.2.3. Residuos Sólidos**

- D.F.L. N° 725/68, Código Sanitario, del Ministerio de Salud. Regula la disposición final de residuos industriales. Actúa como organismo fiscalizador el SEREMI de Salud de Iquique.
- D.S. N° 594/00, Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo, del Ministerio de Salud. Regula el tratamiento o disposición final de residuos sólidos industriales. Actúa como organismo fiscalizador el SEREMI de Salud de Iquique.
- D.L. N° 3557/81 del Ministerio de Agricultura. Establece Disposiciones sobre Protección Agrícola.
- D.S. N° 148/04 Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos, de Ministerio de Salud. Este Reglamento establece las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas a que deberá someterse la generación, tenencia, almacenamiento, transporte, tratamiento, re uso, reciclaje, disposición final y otras formas de eliminación de los residuos peligrosos.

#### Relación con el Proyecto

El proyecto generará residuos industriales, residuos asimilables a domésticos y eventualmente residuos peligrosos durante el periodo de preparación y operación del rajo Huiniquinta Este Fase V, producto de las actividades de mantenimiento de los equipos y maquinaria.

#### Cumplimiento

Los residuos domésticos y aquellos que se puedan asimilar a domésticos serán dispuestos en los sitios autorizados con que cuenta Collahuasi.

Por su parte, los residuos peligrosos eventualmente generados durante las etapas de construcción y operación de Proyecto, serán incorporados al sistema de manejo de residuos peligrosos de Collahuasi, el cual se encuentra en la etapa de construcción, habiéndose presentado a la autoridad el respectivo Plan de Manejo de Residuos Peligrosos.

El Plan de Manejo de Residuos Peligrosos de Collahuasi comprende el transporte y disposición final en instalaciones externas autorizadas.

#### **4.2.4. Residuos Mineros Masivos**

- D.S. N° 72/85, Ministerio de Minería, Aprueba Reglamento de Seguridad Minera.

#### Relación con el Proyecto

La preparación y operación del rajo Huiniquinta Este Fase V generarán aproximadamente 36 millones de toneladas de material estéril.

### Cumplimiento

El material estéril será dispuesto utilizando un sistema que considera 3 sitios de depositación de estériles ubicados cercano al rajo Huiniquinta Este Fase V y cuentan con capacidad suficiente para almacenar todo el material estéril. Los antecedentes técnicos del sistema de depositación de material estéril serán presentados al SERNAGEOMIN para la aprobación técnica-sectorial por parte de esta autoridad.

#### **4.2.5. Ruido**

- D.S. N° 146/98 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Establece normas sobre niveles máximos permisibles de ruidos molestos generados por fuentes fijas.

### Relación con el Proyecto

Las actividades del Proyecto generarán principalmente ruidos debido a la operación de maquinarias, el tránsito de vehículos y camiones y el funcionamiento del generador de energía eléctrica que se utilizará durante la etapa de operación.

### Cumplimiento

El ruido generado tendrá un radio de influencia en el entorno más próximo al lugar de operación de los equipos y maquinaria. La emisión de ruido no impactará a personas ajenas a la operación minera de Collahuasi, debido a que el asentamiento más próximo es Guatacondo y está ubicado a 35 Km. al oeste del área del Proyecto. En este sentido, los operadores de los equipos contarán con todos los implementos de seguridad personal, incluyendo los de protección contra el ruido, de acuerdo con las normativas de seguridad laboral y prevención de riesgos.

#### **4.2.6. Componentes y Aspectos Ambientales en General**

- D.S. N° 72/86, Reglamento de Seguridad Minera, Ministerio de Minería, modificado recientemente (07/02/2004). Regula la eventual contaminación del aire, aguas y suelos como producto de la ejecución de proyectos mineros. Actúa como organismo fiscalizador el Servicio Nacional de Geología y Minería Regional.

### Relación con el Proyecto

El Proyecto corresponde a un proyecto de explotación de minerales.

### Cumplimiento

El Proyecto minero será sometido a aprobación técnica por parte del SERNAGEOMIN.

## **CAPÍTULO 5: PERTINENCIA DE UNA DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL**

Conforme a los Artículos 9 y 11 de la Ley 19.300, los proyectos o actividades que deben someterse al SEIA requerirán la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental si generan o presentan alguno de los efectos, características o circunstancias señalados en el Artículo 11. Similar disposición está contenida en el artículo 4 del Reglamento del SEIA, el que señala que el titular de un proyecto o actividad de los comprendidos en su artículo 3° deberá presentar una Declaración de Impacto Ambiental, salvo que dicho proyecto o actividad genere o presente alguno de los efectos, características o circunstancias contemplados en el artículo 11 de la Ley y en los artículos 5 a 11 del Reglamento, en cuyo caso deberá presentar un EIA.

A continuación se presenta el análisis de los artículos 5 al 11 del Reglamento, a objeto de verificar que el Proyecto “Explotación Depósito Huiniquintipa Este Fase V” no genera o presenta ninguno de los efectos, características o circunstancias que constituyen motivo de sometimiento al SEIA mediante la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental.

### **5.1. ARTÍCULO 5**

**El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad genera o presenta riesgo para la salud de la población debido a la cantidad y calidad de los efluentes, emisiones o residuos que genera o produce.**

A objeto de evaluar el riesgo a que se refiere el inciso anterior, se considerará:

**a) lo establecido en las normas primarias de calidad ambiental y de emisión vigentes. A falta de tales normas, se utilizarán como referencia las vigentes en el Estado que se señala en el artículo 7 del presente Reglamento.**

#### Efluentes Líquidos

El Proyecto no descargará residuos líquidos industriales de ningún tipo en ninguna etapa. Por su parte, durante la etapa de preparación, se estima la generación aproximada de 2.8 m<sup>3</sup>/día de aguas servidas (80 L/día/persona). En el área de faena se instalarán baños químicos que serán mantenidos y retirados por una empresa autorizada. Lo mismo sucederá durante la etapa de operación, en donde se generarán aproximadamente 5 m<sup>3</sup>/día de aguas servidas. Además, se contará principalmente con las instalaciones sanitarias de área de la mina Rosario. De acuerdo a ello, el Proyecto no reviste riesgo para la salud de la población en lo que se refiere a efluentes.

#### Emisiones Atmosféricas

Las actividades de preparación del rajo serán transitorias y de corta duración, generarán emisiones reducidas de material particulado y gases de combustión, básicamente debido a la circulación de vehículos, movimientos de tierra y traslado de personal y materiales. Del mismo modo, durante la etapa de operación, el camino y los frentes de trabajo que lo requieran serán

humectados para minimizar la emisión de polvo. En consecuencia, el Proyecto no reviste riesgo para la salud de la población en lo que se refiere a emisiones atmosféricas y calidad del aire.

### Residuos

Durante la fase de preparación se generarán residuos sólidos domésticos (restos de comida, envases y envoltorios de comidas), cuya cantidad se ha estimado aproximadamente en 27 kg/día y una cantidad menor de residuos industriales inertes de construcción. Estos residuos serán recolectados, dispuestos y manejados según los sistemas de manejo que posee Collahuasi en sus instalaciones.

Durante la etapa de operación del proyecto se estima una generación de aproximadamente en 47 kg/día de residuos sólidos domésticos. En caso de generarse residuos peligrosos, éstos serán manejados de acuerdo al Plan de Manejo que posee Collahuasi y que ha sido entregado a las autoridades. Por tanto, el Proyecto no reviste riesgo para la salud de la población en lo que se refiere a residuos.

#### **b) La composición, peligrosidad, cantidad y concentración de los efluentes líquidos y de las emisiones a la atmósfera.**

De acuerdo a lo señalado en el punto anterior, el Proyecto no ocasionará riesgo para la salud de la población debido a la composición, peligrosidad, cantidad y concentración de los efluentes líquidos y de las emisiones a la atmósfera.

#### **c) La frecuencia, duración y lugar de las descargas de efluentes líquidos y de emisiones a la atmósfera.**

Los efluentes de tipo doméstico, así como las emisiones a la atmósfera se producirán diariamente durante las etapas de preparación y operación del Proyecto. Los residuos se generarán y manejarán en el área de operación del rajo Huiniquinta Este Fase V, disponiéndose de sistemas portátiles para las aguas servidas (baños químicos). Además, se cuenta con los sistemas sanitarios del área de la mina Rosario. En consecuencia, el Proyecto no ocasionará riesgo para la salud de la población debido a la frecuencia, duración y lugar de las descargas de efluentes líquidos y de emisiones a la atmósfera.

#### **d) La composición, peligrosidad y cantidad de residuos sólidos.**

Se anticipa que el proyecto puede generar una pequeña cantidad de residuos sólidos de características peligrosas (aceites de recambio, grasas, filtros usados, huipés, etc), los cuales serán retirados del lugar y manejados en los sistemas autorizados que dispone Collahuasi. Por lo señalado, el Proyecto no ocasionará riesgo para la salud de la población debido a la composición, peligrosidad y cantidad de residuos sólidos.

#### **e) La frecuencia, duración y lugar de manejo de residuos sólidos.**

Los residuos de tipo doméstico y de construcción (inertes) se producirán diariamente durante la fase de preparación y operación del proyecto. En el sector de faena se dispondrá de sistemas portátiles (contenedores) para la acumulación y posterior retiro de los residuos sólidos

domésticos e inertes, los cuales serán retirados del lugar y manejados en los sistemas autorizados que dispone Collahuasi.

Los residuos peligrosos eventualmente generados durante las etapas de preparación y operación del Proyecto, serán incorporados al sistema de manejo de residuos peligrosos de Collahuasi, el cual se encuentra en la etapa de construcción, habiéndose presentado a la autoridad el respectivo Plan de Manejo de Residuos Peligrosos. El Plan de Manejo de Residuos Peligrosos de Collahuasi comprende el transporte y disposición final en instalaciones autorizadas.

En consecuencia, el Proyecto no ocasionará riesgo para la salud de la población debido a la frecuencia, duración y lugar de manejo de los residuos sólidos.

**f) La diferencia entre los niveles estimados de ruido emitido por el Proyecto o actividad y el nivel de ruido de fondo representativo y característico del entorno donde exista población humana permanente.**

Las actividades de preparación y operación del rajo producirán un aumento momentáneo y poco significativo en los niveles de ruido del área, debido a las actividades de movimientos de tierra, montaje de equipos y tránsito vehicular. La población humana más próxima ( Guatacondo) se ubica a 35 km al oeste de las faenas de Collahuasi , por lo que no estará expuesta a las emisiones de ruido. Además, el área en donde se desarrollará el Proyecto corresponde a la actual área de operaciones de depositación de material estéril de la mina Rosario y a un área de un rajo que está en la etapa de cierre .

**g) Las formas de energía, radiación o vibraciones generadas por el Proyecto o actividad.**

El Proyecto no contempla en ninguna de sus fases, la generación de energía, radiaciones o vibraciones que puedan ocasionar o presentar riesgo para la salud de la población.

**h) Los efectos de la combinación y/o interacción conocida de los contaminantes emitidos o generados por el Proyecto o actividad.**

El Proyecto no emitirá ni generará efluentes, emisiones ni residuos que combinados o interactuando entre ellos puedan afectar a la población, tanto en la fase de construcción como de operación.

**Conclusión artículo 5**

*El Proyecto “Explotación Depósito Huinquentipa Este Fase V”, no presentará o generará riesgos para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de los efluentes, emisiones o residuos que generará.*

## 5.2. ARTÍCULO 6

**El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su Proyecto o actividad genera o presenta efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire. A objeto de evaluar los efectos adversos significativos a que se refiere el inciso anterior, se considerará:**

**a) Lo establecido en las normas secundarias de calidad ambiental y de emisión vigentes. A falta de tales normas, se utilizarán como referencia las vigentes en el Estado que se señala en el artículo 7 del presente Reglamento.**

Tal como se señaló en el artículo precedente, el Proyecto no generará efectos adversos significativos debido a emisiones atmosféricas, efluentes o residuos que puedan afectar el suelo, agua o aire.

**b) La composición, peligrosidad, cantidad y concentración de los efluentes líquidos y de las emisiones a la atmósfera.**

Por lo señalado en el artículo precedente, el Proyecto no ocasionará impacto en los recursos naturales renovables debido a la composición, peligrosidad, cantidad y concentración de los efluentes líquidos y de emisiones a la atmósfera.

**c) La frecuencia, duración y lugar de las descargas de efluentes líquidos y de emisiones a la atmósfera.**

Por lo señalado en el artículo precedente, el Proyecto no ocasionará impacto en los recursos naturales renovables debido a la frecuencia, duración y lugar de las descargas de efluentes líquidos y de emisiones a la atmósfera.

**d) La composición, peligrosidad y cantidad de residuos sólidos.**

Por lo señalado en las letras precedentes, el Proyecto no ocasionará impacto en los recursos naturales renovables debido a la composición, peligrosidad y cantidad de residuos sólidos.

**e) La frecuencia, duración y lugar del manejo de residuos sólidos.**

Por lo señalado en las letras y artículo precedente, el Proyecto no ocasionará impacto en los recursos naturales renovables debido a la frecuencia, duración y lugar de manejo de los residuos sólidos.

**f) La diferencia entre los niveles estimados de inmisión de ruido con Proyecto o actividad y el nivel de ruido de fondo representativo y característico del entorno donde se concentre fauna nativa asociada a hábitats de relevancia para su nidificación, reproducción o alimentación.**

El área en que se desarrollará el Proyecto corresponde a un área de actuales operaciones mineras, incluida en el área de depositación de material estéril de la mina Rosario, por lo que se trata de un área ya intervenida. Además, el ruido que se generará por las futuras operaciones de proyecto, es de menor intensidad al que se genera actualmente por las operaciones de la mina Rosario.

**g) Las formas de energía, radiación o vibraciones generadas por el Proyecto o actividad.**

El Proyecto no generará formas de energía, radiación o vibraciones que pudiera afectar de manera adversa y significativa la cantidad y calidad de recursos naturales renovables. El área en que se desarrollará el Proyecto corresponde a un área de actuales operaciones mineras, incluida en el área de depositación de material estéril de la mina Rosario, por lo que se trata de un área ya intervenida. Las vibraciones generadas por las tronaduras que se efectuarán en el nuevo rajo serán de menor intensidad que las efectuadas actualmente por la operación de la mina Rosario.

**h) Los efectos de la combinación y/o interacción conocida de los contaminantes emitidos y/o generados por el Proyecto o actividad.**

El Proyecto no emitirá ni generará en ninguna de sus fases (pre-producción, producción y término de actividades), efluentes, emisiones ni residuos con contaminantes que combinados o interactuando entre ellos puedan afectar la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables.

**i) La relación entre las emisiones de los contaminantes generados por el Proyecto o actividad y la calidad ambiental de los recursos naturales renovables.**

Por lo señalado en las letras precedentes, el Proyecto no generará emisiones de contaminantes que puedan afectar la calidad ambiental de recursos naturales renovables.

**j) La capacidad de dilución, dispersión, autodepuración, asimilación y regeneración de los recursos naturales renovables presentes en el área de influencia del Proyecto o actividad.**

El Proyecto no generará emisiones o residuos que requieran capacidad de dilución, dispersión, autodepuración, asimilación y regeneración por parte de los recursos naturales renovables presentes en el área. En efecto: (i) el Proyecto no generará emisiones atmosféricas que puedan afectar significativamente la calidad del aire y requieran capacidad de dispersión atmosférica; (ii) el Proyecto no contempla la descarga de residuos líquidos al ambiente que requieran capacidad de dilución o autodepuración.

Además, el área en que se desarrollará el Proyecto corresponde a un área de actuales operaciones mineras, incluida en el área de depositación de material estéril de la mina Rosario, por lo que se trata de un área ya intervenida, que cuenta con la autorización ambiental para recibir el material estéril de la mina Rosario.

**k) La cantidad y superficie de vegetación nativa intervenida y/o explotada, así como su forma de intervención y/o explotación.**

No es aplicable a este proyecto ya que el área en que se desarrollará el Proyecto corresponde a un área de actuales operaciones mineras, incluida en el área de depositación de material estéril de la mina Rosario, por lo que se trata de un área ya intervenida y que cuenta con la autorización ambiental para recibir el material estéril de la mina Rosario.

**l) La cantidad de fauna silvestre intervenida y/o explotada, así como su forma de intervención y/o explotación.**

No es aplicable a este proyecto ya que el área en que se desarrollará el Proyecto corresponde a un área de actuales operaciones mineras, incluida en el área de depositación de material estéril de la mina Rosario, por lo que se trata de un área ya intervenida y que cuenta con la autorización ambiental para recibir el material estéril de la mina Rosario.

**m) El estado de conservación en que se encuentren especies de flora o de fauna a extraer, explotar, alterar o manejar, de acuerdo a lo indicado en los listados nacionales de especies en peligro de extinción, vulnerables, raras o insuficientemente conocidas.**

No es aplicable a este proyecto ya que el área en que se desarrollará el proyecto corresponde a un área de actuales operaciones mineras, incluida en el área de depositación de material estéril de la mina Rosario, por lo que se trata de un área ya intervenida y que cuenta con la autorización ambiental para recibir el material estéril de la mina Rosario.

**n) El volumen, caudal y/o superficie, según corresponda, de recursos hídricos a intervenir y/o explotar en:**

- n.1 vegas y/o bofedales ubicados en las Regiones I y II, que pudieren ser afectadas por el ascenso o descenso de los niveles de aguas subterráneas;**
- n.2 áreas o zonas de humedales que pudieren ser afectadas por el ascenso o descenso de los niveles de aguas subterráneas o superficiales;**
- n.3 cuerpos de aguas subterráneas que contienen aguas milenarias y/o fósiles;**
- n.4 una cuenca o subcuenca hidrográfica transvasada a otra; o**
- n.5 lagos o lagunas en que se generen fluctuaciones de niveles.**

El Proyecto no extraerá recursos hídricos en ninguno de los sectores indicados en los párrafos anteriores.

El caudal estimado que se extraerá desde el rajo, producto de las actividades de desaguado del mismo, se ha estimado entre 0.2 y 2 L/s, los cuales se estiman no modificarán los caudales superficiales de la quebrada Huinquantipa y de la quebrada San Daniel, únicas quebradas que presentan escurrimientos superficiales en el área de Rosario. Además, es necesario considerar que transcurrido un mes de la explotación del rajo Huinquantipa Este Fase V, habrá cesado la operación en los rajes Huinquantipa Este Fases II, III y IV, y por lo tanto el desaguado desde estos rajes y cuyo valor sobrepasa el caudal pasante por el rajo Huinquantipa Este Fase V.

Finalmente, los monitoreos de caudal efectuados en la quebrada Huinquantipa (QDH-2) no muestran afectación del caudal superficial durante el año 2006, año de operación de 1 rajo Huinquantipa Este Fase I. Del mismo modo, durante el año 2007 no se ha observado afectación en el caudal superficial en QDH -2 debido a la operación de los rajes Huinquantipa Este Fases II y III y a la puesta en marcha de la explotación de 1 rajo Huinquantipa Este Fase IV. Por lo tanto, no se anticipa efecto alguno por la entrada en operaciones de 1 rajo Huinquantipa Este Fases V.

No obstante lo anterior, Collahuasi mantiene el compromiso de mitigar las aguas de la quebrada Huinquentipa en caso de déficit en su caudal, como se indica en el punto 5.4 de la RCA N°167/2001 del EIA Proyecto Expansión 110 ktpd Planta Concentradora Collahuasi: “La apertura y profundización del rajo Rosario, puede generar un efecto de drenaje por afloramiento del agua subterránea en las paredes y fondo del rajo, atrayendo flujos y abatiendo los niveles de agua subterránea circundante. Consecuentemente, si eventualmente se podría afectar el caudal superficial de la quebrada, el proyecto original contempla la siguiente medida de mitigación al respecto:

- Recargar artificialmente, con aguas de calidad similar, el cauce de la Quebrada Huinquentipa con agua fresca extraída de pozos, de modo de mantener el flujo superficial dentro de los rangos normales.

**ñ) las alteraciones que pueda generar sobre otros elementos naturales y/o artificiales del medio ambiente la introducción al territorio nacional de alguna especie de flora o de fauna; así como la introducción al territorio nacional, o uso, de organismos modificados genéticamente o mediante otras técnicas similares.**

El Proyecto no contempla la introducción al territorio nacional de ninguna especie de flora o fauna u organismos modificados genéticamente o mediante otras técnicas similares.

**o) La superficie de suelo susceptible de perderse o degradarse por erosión, compactación o contaminación.**

El Proyecto se desarrollará en el área de las actuales operaciones mineras de la mina Rosario, específicamente en el área de depositación de material estéril de la mina Rosario, por lo que se trata de un área ya intervenida y que cuenta con la autorización ambiental.

**p) La diversidad biológica presente en el área de influencia del Proyecto o actividad, y su capacidad de regeneración.**

El Proyecto se desarrollará en el área de las actuales operaciones mineras de la mina Rosario, específicamente en el área de depositación de material estéril de la mina Rosario, por lo que se trata de un área ya intervenida y que cuenta con la autorización ambiental.

### **Conclusión artículo 6**

*El Proyecto “Explotación Depósito Huinquentipa Este Fase V”, no presentará adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua, aire.*

---

### 5.3. ARTÍCULO 8

**El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su Proyecto o actividad genera reasentamiento de comunidades humanas o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos. A objeto de evaluar si el Proyecto o actividad genera reasentamiento de comunidades humanas, se considerará el desplazamiento y reubicación de grupos humanos que habitan en el área de influencia del Proyecto o actividad, incluidas sus obras y/o acciones asociadas. Asimismo, a objeto de evaluar si el Proyecto o actividad genera alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos, se considerará el cambio producido en las siguientes dimensiones que caracterizan dicho sistema de vida:**

- a) **Dimensión geográfica, consistente en la distribución de los grupos humanos en el territorio y la estructura espacial de sus relaciones, considerando la densidad y distribución espacial de la población; el tamaño de los predios y tenencia de la tierra; y los flujos de comunicación y transporte.**
- b) **Dimensión demográfica, consistente en la estructura de la población local por edades, sexo, rama de actividad, categoría ocupacional y status migratorio, considerando la estructura urbano rural; la estructura según rama de actividad económica y categoría ocupacional; la población económicamente activa; la estructura de edad y sexo; la escolaridad y nivel de instrucción; y las migraciones.**
- c) **Dimensión antropológica, considerando las características étnicas; y las manifestaciones de la cultura, tales como ceremonias religiosas, peregrinaciones, procesiones, celebraciones, festivales, torneos, ferias y mercados.**
- d) **Dimensión socio-económica, considerando el empleo y desempleo; y la presencia de actividades productivas dependientes de la extracción de recursos naturales por parte del grupo humano, en forma individual o asociativa.**
- e) **Dimensión de bienestar social básico, relativo al acceso del grupo humano a bienes, equipamiento y servicios, tales como vivienda, transporte, energía, salud, educación y sanitarios.**

El Proyecto no implica el reasentamiento de comunidades humanas. El Proyecto se localiza en el área actual de operaciones de Collahuasi (mina Rosario), en un área rural, a 35 km de la población establecida más próxima ( Guatacondo), sin que se requiera ningún tipo de interacción con ella.

En consecuencia, no se prevé la alteración de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos, en ninguna de las dimensiones señaladas en el presente artículo.

---

### **Conclusión artículo 8**

*El Proyecto no generará reasentamiento de comunidades humanas o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos.*

### **5.4. ARTÍCULO 9**

**El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su Proyecto o actividad se localiza próximo a población, recursos y áreas protegidas susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar. A objeto de evaluar si el Proyecto o actividad se localiza próximo a población, recursos o áreas protegidas susceptibles de ser afectados, se considerará:**

**a) La magnitud o duración de la intervención o emplazamiento del Proyecto o actividad en o alrededor de áreas donde habite población protegida por leyes especiales.**

El Proyecto no se ubica próximo a población protegida por leyes especiales.

**b) La magnitud o duración de la intervención o emplazamiento del Proyecto o actividad en o alrededor de áreas donde existen recursos protegidos en forma oficial.**

El Proyecto no se emplaza en un área protegida en forma oficial.

**c) La magnitud o duración de la intervención o emplazamiento del Proyecto o actividad en o alrededor de áreas protegidas o colocadas bajo protección oficial.**

El Proyecto no se emplaza en un área protegida o colocada bajo protección oficial.

### **Conclusión artículo 9**

*El Proyecto no se localiza próximo a población, recursos y áreas protegidas susceptibles de ser afectados, y no afectará el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar.*

### **5.5. ARTÍCULO 10**

**El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su Proyecto o actividad genera alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona. A objeto de evaluar si el Proyecto o actividad, en cualquiera de sus etapas, genera o presenta alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona, se considerará:**

**a) La duración o la magnitud en que se obstruye la visibilidad a zonas con valor paisajístico.**

**b) La duración o la magnitud en que se alteren recursos o elementos del medio ambiente de zonas con valor paisajístico o turístico.**

**c) La duración o la magnitud en que se obstruye el acceso a los recursos o elementos del medio ambiente de zonas con valor paisajístico o turístico.**

**d) La intervención o emplazamiento del Proyecto o actividad en un área declarada zona o centro de interés turístico nacional, según lo dispuesto en el Decreto Ley N° 1.224 de 1975.**

El Proyecto no se emplaza en un área declarada zona o centro de interés turístico nacional, según lo dispuesto en el Decreto Ley N°1.224 de 1975. El Proyecto habilitará obras que no obstruirán la visibilidad de la zona costera con valor paisajístico, ni obstruirán el acceso a recursos o elementos del medio ambiente de este tipo de zonas. En consecuencia, el Proyecto no generará una alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de la zona.

**Conclusión artículo 10**

*El Proyecto no generará ni presentará alteración, en términos de magnitud y duración, del valor paisajístico o turístico de la zona, puesto que en su área de influencia no existen zonas de este tipo.*

**5.6. ARTÍCULO 11**

**El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su Proyecto o actividad genera o presenta alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico, y en general los pertenecientes al patrimonio cultural. A objeto de evaluar si el Proyecto o actividad, respecto a su área de influencia, genera o presenta alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural, se considerará:**

**a) La proximidad a algún Monumento Nacional de aquellos definidos por la Ley 17.288.**

El Proyecto no tiene proximidad a Monumentos Nacionales definidos por la Ley 17.288.

**b) La magnitud en que se remueva, destruya, excave, traslade, deteriore o se modifique en forma permanente algún Monumento Nacional de aquellos definidos por la Ley 17.288.**

El Proyecto no requiere remover, destruir, excavar, trasladar, deteriorar o modificar algún Monumento Nacional.

**c) La magnitud en que se modifique o deteriore en forma permanente construcciones, lugares o sitios que por sus características constructivas, por su antigüedad, por su valor científico, por su contexto histórico o por su singularidad, pertenecen al patrimonio cultural**  
No se han registrado sitios o elementos arqueológicos e históricos en el área del Proyecto. No obstante, ante cualquier hallazgo de elementos pertenecientes al patrimonio cultural que pudiera ser encontrado producto de las labores de construcción, se dará aviso a las autoridades pertinentes y se procederá según lo establece la normativa vigente.

**d) La proximidad a lugares o sitios en que se lleven a cabo manifestaciones propias de la cultura o folclore de algún pueblo, comunidad o grupo humano.**

---

En el área donde de desarrollará el Proyecto no existen lugares o sitios donde se lleven a cabo manifestaciones de la cultura o folclore de algún pueblo, comunidad o grupo humano.

**Conclusión artículo 11**

*El Proyecto no generará o presentará alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.*

**5.7. CONCLUSIÓN**

De acuerdo al análisis realizado en las secciones precedentes, se concluye que el Proyecto “Explotación Depósito Huinquentipa Este Fase V” no generará o presentará ninguno de los efectos, características o circunstancias señalados en el artículo 11 de la Ley 19.300, y en los Artículos 5 al 11 del Reglamento del SEIA, que amerite la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental. Por lo tanto, resulta procedente el ingreso al SEIA a través de una Declaración de Impacto Ambiental (de acuerdo al Artículo 3 letra i) del Reglamento del SEIA), bajo la forma de una declaración jurada, en la cual se expresa que el Proyecto cumple con la legislación ambiental vigente.



---

## **CAPÍTULO 6: PERMISOS AMBIENTALES SECTORIALES**

De acuerdo con lo que indica el Artículo N° 16 del D.S. 95, la DIA debe acompañar la documentación y los antecedentes para acreditar el cumplimiento de los requisitos y contenidos de los permisos ambientales sectoriales contemplados en los artículos del Título VII de dicha normativa.

En relación a lo establecido en el Art. N°16, se realizó un análisis de los artículos señalados precedentemente y la empresa cuenta con los permisos para la disposición de aguas servidas y disposición de residuos sólidos.

Sobre la base de lo señalado, se identificó como permiso ambiental sectorial aplicable al Proyecto de Explotación Depósito Huinquentipa Este Fase V, el correspondiente al Art. N° 88 que permite el establecimiento de estériles a que se refiere el artículo 318 del D.S. N° 72/85 del Ministerio de Minería, Reglamento de Seguridad Minera. Los requisitos de este artículo se identifican en la Tabla N°15 siguiente.

**Tabla N° 15: Permisos Ambientales Sectoriales**

<p><b>Artículo 88.</b> Permiso para establecer un apilamiento de residuos mineros a que se refiere el inciso 2° del artículo 233 y botaderos de estériles a que se refiere el artículo 318, ambos del D.S. N° 72/85 del Ministerio de Minería, Reglamento de Seguridad Minera.</p> <p>Nota: El permiso señalado en el artículo 88 del Reglamento del SEIA, fue modificado por el DS 132/2002. No obstante los requisitos para la obtención del permiso son los mismos.</p>	<p>SERNAGEOMIN</p>	<p>En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas apropiadas para el adecuado drenaje natural o artificial, que evite el arrastre del material depositado, para lo que será necesario presentar la descripción del plan indicado:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Suelo, considerando la descripción del uso del suelo, de su capacidad de uso, clasificación según aptitud y características edafológicas. Además deberá indicarse si se encuentra regulado por algún instrumento de planificación territorial o si forma parte de un área bajo protección oficial.</li> <li>b) Subsuelo, considerando su estratigrafía y permeabilidad.</li> <li>c) Calidad del aire, clima y/o meteorología, considerando niveles de material particulado y otros contaminantes atmosféricos relevantes, así como temperatura, humedad, precipitaciones y vientos.</li> <li>d) Geología y geomorfología, considerando riesgos de remoción en masa, riesgos volcánicos, geomorfológicos y sísmicos, en relación a estructuras geológicas, así como las condiciones de superficie.</li> <li>e) Hidrogeología e hidrología, considerando la eventual perturbación de flujos de agua subterránea o superficial, ya sea por contaminación o por uso, incluyendo un plano de la hoya hidrográfica involucrada, que contenga la identificación de zonas habitadas.</li> </ul> <p>Todos estos antecedentes, que ya fueron evaluados en el EIA del proyecto original de explotación, se complementan en el Anexo A y Anexo C de este documento.</p>
--	--------------------	--

En relación al sistema de depositación de material estéril diseñado para el Proyecto, Collahuasi presentará los antecedentes técnicos correspondientes para ser evaluados por el SERNAGEOMIN en el momento oportuno.



## **CAPÍTULO 7: COMPROMISOS AMBIENTALES VOLUNTARIOS**

Dadas las características y ubicación del proyecto “Explotación Depósito Huinquentipa Este Fase V” de Collahuasi, la ejecución del mismo no considera compromisos ambientales de carácter voluntario.



## **CAPÍTULO 8: FIRMA DE LA DECLARACIÓN**

En la representación en que comparezco, bajo juramento declaro que, en base a los antecedentes presentados, Cía. Minera Doña Inés de Collahuasi SCM cumple con la normativa ambiental vigente aplicable a la ejecución del proyecto “Explotación Depósito Huiniquinta Este Fase V”.

Juan Carlos Palma Irrázaval  
RUT 5.134.497-9

Firmado en Iquique , 29 de Mayo de 2008.

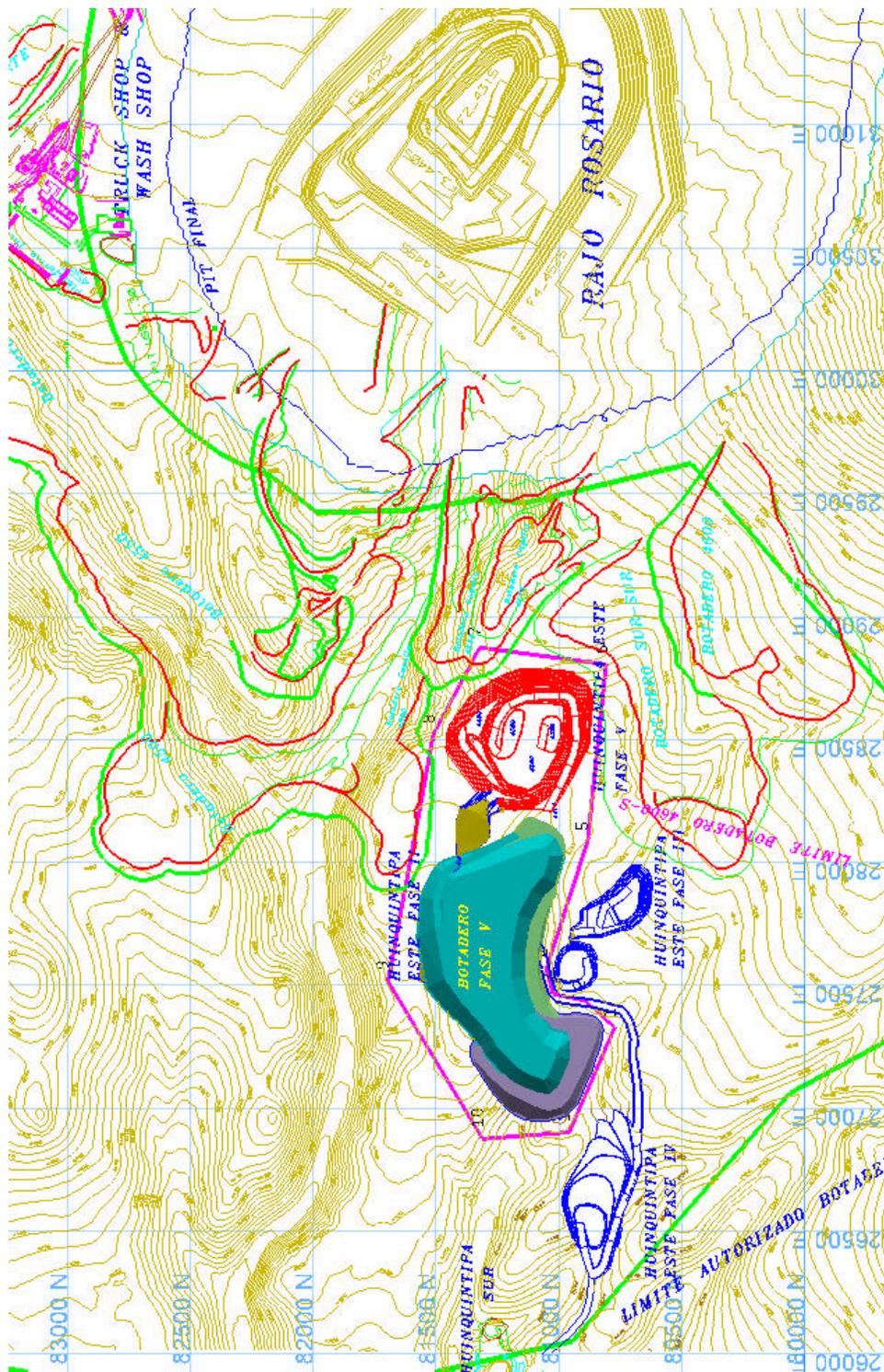


## FIGURAS



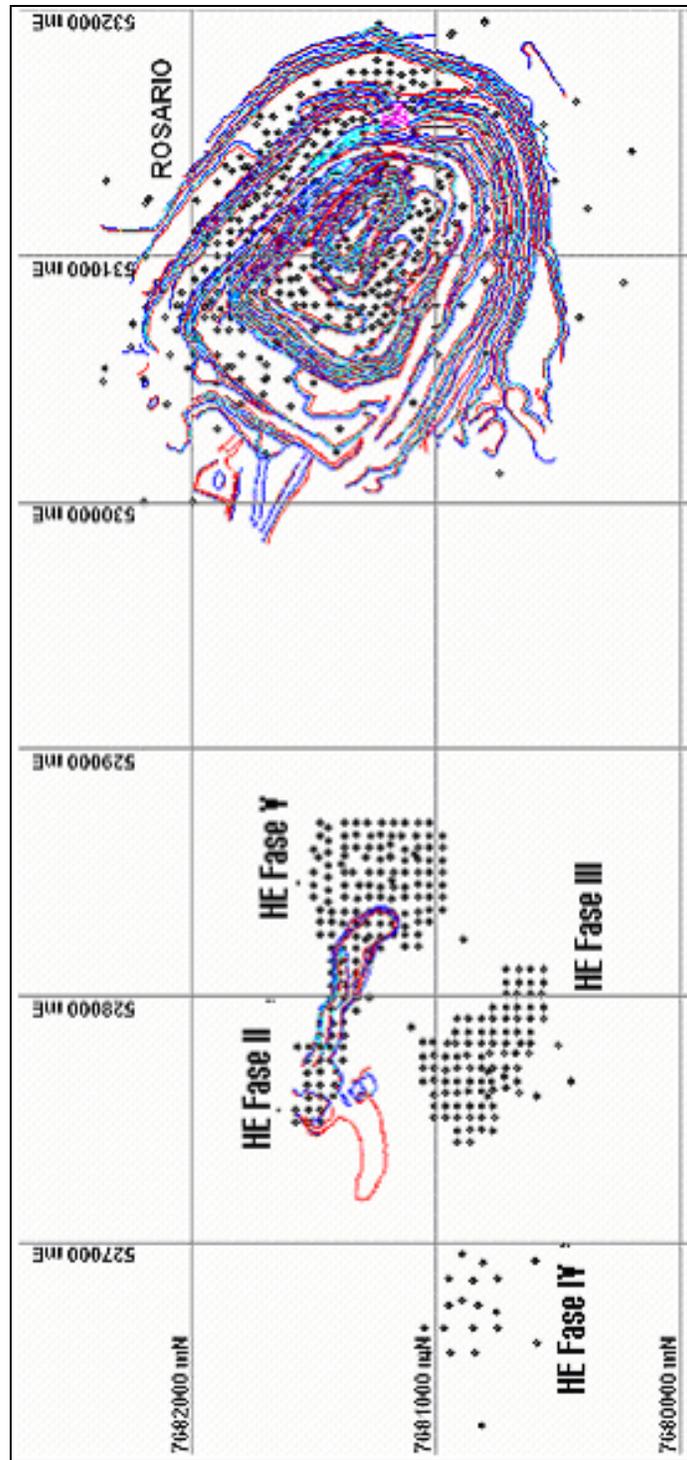
**FIGURA N°1**  
**Ubicación Regional del Proyecto**

**Declaración de Impacto Ambiental**  
**Proyecto Explotación Depósito Huinquentipa Este FaseV**  
**Mayo de 2008**



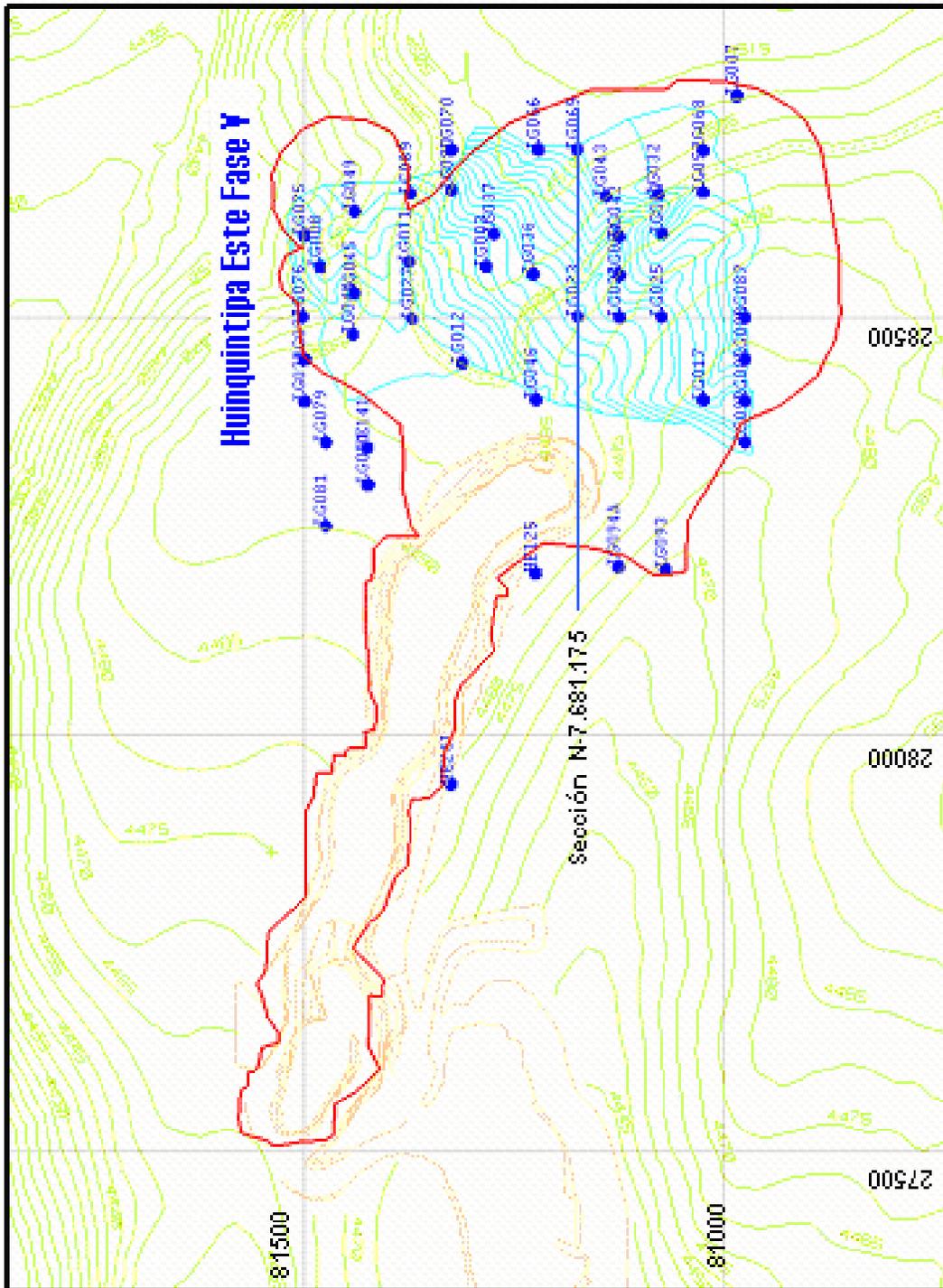
**FIGURA N°2**  
Ubicación específica del Proyecto dentro del Área Industrial del Rajo Rosario

Declaración de Impacto Ambiental  
Proyecto Explotación Depósito Huinquantipa Este FaseV  
Mayo de 2008



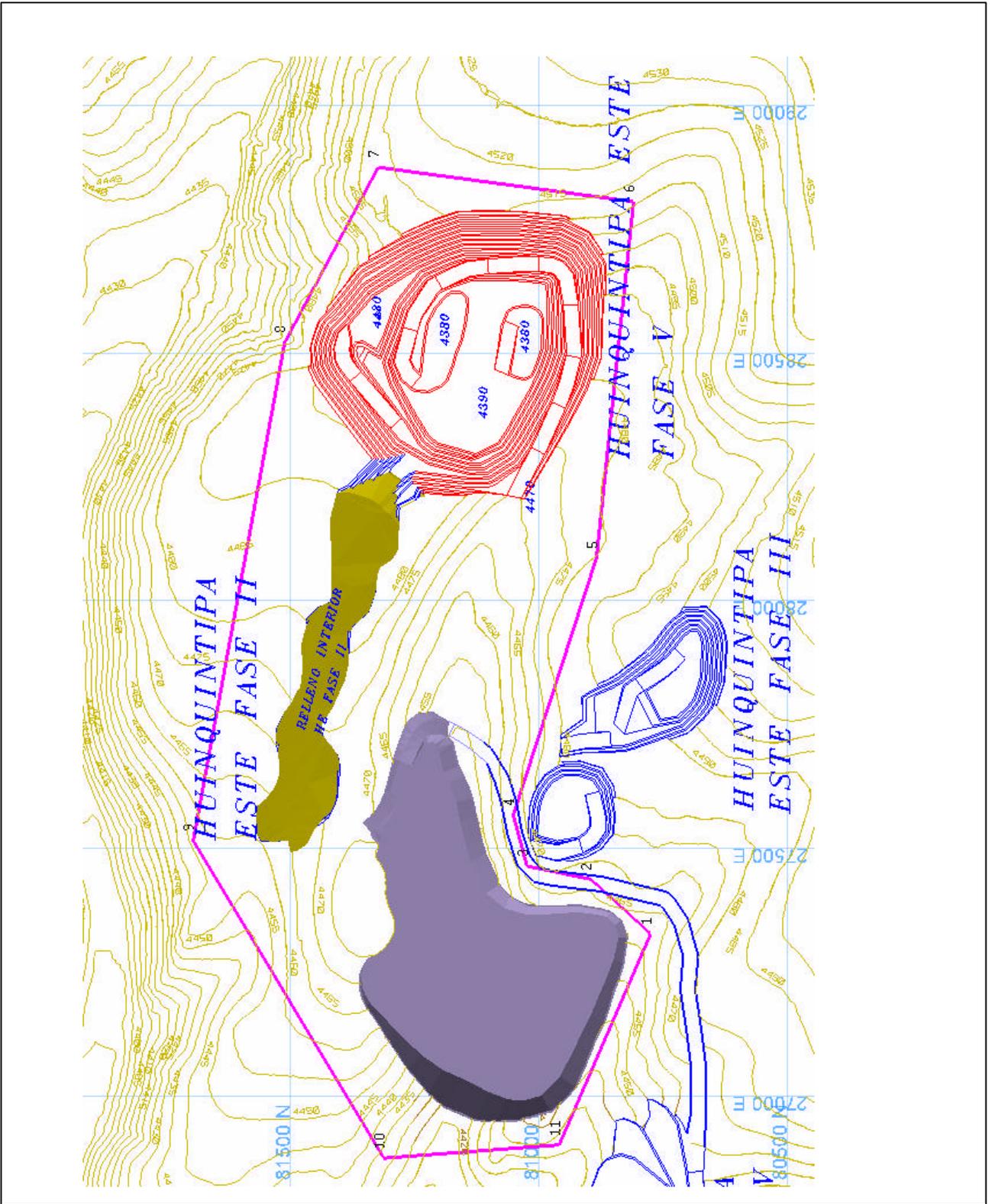
**FIGURA N°3**  
Ubicación General de Pozos de Exploración

Declaración de Impacto Ambiental  
Proyecto Explotación Depósito Huinquentipa Este FaseV  
Mayo de 2008



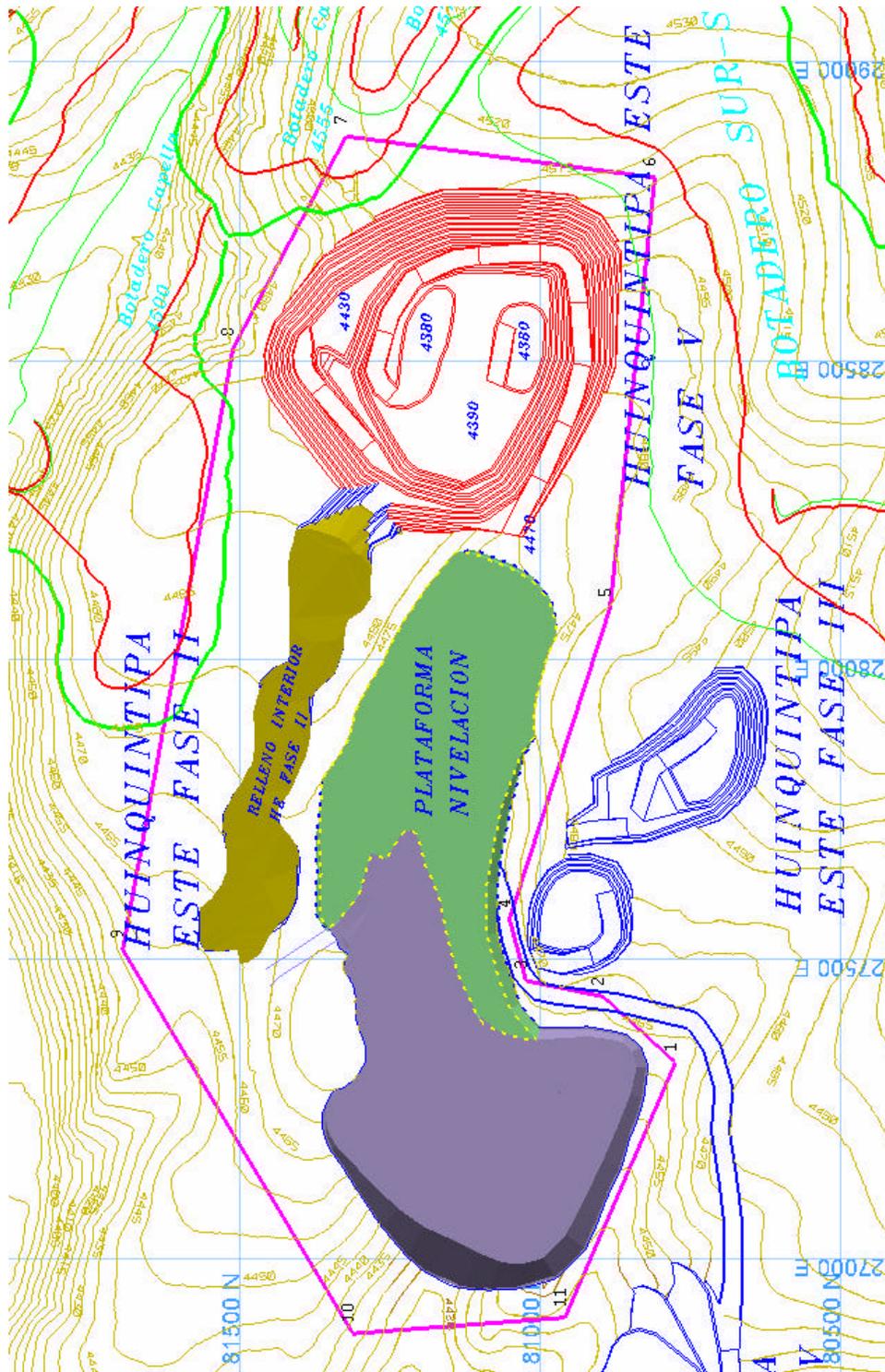
**FIGURA N°4**  
Ubicación de Pozos de Exploración utilizados para análisis hidrogeológico en el rajo Huiniquipa Este Fase V

Declaración de Impacto Ambiental  
Proyecto Explotación Depósito Huiniquipa Este FaseV  
Mayo de 2008



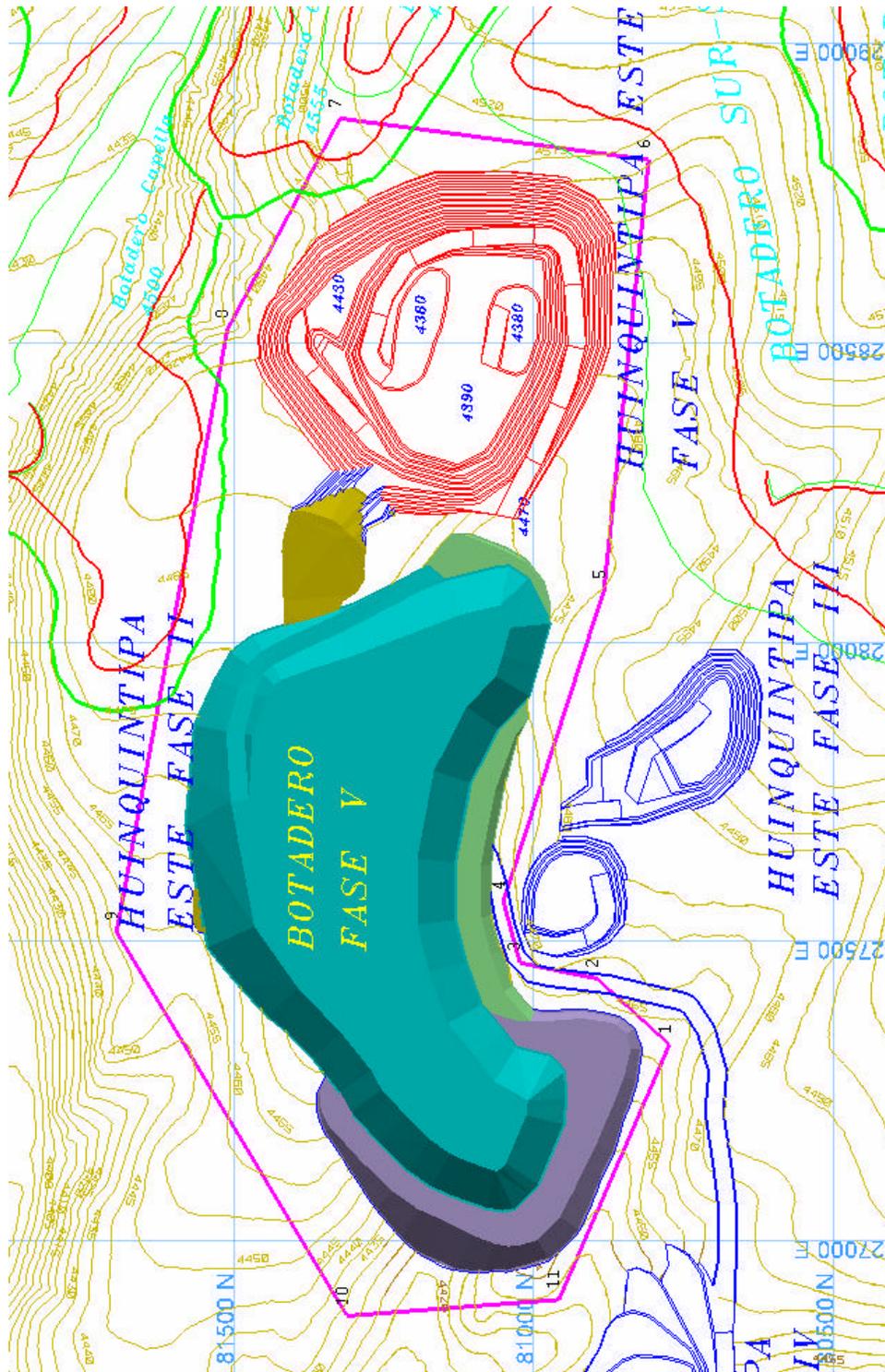
**FIGURA N°5**  
**Diseño rajo HE fase V y sistema de deposición de estéril**  
**Sitios 2 de deposición de material estéril**  
**Interior rajo Huinquantipa Este Fase II**

**Declaración de Impacto Ambiental**  
**Proyecto Explotación Depósito Huinquantipa Este FaseV**  
**Mayo de 2008**



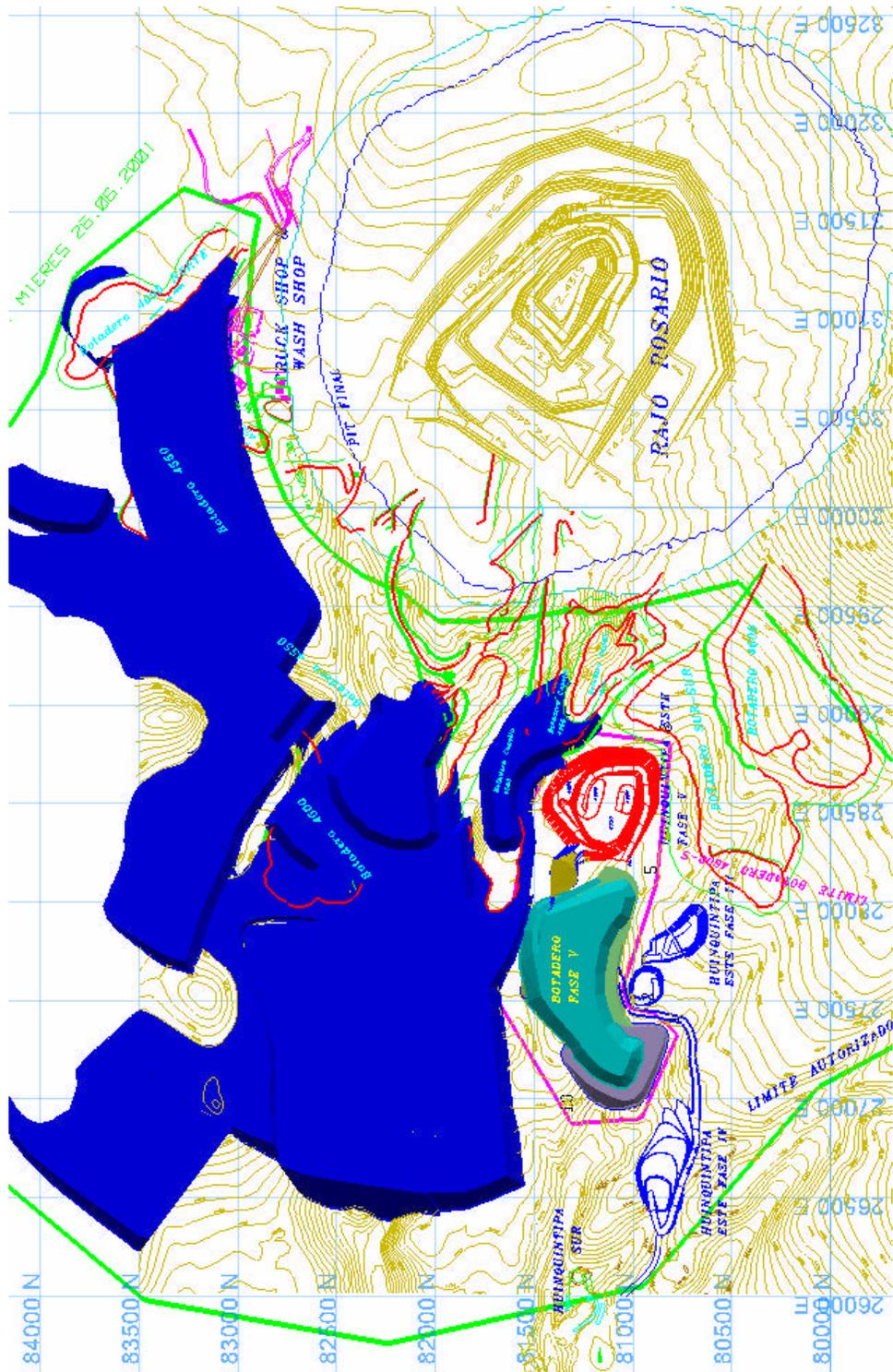
**FIGURA N°6**  
**Diseño rajo HE fase V y sistema de deposición de estéril**  
**Sitios 2 de deposición de material estéril**  
**Plataforma de nivelación**

**Declaración de Impacto Ambiental**  
**Proyecto Explotación Depósito Huinquantipa Este FaseV**  
**Mayo de 2008**



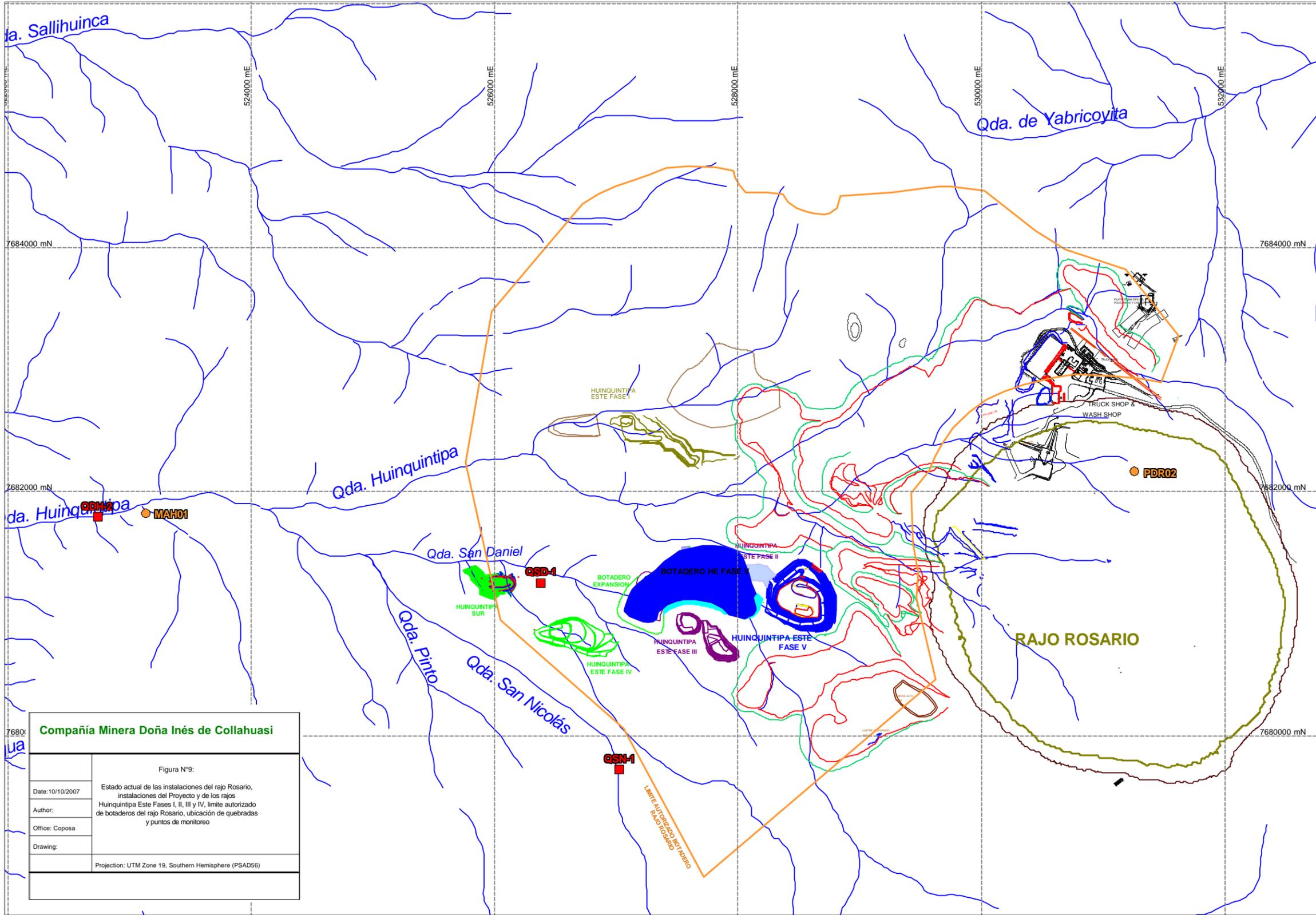
**FIGURA N°7**  
 Diseño rajo HE fase V y sistema de deposición de estéril  
 Sitios 2 de deposición de material estéril  
 Botadero

Declaración de Impacto Ambiental  
 Proyecto Explotación Depósito Huinquentipa Este FaseV  
 Mayo de 2008



**FIGURA N°8**  
 Avance futuro de botaderos rajo Rosario y de instalaciones del Proyecto, al año 2010

Declaración de Impacto Ambiental  
 Proyecto Explotación Depósito Huinquentipa Este FaseV  
 Mayo de 2008



<b>Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi</b>	
Figura N°9:	
Date: 10/10/2007	Estado actual de las instalaciones del rajo Rosario, instalaciones del Proyecto y de los rajos Huinquantipa Este Fases I, II, III y IV, limite autorizado de botaderos del rajo Rosario, ubicación de quebradas y puntos de monitoreo
Author:	
Office: Coposa	
Drawing:	
Projection: UTM Zone 19, Southern Hemisphere (PSAD56)	



**ANEXO A**

**EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DE ESTABILIDAD RAJO  
HUIQUINTIPA ESTE FASE V**



COMPAÑÍA MINERA DOÑA INÉS DE COLLAHUASI SCM  
GERENCIA DE GEOLOGÍA  
SUPERINTENDENCIA GEOTECNIA

---

# **EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DE ESTABILIDAD RAJO**

## **HUINQUINTIPA ESTE FASE V**

---



# SGT-INF-085

<b>FECHA</b>	<b>08 DE OCTUBRE DE 2007</b>
<b>TITULO INFORME</b>	<b>EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DE ESTABILIDAD RAJO HUINQUINTIPA ESTE FASE V</b>
<b>IDENTIFICACION</b>	<b>SGT-INF-085</b>
<b>CONTENIDO</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. RESUMEN DEL ESTUDIO</li> <li>2. CONCLUSIONES &amp; RECOMENDACIONES</li> <li>3. INTRODUCCIÓN</li> <li>4. OBJETIVOS</li> <li>5. ALCANCES</li> <li>6. GENERALIDADES DEL ESTUDIO</li> <li>7. RESULTADOS</li> </ol>
<b>ANEXOS</b>	<p><b>ANEXO 1:</b> RESULTADOS ANÁLISIS ESTABILIDAD A NIVEL BANCO BERMA</p> <p><b>ANEXO 2:</b> RESULTADOS ANÁLISIS ESTABILIDAD A NIVEL INTER-RAMPA Y GLOBAL</p>
<b>PREPARADO POR:</b>	<b>EUGENIO SANTANDER A./MARIO PEÑA</b> INGENIERO GEOTÉCNICO SENIOR/ INGENIERO GEOTÉCNICO
<b>REVISADO POR:</b>	<b>EUGENIO SANTANDER A</b> INGENIERO GEOTÉCNICO SENIOR
<b>APROBADO POR:</b>	<b>ANTONIO BONANI R.</b> SUPERINTENDENTE GEOTECNIA
<b>DISTRIBUCION</b>	C. ROJAS, J. CAMACHO, G. URRUTIA, M. QUIÑONES, O. ROJAS, O. LEAL, M. RIVEROS, I. ROMERO, F. GALLARDO



## I. RESUMEN EJECUTIVO

Se realizó una evaluación geomecánica de estabilidad del **Rajo Huinquantipa Este Fase V (Capella Este)** en sus 3 Fases para una vida útil que se extiende desde el año 2008 hasta el año 2010.

Los resultados del análisis consideran la experiencia recopilada hasta el día de hoy con aquellas rocas y suelos (principalmente gravas) encontrados en los actuales desarrollos mineros de los proyectos Huinquantipa Este Fase II y Fase III ubicados en las proximidades de este sector y adicionalmente de aquella información de sondajes geotécnicos y geológicos realizados dentro del área, cuyos datos han permitido establecer en conjunto una adecuada **“caracterización Geotécnica de los materiales (rocas y suelos) más probables de encontrar en el sector”**.

Finalmente, la información hidrogeológica existente del sector obtenida a través de pozos de observación y piezométricos permitió delinear los niveles freáticos que posteriormente fueron utilizados dentro del análisis de estabilidad como condiciones de borde. Se considera que los niveles freáticos no se deprimen en el tiempo durante la vida útil de la Mina.

La evaluación de las propiedades resistentes de la roca intacta, fue definida utilizando ensayos de laboratorio<sup>[1]</sup> para algunas de las unidades litológicas definidas en el sector (Unidad Sedimentaria) y ensayos de carga puntual para las unidades volcánicas. La estimación de la frecuencia y condición de las estructuras fue definida inicialmente a través del mapeo geotécnico de sondajes y ajustado a partir del levantamiento geotécnico de los bancos actualmente expuestos en Fases II y III de Huinquantipa Este.

El análisis geotécnico a escala banco berma se realizó mediante análisis cinemático con toda aquella información estructural levantada e interpretada en el área de interés para fallamientos que potencialmente podrían generarse con control estructural. Para fallamientos circulares a nivel de banco se aprovecho la caracterización geotécnica realizada a partir de análisis de equilibrio límite y particularmente ajustado con aquellas condiciones de borde que han sido medidas durante el desarrollo de los primeros bancos en los rajos de Huinquantipa Este Fase II y III, y donde particularmente se ha excavado materiales tipo suelo formados fundamentalmente por gravas bien consolidadas clasto soportadas con cementos de óxidos de cobre. Para ambos casos, los resultados del análisis cinemático a escala banco berma (que establecen en primera instancia una pérdida promedio de berma producto de eventuales inestabilidades generables a nivel de banco) fueron complementados con la simulación numérica de anchos mínimos de bermas que son necesarias de mantener dentro del diseño para poder contener rocas que podrían caer desde el mismo banco o desde bancos superiores.



[1] Se realizaron ensayos de propiedades índice, resistencia a la compresión uniaxial y triaxial.

Por otro lado, la evaluación geomecánica de estabilidad a nivel Inter-rampa y global se realizó a partir de técnicas de equilibrio límite mediante modelos bidimensionales trazados de manera representativa en paredes del rajo por año durante el período 2008-2010. Estos resultados fueron evaluados considerando los criterios de aceptabilidad definidos para cada escala de análisis y según la potencial infraestructura que podría verse afectada en caso de ocurrir un fallamiento.

Por otro lado, se incluye el efecto que eventualmente podría generar un sismo a través de un análisis simplificado pseudo-estático capaz de afectar la condición de estabilidad del talud. Este análisis, está basado en la experiencia registrada con el terremoto ocurrido en la zona Norte el 13 de Junio 2005, con el cual, no se generó ningún tipo de fallamiento dentro de algún rajo de Collahuasi que en ese momento se encontraba en operación.

Finalmente, de los resultados obtenidos con el análisis se establece que el diseño minero presentado por la Superintendencia de Planificación para el Rajo Huinquentipa Este Fase V **cumple con los criterios de aceptabilidad geotécnicos evaluados bajo una condición estática, cuasi-estática considerando análisis a banco berma, Inter-rampa y global.**



## II. CONCLUSIONES

Las Tablas 1a, 1b y 1c entregan los resultados de la evaluación geomecánica de los diseños de taludes por sección Geotécnica, para un **análisis estático** por año (FS: Factor de seguridad, PF: probabilidad de Falla asociada).

**Tabla 1a**

Factores de Seguridad y Probabilidades de Falla por Sección Geotécnica para año 2008 bajo una **condición estática** para el Rajo Huinquentipa Este Fase V

Sección Geotécnica	INTER-RAMPA			GLOBAL		
	FS	PF	Bancos involucrados	FS	PF	Bancos involucrados
SG-01	1.1	24%	4490-4430	>1.5	<2%	4490-4410
	>2.0	<2%	4430-4410			
SG-02	>1.5	<2%	4490-4440	>1.5	<2%	4390-4320
SG-03	>1.5	<2%	4500-4450	>1.5	<2%	4500-4410
SG-04	>1.5	<2%	4470-4420	>1.5	<2%	4490-4420
SG-05	No aplica					
SG-06	No aplica					
SG-07	No aplica					
<b>Criterios de Aceptabilidad</b>	<b>= 1.1</b>	<b>&lt;35%</b>		<b>&gt;1.2</b>	<b>&lt;15%</b>	

**Tabla 1b**

Factores de Seguridad y Probabilidades de Falla por Sección Geotécnica para año 2009 bajo una **condición estática** para el Rajo Huinquentipa Este Fase V

Sección Geotécnica	INTER-RAMPA			GLOBAL		
	FS	PF	Bancos involucrados	FS	PF	Bancos involucrados
SG-01	>2.0	<2%	4430-4400	>1.5	<2%	4490-4400
SG-02	Se mantiene condición de año 2008 dado que no hay cambios en la geometría del talud por minería					
SG-03	Se mantiene condición de año 2008 dado que no hay cambios en la geometría del talud por minería					
SG-04	Se mantiene condición de año 2008 dado que no hay cambios en la geometría del talud por minería					
SG-05	No aplica					
SG-06	>1.5	<2%	4510-4450	>1.3	<15%	4530-4420
SG-07	No aplica					
<b>Criterios de Aceptabilidad</b>	<b>= 1.1</b>	<b>&lt;35%</b>		<b>&gt;1.2</b>	<b>&lt;15%</b>	

**Tabla 1c**

Factores de Seguridad y Probabilidades de Falla por Sección Geotécnica para año 2010 bajo una **condición estática** para el Rajo Huinquentipa Este Fase V.

Sección Geotécnica	INTER-RAMPA			GLOBAL		
	FS	PF	Bancos involucrados	FS	PF	Bancos involucrados
SG-01	>1.5	<2%	4410-4380	>1.5	<2%	4490-4380
SG-02	Se mantiene condición de año 2008 dado que no hay cambios en la geometría del talud por minería					
SG-03	Se mantiene condición de año 2008 dado que no hay cambios en la geometría del talud por minería					
SG-04	Se mantiene condición de año 2008 dado que no hay cambios en la geometría del talud por minería					
SG-05	1.1	28%	4460-4390	>1.5	<2%	4500-4390
SG-06	>1.5	<2%	4530-4430			
SG-07	No aplica			>1.5	<2%	4510-4430
<b>Criterios de Aceptabilidad</b>	<b>= 1.1</b>	<b>&lt;35%</b>		<b>&gt;1.2</b>	<b>&lt;15%</b>	



Las Tablas 2a, 2b y 2c entregan los resultados de la evaluación geomecánica de los diseños de taludes por sección Geotécnica, para un **análisis cuasi-estático con sismo operacional** por año (FS: Factor de Seguridad, PF: Probabilidad de Falla).

**Tabla 2a**

Factores de Seguridad y Probabilidades de Falla por Sección Geotécnica para año 2008 bajo una condición **seudo-estática con sismo operacional ( $k=0.05$ )**<sup>[1]</sup> para el Rajo Huinquantipa Este Fase V

Sección Geotécnica	INTER-RAMPA			GLOBAL		
	FS	PF	Bancos Involucrados	FS	PF	Bancos Involucrados
SG-01	1.1	39%	4490-4430	> 1.5	< 1%	4490-4410
	>2.0	<2%	4430-4410			
SG-02	>1.5	<2%	4490-4440	>1.3	<2%	4390-4320
SG-03	>1.3	<2%	4500-4450	>1.5	<2%	4500-4410
SG-04	>1.3	<2%	4470-4420	>1.4	<2%	4490-4420
SG-05	No aplica					
SG-06	No aplica					
SG-07	No aplica					
<b>Criterios de Aceptabilidad</b>	<b>&gt; 1.05</b>	<b>&lt; 40%</b>	<b>-</b>	<b>&gt; 1.05</b>	<b>&lt; 40%</b>	

**Tabla 2b**

Factores de Seguridad y Probabilidades de Falla por Sección Geotécnica para año 2009 bajo una condición **seudo-estática con sismo operacional ( $k=0.05$ )**<sup>[1]</sup> para el Rajo Huinquantipa Este Fase V

Sección Geotécnica	INTER-RAMPA			GLOBAL		
	FS	PF	Bancos Involucrados	FS	PF	Bancos Involucrados
SG-01	>1.5	<2%	4430-4400	>1.3	<1%	4490-4400
SG-02	Se mantiene condición de año 2008 dado que no hay cambios en la geometría del talud por minería					
SG-03	Se mantiene condición de año 2008 dado que no hay cambios en la geometría del talud por minería					
SG-04	Se mantiene condición de año 2008 dado que no hay cambios en la geometría del talud por minería					
SG-05	No aplica					
SG-06	>1.3	<2%	4510-4450	>1.1	<30%	4530-4420
SG-07	No aplica					
<b>Criterios de Aceptabilidad</b>	<b>&gt; 1.05</b>	<b>&lt; 40%</b>		<b>&gt; 1.05</b>	<b>&lt; 40%</b>	

**Tabla 2c**

Factores de Seguridad y Probabilidades de Falla por Sección Geotécnica para año 2010 bajo una condición **seudo-estática con sismo operacional ( $k=0.05$ )**<sup>[1]</sup> para el Rajo Huinquantipa Este Fase V

Sección Geotécnica	INTER-RAMPA			GLOBAL		
	FS	PF	Bancos Involucrados	FS	PF	Bancos Involucrados
SG-01	>1.3	<2%	4410-4380	>1.5	<2%	4490-4380
SG-02	Se mantiene condición de año 2008 dado que no hay cambios en la geometría del talud por minería					
SG-03	Se mantiene condición de año 2008 dado que no hay cambios en la geometría del talud por minería					
SG-04	Se mantiene condición de año 2008 dado que no hay cambios en la geometría del talud por minería					
SG-05	1.1	33%	4460-4390	>1.3	<2%	4500-4390
SG-06	>1.3	<2%	4530-4430	>1.1	<15%	4530-4420
SG-07	No aplica			>1.5	<2%	4510-4430
<b>Criterios de Aceptabilidad</b>	<b>&gt; 1.05</b>	<b>&lt; 40%</b>		<b>&gt; 1.05</b>	<b>&lt; 40%</b>	



<sup>[1]</sup> Sismo que podría ocurrir con un período de retorno de entre 5 a 10 años.

Las Tablas 3a, 3b y 3c entregan los resultados de la evaluación geomecánica de los diseños de taludes por sección Geotécnica, para un **análisis cuasi-estático con sismo máximo probable** por año (FS: Factor de Seguridad, PF: Probabilidad de Falla).

**Tabla 3a**

Factores de Seguridad y Probabilidades de Falla por Sección Geotécnica para año 2008 bajo condición **seudo-estática con sismo máximo probable(k=0.12)**<sup>[1]</sup> para Rajo Huinquantipa Este Fase V

Sección Geotécnica	INTER-RAMPA			GLOBAL		
	FS	PF	Bancos Involucrados	FS	PF	Bancos Involucrados
SG-01	1.0	50%	4490-4430	>1.2	<2%	4490-4410
	>2.0	<2%	4430-4410			
SG-02	>1.5	<2%	4490-4440	>1.5	<2%	4390-4320
SG-03	>1.3	<2%	4500-4450	>1.3	<2%	4500-4410
SG-04	>1.3	<2%	4470-4420	>1.3	<2%	4490-4420
SG-05	No aplica					
SG-06	No aplica					
SG-07	No aplica					
<b>Criterios de Aceptabilidad</b>	<b>&gt;1.0</b>	<b>&lt;50%</b>	<b>-</b>	<b>&gt;1.0</b>	<b>&lt;50%</b>	

**Tabla 3b**

Factores de Seguridad y Probabilidades de Falla por Sección Geotécnica para año 2009 bajo condición **seudo-estática con sismo máximo probable(k=0.12)**<sup>[1]</sup> para Rajo Huinquantipa Este Fase V

Sección Geotécnica	INTER-RAMPA			GLOBAL		
	FS	PF	Bancos Involucrados	FS	PF	Bancos Involucrados
SG-01	>1.5	<2%	4430-4400	>1.3	<1%	4490-4400
SG-02	Se mantiene condición de año 2008 dado que no hay cambios en la geometría del talud por minería					
SG-03	Se mantiene condición de año 2008 dado que no hay cambios en la geometría del talud por minería					
SG-04	Se mantiene condición de año 2008 dado que no hay cambios en la geometría del talud por minería					
SG-05	No aplica					
SG-06	>1.3	<2%	4510-4450	>1.0	<40%	4530-4420
SG-07	No aplica					
<b>Criterios de Aceptabilidad</b>	<b>&gt;1.0</b>	<b>&lt;50%</b>	<b>-</b>	<b>&gt;1.0</b>	<b>&lt;50%</b>	

**Tabla 3c**

Factores de Seguridad y Probabilidades de Falla por Sección Geotécnica para año 2010 bajo condición **seudo-estática con sismo máximo probable(k=0.12)**<sup>[1]</sup> para Rajo Huinquantipa Este Fase V

Sección Geotécnica	INTER-RAMPA			GLOBAL		
	FS	PF	Bancos Involucrados	FS	PF	Bancos Involucrados
SG-01	>1.2	<2%	4410-4380	>1.3	<2%	4490-4380
SG-02	Se mantiene condición de año 2008 dado que no hay cambios en la geometría del talud por minería					
SG-03	Se mantiene condición de año 2008 dado que no hay cambios en la geometría del talud por minería					
SG-04	Se mantiene condición de año 2008 dado que no hay cambios en la geometría del talud por minería					
SG-05	1.0	47%	4460-4390	>1.3	<2%	4500-4390
SG-06	>1.2	<2%	4530-4430	>1.1	<15%	4530-4420
SG-07	No aplica					



<b>Criterios de Aceptabilidad</b>	<b>&gt;1.0</b>	<b>&lt;50%</b>	<b>-</b>	<b>&gt;1.0</b>	<b>&lt;50%</b>	
-----------------------------------	----------------	----------------	----------	----------------	----------------	--

<sup>[1]</sup> Sismo que podría ocurrir con un periodo de retorno de entre 20 a 60 años.

- ✍ De los resultados obtenidos, se concluye que el diseño geométrico de taludes **cumplen totalmente con los criterios de aceptabilidad definidos para el Proyecto**, considerando el tamaño a pit final y vida útil del rajo Huinquentipa Este Fase V.



### III RECOMENDACIONES

- Considerar los parámetros geométricos de diseño de taludes entregados en Tabla 4, como **aceptables de ser implementado desde el punto de vista geotécnico** en los taludes del rajo Huinquentipa Este Fase V.

**TABLA 4**  
 Parámetros Geométricos de diseño taludes rajo Huinquentipa Este Fase V

	Altura de Banco	Angulo cara banco	Ancho mínimo de Berma	Angulo Inter-rampa	Altura total inter-rampa <sup>[1]</sup>	Altura global <sup>[1]</sup>		Angulo global <sup>[1]</sup>	
					Todo el rajo	Pared Norte y Nor-este	Pared Sur y Sur-Oeste	Pared Norte y Nor-este	Pared Sur y Sur-Oeste
<b>Rajo Huinquentipa Fase V</b>	<b>10m</b>	<b>70°</b>	<b>6m</b>	<b>46°</b>	2008	2008	2008	2008	2008
					<b>30 a 60m</b>	<b>70m</b>	<b>70m</b>	<b>40°</b>	<b>40°</b>
					2009	2009	2009	2009	2009
					<b>60 a 70m</b>	<b>90m</b>	<b>80m</b>	<b>38°</b>	<b>39°</b>
					2010	2010	2010	2010	2010
					<b>60 a 110m</b>	<b>110m</b>	<b>90m</b>	<b>36°</b>	<b>38°</b>

<sup>[1]</sup> Los valores mencionados son aproximados y referenciales y están basados en los diseños del Rajo en los 3 años de vida útil de la mina (2008-2010)

- Continuar con el proceso de caracterización geológica, estructural, geotécnica e hidrogeológico con el fin de mejorar el conocimiento respecto de la información utilizada y particularmente, con miras a evaluar de mejor forma los parámetros geométricos de diseños entregados en Tabla 4,



## 1. INTRODUCCIÓN

Se realizó una evaluación geomecánica del **Rajo Huinquentipa Este Fase V en todas sus paredes** en una etapa de Ingeniería Básica. Los resultados están basados en una combinación de datos obtenidos tanto de sondajes geotécnicos y geológicos realizados en el sector como de extrapolaciones realizadas a partir de la experiencia registrada durante la actual explotación de los rajos Huinquentipa Este Fases II y III. *Con lo anterior, se establece que los datos utilizados dentro de los análisis geotécnicos de estabilidad incluyen un aceptable nivel de confianza respecto de la información empleada, la cual es base para soportar los resultados obtenidos con los diseños geotécnicos del presente informe.*

No obstante, se requiere continuar con el levantamiento geológico, estructural, geotécnico e hidrogeológico del macizo rocoso aprovechando la actual explotación de los rajos Huinquentipa Este Fase II y III y además, aquella información geotécnica que pueda obtenerse de sondajes realizados en el sector (principalmente ensayos de laboratorio destructivos).

## 2. ANTECEDENTES Y FUENTES DE INFORMACIÓN

El desarrollo del presente documento fue estructurado a partir de los siguientes antecedentes y fuentes de información:

- ✍ Nota Interna. GGLE-07-20. Gerencia de Geología. Área de Geología Estructural. Capella – Huinquentipa Sistemas Estructurales. Agosto 2007.
- ✍ Informe Geotécnico- SGT-INF-073. Gerencia de Geología. Superintendencia de Geotecnia. Evaluación Geomecánica de Estabilidad Rajo Huinquentipa Este Fase IV [Junio 2007].
- ✍ Ingeniería Conceptual – Estudio de Taludes Proyecto Capella CMDIC. Noviembre 24. 2002
- ✍ Archivo DXF. Comunicación personal – José Ramírez Cuevas – Superintendencia Planificación. [Diseños geométricos taludes Proyecto Huinquentipa Este Fase V]
- ✍ Comunicación Personal. Documento inédito. Posición de niveles freáticos en Proyecto Huinquentipa Este Fase V a partir de pozos de medición de niveles. (Iván Romero- Septiembre 2007).

## 3. OBJETIVOS Y ALCANCES

Evaluar geomecánica a un nivel de Ingeniería Básica y bajo una condición estática y cuasi-estática aquellos diseños mineros de taludes del sector Huinquentipa Este Fase V, entregados por la Superintendencia de Planificación – Gerencia de Planificación. Para la entrega de los resultados de la eva-



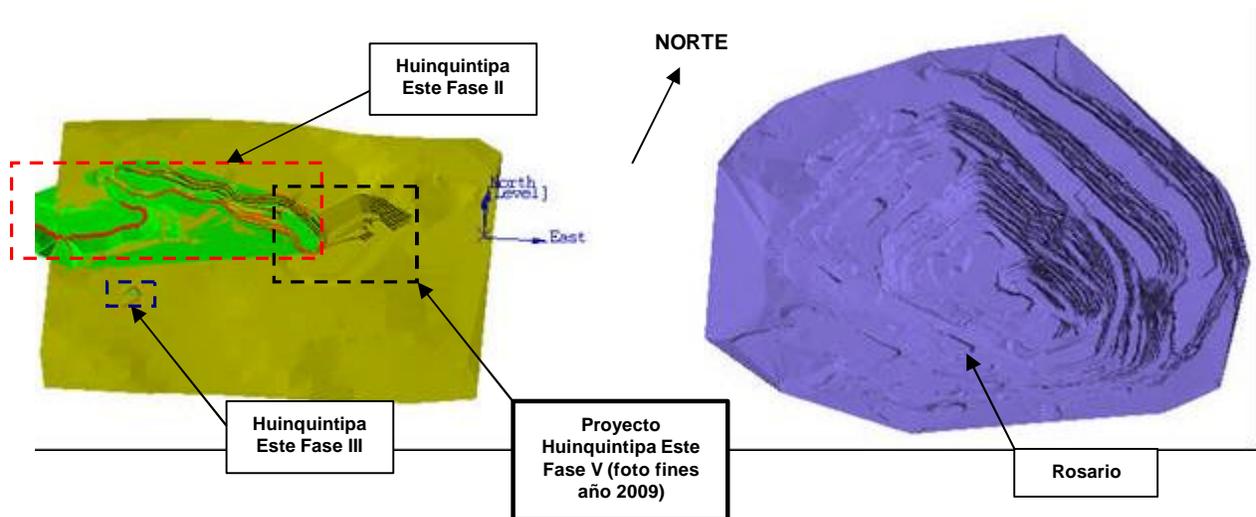
luación el presente documento se divide en tres partes; la primera, considera la definición de aquellos antecedentes generales asociados al diseño geométrico del rajo y parámetros propios de ubicación del mismo; la segunda parte, establece las metodologías de evaluación geomecánica y resultados del proceso de caracterización geológica, estructural y geotécnico del macizo rocoso y la tercera entrega finalmente, los resultados de la evaluación a escala banco berma, Inter-rampa y global para los diseños mineros entregados por Ingeniería durante la vida útil del rajo Huinquintipa Este Fase V.

## 4. ANTECEDENTES GENERALES

### 4.1 DISEÑOS GEOMÉTRICOS

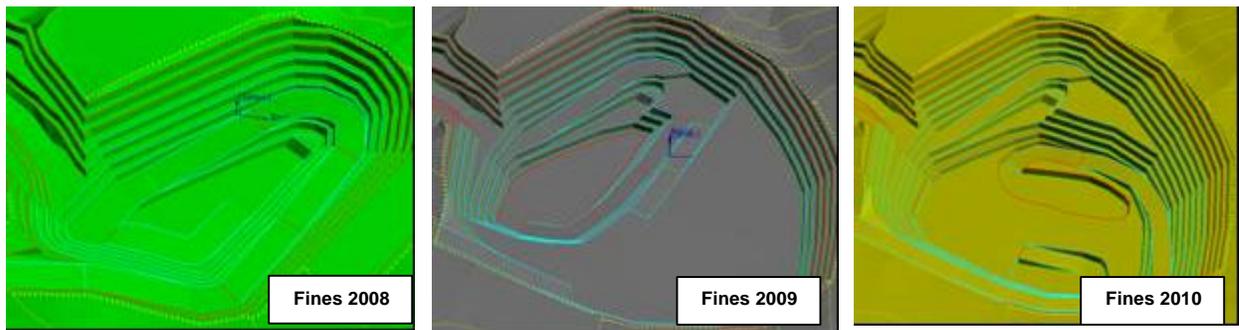
#### 4.1.1 DISEÑO GEOMÉTRICO DE RAJO

La Figura 1 entrega una vista con la disposición del Rajo Huinquintipa Este Fase V respecto de los rajos cercanos actualmente en explotación: Rosario, Huinquintipa Este Fase II y III (avances a Septiembre)



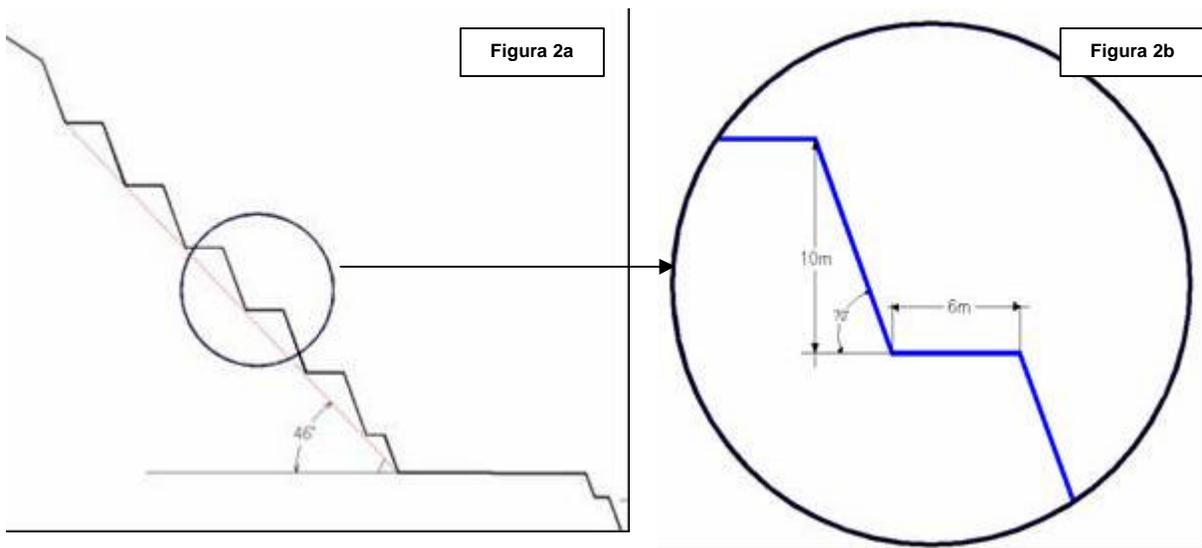
**Figura 1.** Identificación de sectores cercanos al Proyecto Huinquintipa Este Fase V actualmente en explotación.

Por otro lado, la Figura 2 entrega una vista en acercamiento con el diseño geométrico a escala global del proyecto de Rajo Huinquintipa Este Fase V para los años 2008, 2009 y 2010. El ángulo y altura global promedio por año es variable según lo siguiente: Pared Norte y Nor-Este [año 2008: 40°/70m, año 2009: 38°/90m, año 2010: 36°/110m], Pared Sur y Sur-Oeste [año 2008: 40°/70m, año 2009: 39°/80m, año 2010: 38°/90m].



**Figura 2.** Diseños geométricos a pit final para cada uno de los años 2008, 2009 y 2010

La Figura 3, entrega una vista en perfil con la identificación geométrica a escala banco berma e Inter-rampa de todo el rajo.



**Figura 3.** Parámetros geométricos a escala Inter-rampa [Figura 2a] y banco berma [Figura 2b]. Ángulo cara banco =  $70^\circ$ , ángulo inter-rampa =  $46^\circ$ , ancho de berma = 6.0m y altura de banco = 10m;

El ángulo Inter-rampa implementado dentro del diseño es constante e igual a  $46^\circ$ . No obstante, la respectiva altura Inter-rampa es variable según lo siguiente: [año 2008: entre 3 a 6 bancos (30 a 60m), año 2009: entre 6 a 7 bancos (60 a 70m), año 2010: entre 6 a 11 bancos (60 a 110m).

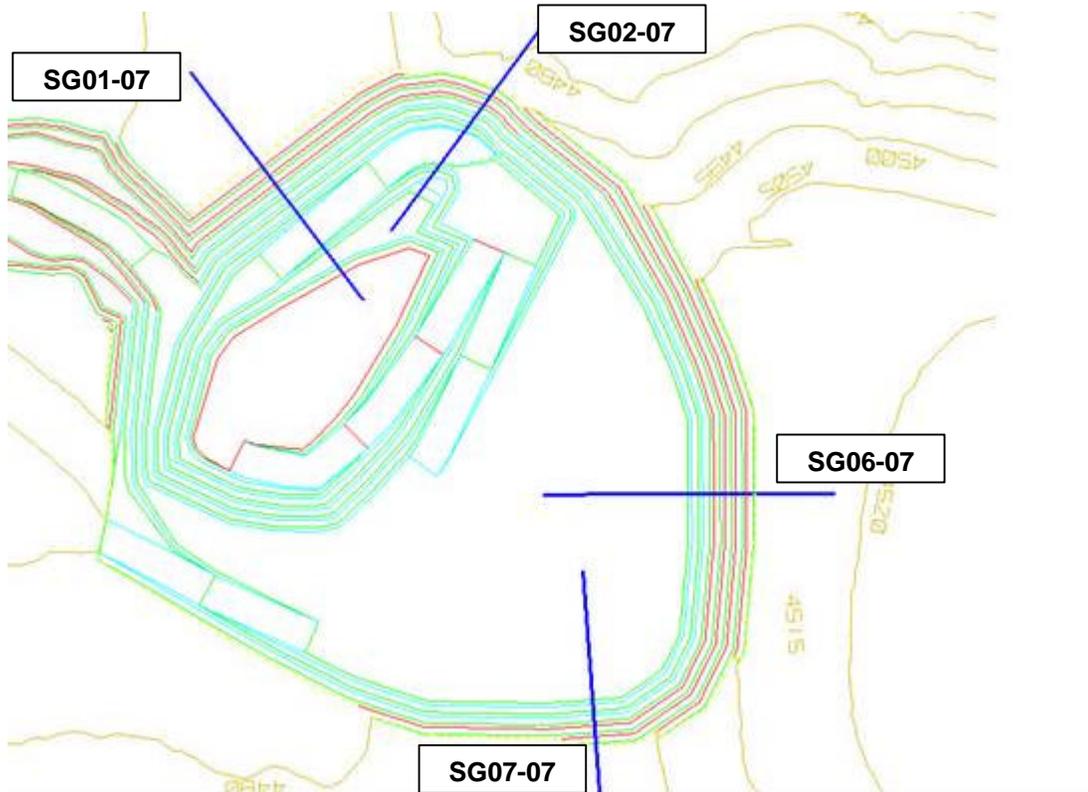
#### 4.1.2 DEFINICIÓN DE SECCIONES GEOTÉCNICAS

El análisis geotécnico a escala Inter.-rampa y global será realizado bidimensionalmente según técnicas de análisis de equilibrio límite (uso del software Slide V5.0).

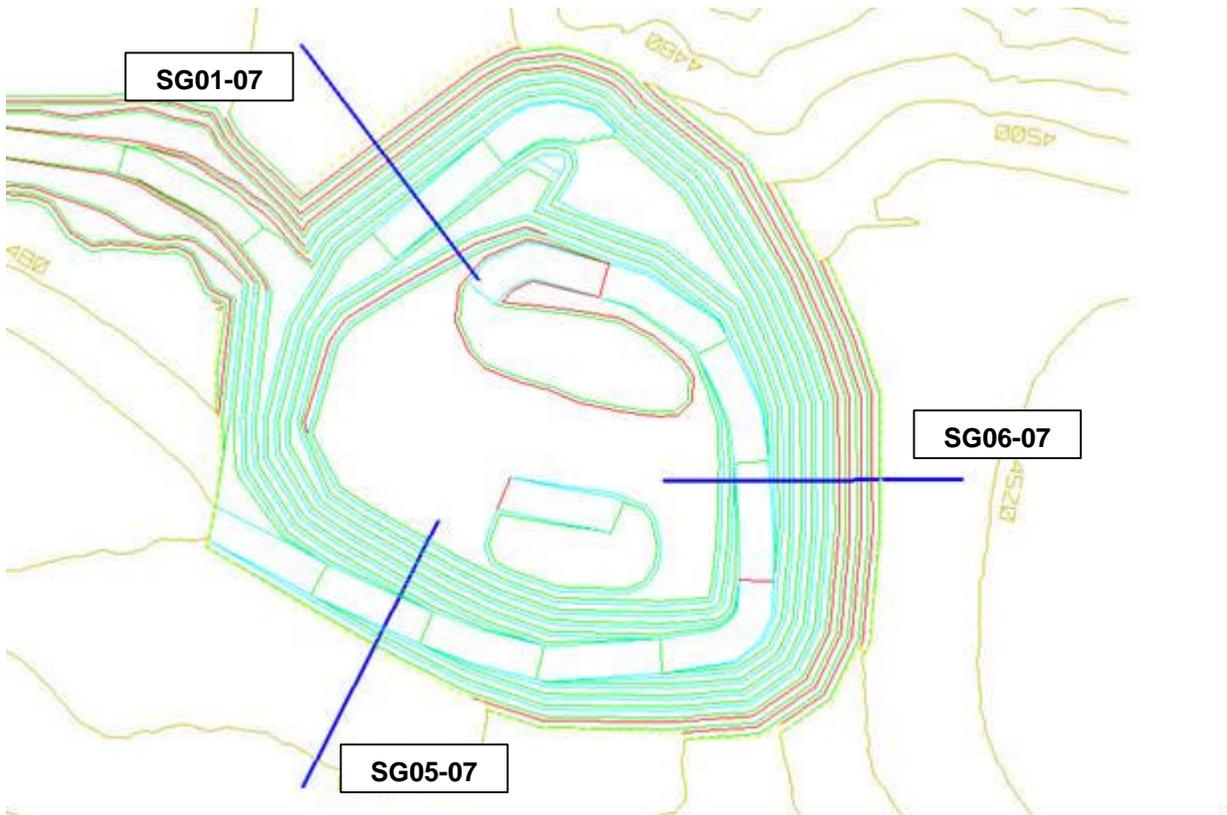
Las secciones geotécnicas fueron definidas por pared y por su representatividad durante los años de duración del Proyecto. Las Figuras 4a, 4b y 4c muestra la posición de las secciones geotécnicas por año de diseño. Notar que algunas secciones se mantienen por más tiempo durante la vida útil de la mina tanto a nivel Inter.-rampa como global y por ello su evaluación se ajustará a esta condición.



**Figura 4a.** Secciones geotécnicas definidas para evaluar condición de estabilidad en diseño del Rajo dado para fines del año 2008 [SG01, SG02, SG3 y SG04].



**Figura 4b.** Secciones geotécnicas definidas para evaluar condición de estabilidad en diseño del Rajo dado para fines del año 2009 [SG01, SG02, SG6 y SG07].



**Figura 4c.** Secciones geotécnicas definidas para evaluar condición de estabilidad en diseño del Rajo dado para fines del año 2010 [SG01, SG05 y SG6].

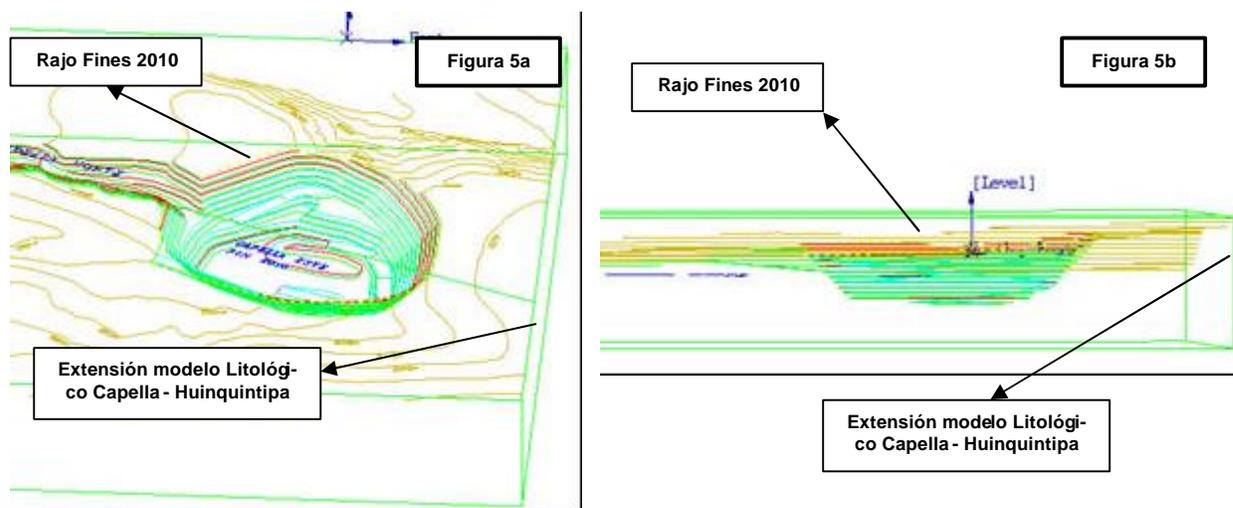
## 4.2 CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA

### 4.2.1 CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA

La información de unidades litológicas presentes en el Rajo Huinquentipa Este Fase V fue estructurada fundamentalmente a partir del mapeos geotécnico y geológico de sondajes realizados sobre el sector de interés lo cual permitió construir un modelo geológico que cubre el área de interés totalmente y que será utilizada para delinear las respectivas rocas que serán excavadas en cada uno de los perfiles geotécnicos.

La Figura 5 entre una vista de la extensión del Modelo Geológico – litológico existente

que cubre totalmente la extensión del rajo Huinquentipa Este Fase V en su última año de operación programada (2010).



**Figura 5.** Visualización del alcance del modelo litológico de Capella – Huinquentipa (rectángulo con línea verde que envuelve el rajo) el cual es capaz de cubrir toda la extensión del pit hacia fines del 2010. Figura 5a. Vista mirando hacia el Norte desde arriba; Figura 5b. Vista mirando al norte cubriendo la profundidad del rajo.

Complementariamente, se utilizó para el proceso de caracterización de las gravas materiales superficiales y aquellos bancos expuestos en los desarrollos de Huinquentipa Este Fase II y III y en los cuales se ha tenido la posibilidad de registrar información. En general, una descripción de alguna de las unidades que se han visualizado en el modelo litológico corresponde a lo siguiente:

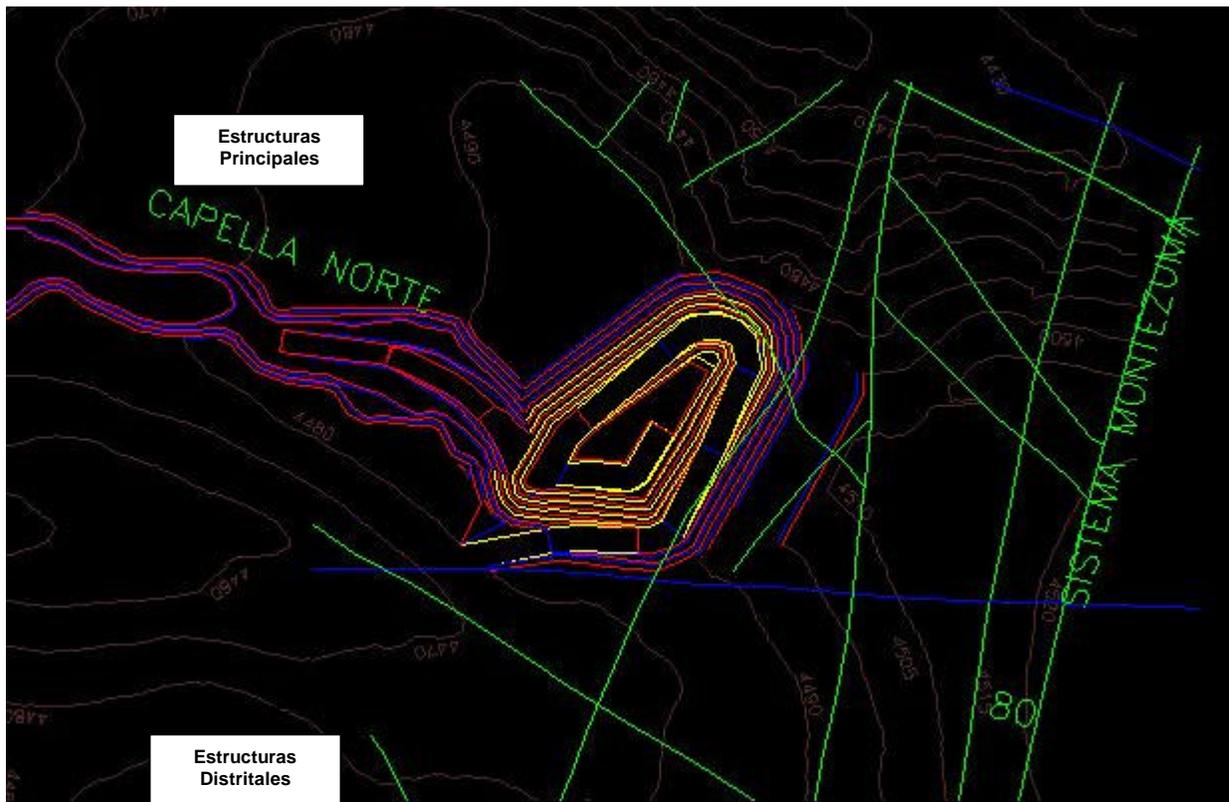
- ? **GRAVAS:** Gravas superficiales no Consolidadas.
- ? **PALEOGRAVAS:** Gravas semiconsolidadas cementadas por óxidos de cobre, principalmente crisocola, acompañada de copper pitch y copper Wad.
- ? **UNIDAD SEDIMENTARIA:** Secuencia clástica compuesta por areniscas y areniscas volcánicas, ocasionalmente niveles delgados de caliza y lutitas. Las areniscas son en general de grano medio, con puntual presencia de carbonatos de intensidad débil a media; estos niveles generalmente se encuentran asociados a las zonas de contacto con los estratos de caliza. Frecuentemente esta roca se presenta fresca, salvo por el nivel superior lixiviado.



- ? **LAVAS:** Secuencia de rocas volcánicas de composición Dacítica a Riolítica, de coloración rojiza y blanquecina. No presenta carbonatos (alto contenido de sílice primario).
  
- ? **TOBAS:** Unidad piroclástica compuesta esencialmente por una matriz fina cinerítica (ceniza) y líticos volcánicos de composición variable desde andesitas a riolitas, pero exclusivamente asociado al nivel de contacto con las calizas.
  
- ? **CALIZAS:** Unidad sedimentaria de origen químico compuesta principalmente por carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Localmente se encuentra silicificada sin presencia de carbonatos distinguibles macroscópicamente.

#### **4.2.2 CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL**

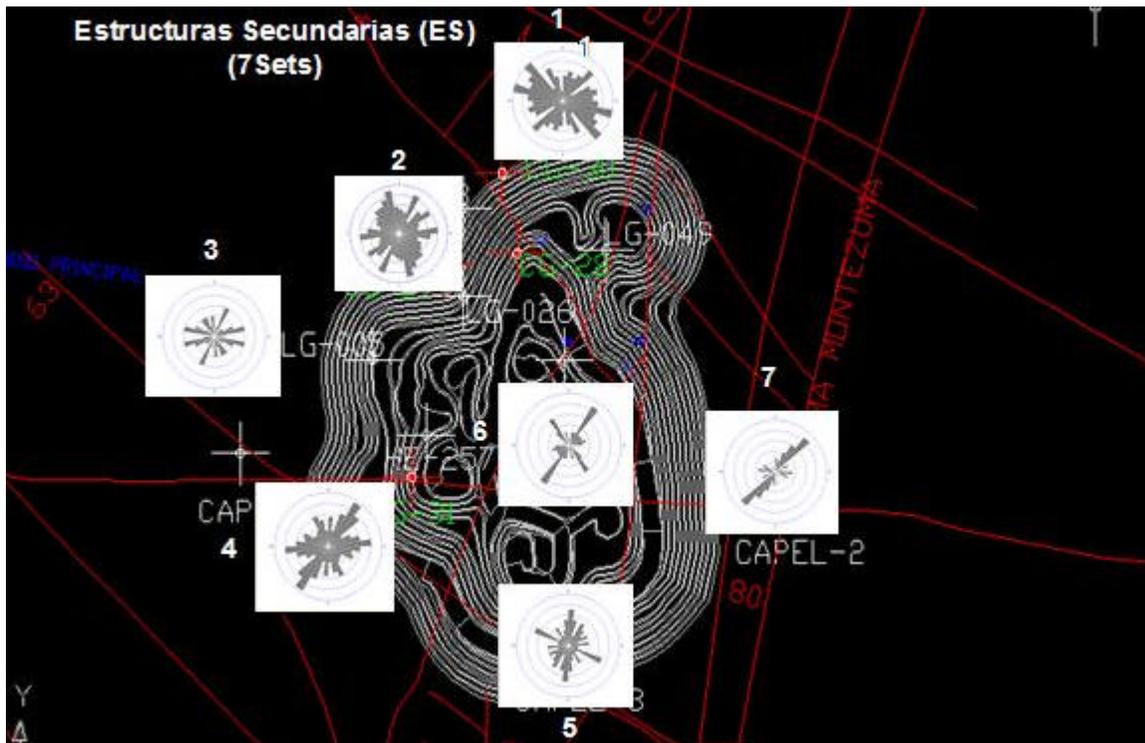
La información de estructuras principales y distritales se presenta en la Figura 6. En ella, se muestra en verde el sistema de fallas principales mapeadas en superficie, las que en general tendrían un manteo sub-vertical (mayor a  $80^\circ - 85^\circ$ ) y su dirección varía NE-SW, las líneas azules representan estructuras distritales.



**Figura 6.** Vista para fines del año 2008 la disposición de las estructuras principales (en verde) y distritales (en azul) mapeadas e interpretadas entorno del rajo de Huinquentipa Este Fase V a considerar dentro del análisis de estabilidad a nivel inter-rampa y global.

Por otro lado, las Figura 7 y 8 entregan las rosetas de fracturamiento a nivel de estructuras principales y secundarias que han sido definidas para el sector en cuestión.

**Figura 7.** Vista en Planta con las rosetas de fracturamiento de estructuras principales definidas en el sector



**Figura 8.** Vista en Planta con las rosetas de fracturamiento de estructuras secundarias definidas en el sector

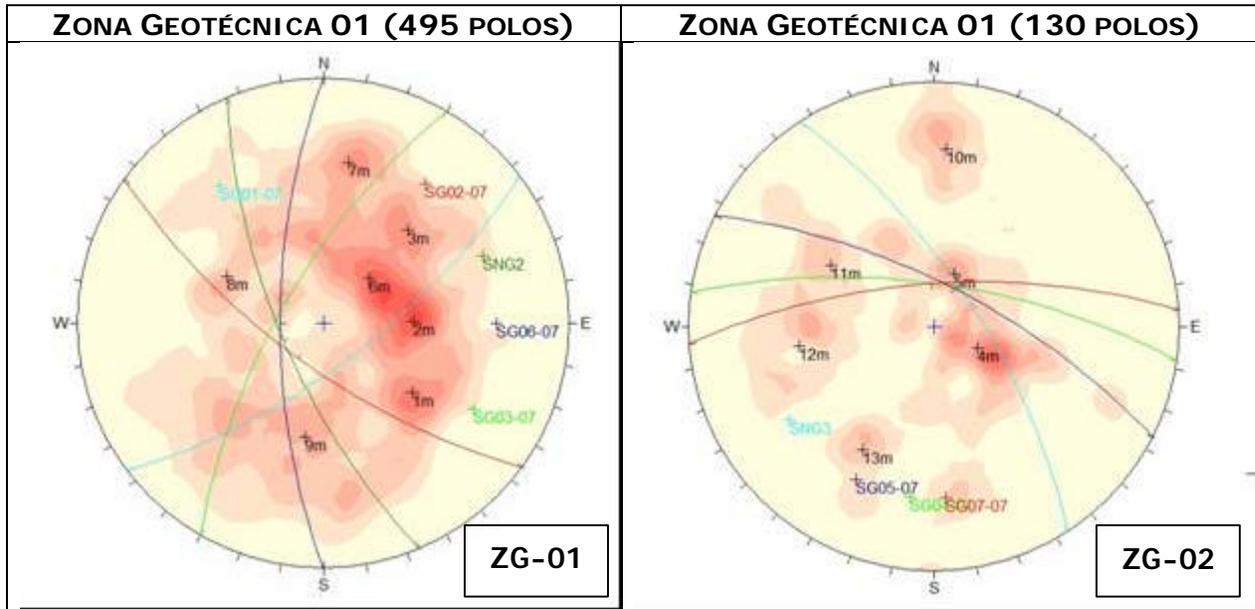
A partir de la información de sistemas estructurales mayores y secundarios definidos en el sector de interés se estableció una Zonificación Geotécnica basados principalmente en aspectos estructurales asociados a los dominios que se muestran en la Figuras 7 y 8.

De esto resultó la agrupación de la totalidad de los dominios estructurales en 2 zonas Geotécnicas: Zona Geotécnica 01 [ZG-01] ubicada en la pared Norte del Rajo y Zona Geotécnica 02 [ZG-02] la cual abarca la pared del mismo. La Figura 9, muestra esta agrupación de las zonas geotécnicas mencionadas anteriormente. El límite entre ambas zonas corresponde a una estructura explícita distrital que refleja un cambio en las orientaciones de las estructuras particularmente secundarias.



**Figura 9.** Vista de proyecto de rajo Huinquintipa Este Fase V con Zonas Geotécnicas [ZG-01 y ZG-02] y respectivo límite geotécnico definido a través de estructura distrital que espacialmente ocasiona un cambio en los patrones de fracturamiento

Al realizar la zonificación Geotécnica se produjo una agrupación de los dominios estructurales cuyo resultado se muestra en la figura 10. Por otro lado, las Tablas 5 y 6 entregan los resultados de las estadística estructural obtenida al realizar el análisis con el software DIPS en cada Zona Geotécnica.



**Figura 10.** Polos que representan estructuras principales y secundarias por Zonas Geotécnicas y respectivos índices que representan las concentraciones que posteriormente son utilizadas para los análisis de estabilidad

**Tabla 5**  
 Estadística estructural Zona Geotécnica 01 [ZG-01]

Label	Dip (°)		Dip Dir (°)	
	Mean	St. Deviation	Mean	St. Deviation
s1	50	6	309	8
s2	40	7	269	9
s3	54	6	222	11
s6	30	6	224	17
s7	67	5	189	7
s8	47	5	116	13
s9	50	8	369	11

**Tabla 6**  
 Estadística estructural Zona Geotécnica 01 [ZG-02]

Label	Dip (°)		Dip Dir (°)	
	Mean	St. Deviation	Mean	St. Deviation
s4	22	10	296	14
s5	27	5	202	16
s10	72	9	184	5
s11	52	8	121	9
s12	59	9	82	11
s13	60	7	30	7



## 4.2.3 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

### 4.2.3.1 MACIZO ROCOSO

La caracterización geotécnica de los materiales considera la determinación de las propiedades elásticas y resistentes - según el modelo constitutivo de falla del material - tanto de la roca como del suelo. Para la evaluación Geomecánica de los diseños mineros se requiere la propiedades geotécnicas a escala de macizo rocoso tanto de la roca como de las estructuras principales que podrían participar de la condición de estabilidad en los distintos tipos de análisis ya se a escala inter-rampa y global.

Por tal motivo y considerando criterios geológicos y geotécnicos se realizó una agrupación de las unidades de resistencia de roca RSU (Rock Strength Units) y de las unidades de tamaño de bloques (BSU: Block Size Units) que junto con la estimación de la condición de las estructuras (Joint Condition) ha permitido estructurar una detallada tabla resumen con la correspondiente caracterización geotécnica de las unidades modelables que se entregan en Anexos del presente documento.

### 4.2.3.2 ESTRUCTURAS

Las propiedades resistentes de las estructuras definidas dentro del área de emplazamiento del rajo, son establecidas a partir de valores provenientes de proceso de backanalysis realizados en los rajos en explotación de Huinquentipa Este Fase II y Fase III. A continuación se detallan los valores de las propiedades resistentes según el tipo de estructura:

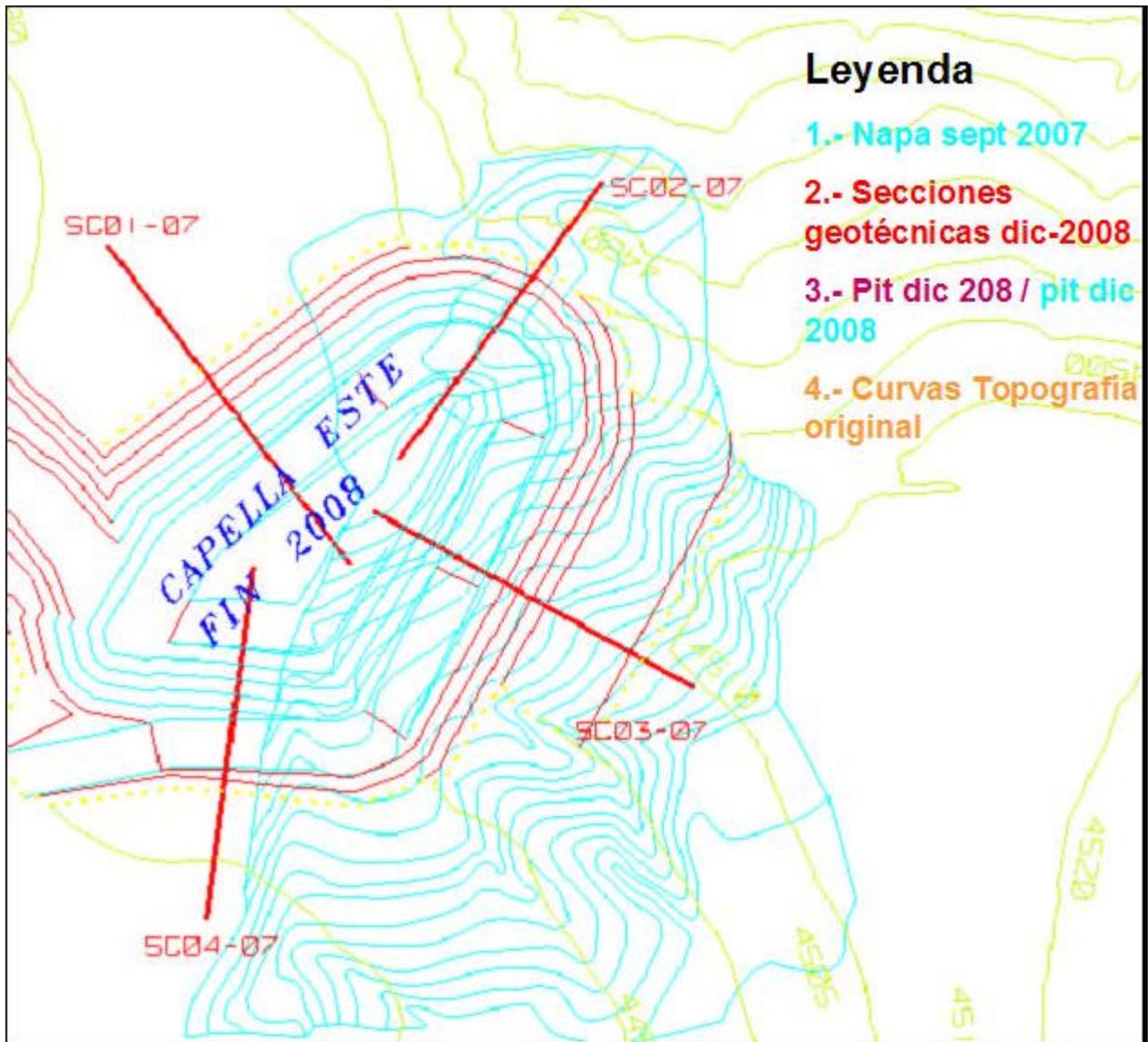
- ✍ **Estructuras Distritales y Principales:** Cohesión = 10-20kPa, Fricción = 20-30°
- ✍ **Estructuras Secundarias:** Cohesión = 60-80kPa, Fricción = 25-35°

## 4.2.4 CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA

A la fecha de realización del presente documento se cuenta con escasa información respecto de niveles freáticos delineados en el área en que se ubicará el rajo de Huinquentipa Este Fase V. No obstante, de pozos de observación hidrogeológicos instalados en el entorno se pudo establecer de manera aproximada la posición del nivel freático en 2 de las 7 secciones geotécnicas que serán utilizadas para el análisis.

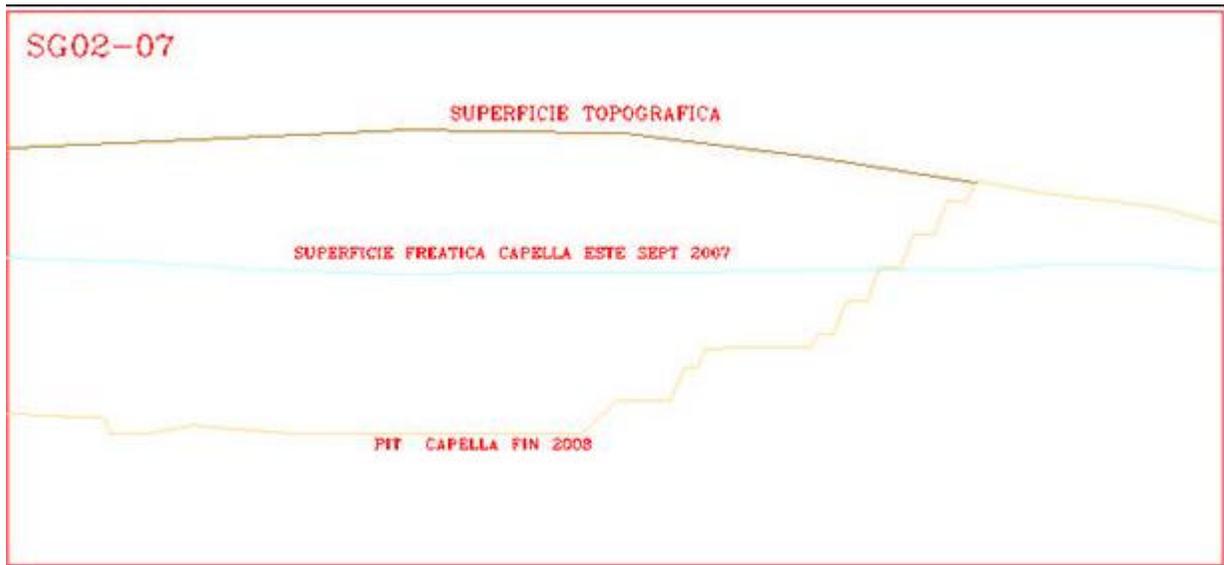
En las restantes secciones se extrapolará la condición intermedia resultante dada la información disponible. Para ello, la Figura 11 muestra una vista en planta con información hidrogeológica útil para el delineamiento de las napas freáticas en el rajo de interés y las figuras 12 y 13, delinea la

posición de la napa freática sobre la sección geotécnica SG02 y SG03.

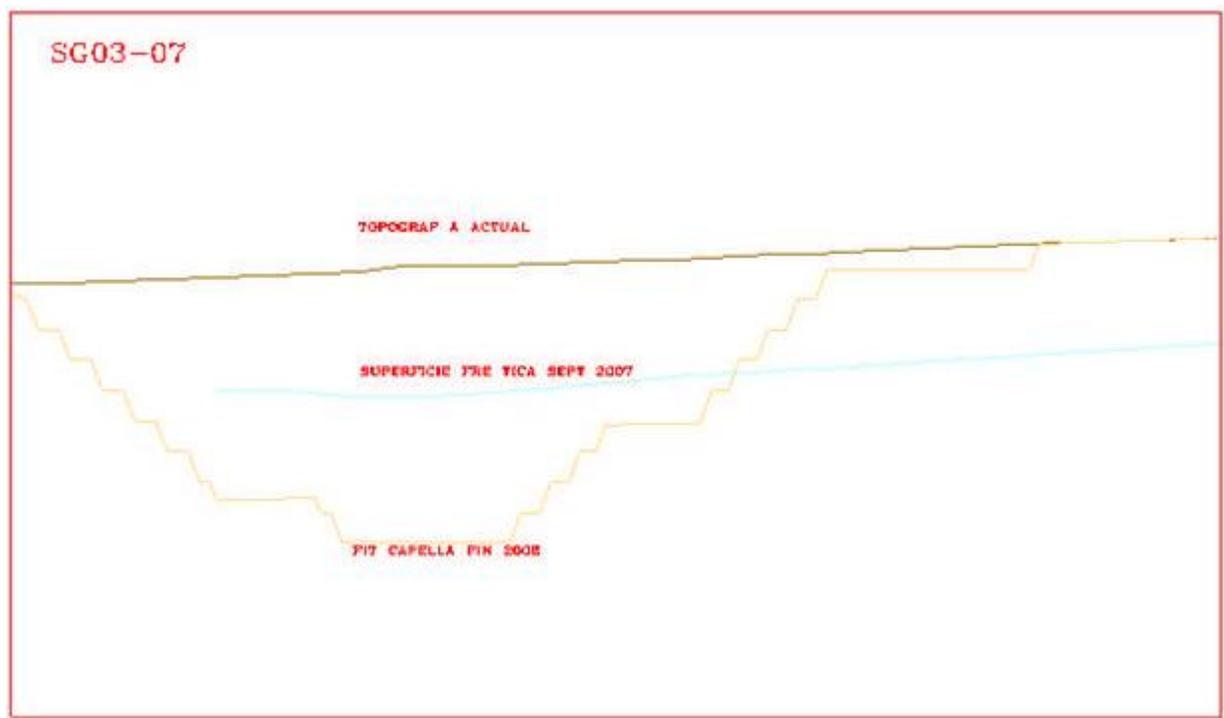


**Figura 11.** Vista con disposición de napa freática a Septiembre 2007 tomada para realizar la definición de los niveles freáticos en las secciones geotécnicas 01 a la 04.

*En este mismo sentido, se considera de manera conservativa que para efectos del presente análisis la posición de la napa freática en cada una de las 7 secciones geotécnicas se mantiene constante en el tiempo, es decir, la napa freática no se deprime (baja su actual posición) por efectos de actividades de extracción de agua a través de pozos instalados y/o actividades similares.*



**Figura 12.** Delineamiento de la posición actual de la napa freática en sección geotécnica SG02



**Figura 13.** Delineamiento de la posición actual de la napa freática en sección geotécnica SG03

Finalmente, la Tabla 7 entrega un detalle de la forma en la cual se ha estado llevando el registro geológico, estructural y geotécnico a nivel de mapeo de bancos en los desarrollos de los rajos Huinquentipa Este Fase II y Fase III que ha permitido comparar y posteriormente actualizar la información proveniente de los sondajes realizados en el sector.



Tabla 7  
 Documentación Geotécnica de bancos realizada en Rajo Huiniquinta Este Fase II (Septiembre 2007)

C.P.A. MINERA DOÑA INÉS DE COLLAHUASI SCM																
FORMATO PARA DOCUMENTACION DE INESTABILIDADES EN BANCOS																
NOMBRE	Huiniquinta	DOCUMENTADO POR:	Oficio/Gerencia	BANCO:	4(E)	ALTURA BANCO:	10									
FECHA:	30/09/07	DOMINIO ESTRUCTURAL:	B	PARED:	Este	UTM:										
FASE:	2	LITOL DE ALTERNACION:	Arc/Cl-Sar	EROSION:	Hf2-LHf2 RSL:	BSL:										
CLASIFICACION DE MACIZO ROCOSO							Grado de Control Estructural									
Parametro	VALOR DE PARAMETRO			Rating	fuerte											
	Min.	Max.	Prom.		Mecanismos que controlan el Fallamiento											
Dureza	R3	R4	R3.5	8	cuña afilante definida por F1 y F2											
UCS	30	60	45	8												
ROD	30	60	50%	10												
Esperamiento fracturas	0.1	0.3	0.2	14												
Condición fracturas	4	8	5	5	Impacto de la Tronadura + Equipo de carguío											
Condición equis				10												
ROCK MASS RATING (RMR)				45	moderado sin tronadura de contorno											
GSI - Condición de la superficie:					Comentarios											
GSI - Condición de las estructuras				P												
GEOLOGICAL STRENGTH INDEX (GSI)				35-40												
GEOMETRIA DEL BANCO							Comentarios									
ANGULO CARA BANCO (°)				80	Breakback banco superior = 81 mt. Adicionales a break back de este banco											
AZIMUT DEL BANCO (°)				23												
ANCHO EFECTIVO DE LA BERMA (m)				n/a												
ALTURA DE DERRAME (m)				8												
LONGITUD DEL DERRAME (m)				8.5												
BREAK BACK (m)				4-8												
ESTRUCTURAS																
Nº	Tip	Azimuth	Dip	Dip (°)	Longitud (m)	Exposicion	P	A	B	R	M	J	C	JRC	Forma	Agua
1	F1	334	SWW	244	>20	>20	0	0	4	0	2	8	8-10	8-10	sinuosa	seco
2	ESIR	251	21N	341	5	0.1-0.3	2	1	1	5	4	13	4-8	4-8	plana	seco
3	F2	058	00NW	328	10-20	4-8	1	1	2	0	2	8	8-8	8-8	sinuosa	seco
4	F1	323	82N	53	>20	3-4	0	1	1	1	4	7	8-0	8-0	plana	
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
FOTOGRAFIA							PROYECCION HEMISFERIO INFERIOR Red Schmidt (igual escala)									



#### **4.2.5 CARACTERIZACIÓN SÍSMICA**

Los futuros taludes del Proyecto Huiniquintipa Este Fase V, se ubican en la primera región, área que en el pasado ha sido afectado por terremotos, siendo los mayores los de los años 1868, 1877, 1950 y 2005.

La sismicidad de la región se concentra a lo largo de la zona de Wadati-Benioff, la cual es superficial en la zona costera y penetra en la zona continental con un manteo de unos 30° al Este. Por lo tanto, los terremotos con epicentro en Collahuasi probablemente tendrán profundidades focales en el rango de 90 a 120 kms. El riesgo sísmico puede ser evaluado en términos de intensidades y/o de las máximas aceleraciones horizontales en superficie.

- ✍ En términos de intensidades, hay una probabilidad de 90% de que no se exceda una intensidad de IV a VII para un terremoto con un período de retorno de 30 años, de VII para un período de retorno de 50 años, y de VII a VIII para un período de retorno de 100 años.
- ✍ En términos de aceleraciones horizontales máximas, hay una probabilidad de 90% de que no se exceda una aceleración de 0.30g para un terremoto con un período de retorno de 30 años, de 0.38g para un período de retorno de 50 años, y de 0.50g para un período de retorno de 100 años.

Por lo tanto, se puede concluir que el riesgo sísmico en el sector de Collahuasi no es especialmente alto, y seguramente no será el principal factor en el diseño geotécnico de los taludes del Rajo Huiniquintipa Este Fase V en sus 3 años programados de vida útil.

De hecho, el último terremoto de la zona Norte (13 Junio 2005) no produjo efecto desfavorables desde el punto de vista geotécnico en ningún rajo de los actualmente se encontraban en operación.

### **5. EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DEL DISEÑO**

#### **5.1 CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD DE LOS DISEÑOS**

La Tabla 8, presenta los criterios de Aceptabilidad definidas durante evaluación Geomecánica del diseño. Esta información se origina a partir de lo actualmente utilizado a nivel de rajo en Mina Rosario y en los proyectos de Huiniquintipa Este Fases II y III, pero que se ajusta conforme el menor tamaño y temporalidad de este rajo respecto de los otras Fases de Huiniquintipa Este.



**TABLA 8**

Criterios de aceptabilidad del diseño para taludes a escala Inter.-rampa, global del rajo Huinquentipa Este Fase V

	Análisis Estático		Análisis Cuasi-estático			
			Sismo Operacional ( $k=0.05$ )		Sismo Máximo Probable ( $k=0.12$ )	
Infraestructura	FS	PF	FS	PF	FS	PF
Taludes a escala Inter-rampa	> 1.10	<35%	>1.05	<40%	>1.0	<50%
Taludes a escala global (pit final)	>1.20	<15%	>1.10	<25%	>1.0	<50%

## 5.2 METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DEL DISEÑO

### 5.2.1 A NIVEL DE BANCO - BERMA

El análisis geotécnico a escala banco berma se realizó mediante análisis cinemático con toda aquella información estructural levantada e interpretada en el área de interés para fallamientos que potencialmente podrían generarse con control estructural. Para fallamientos circulares a nivel de banco se aprovechó la caracterización geotécnica realizada a partir de análisis de equilibrio límite y particularmente ajustado con aquellas condiciones de borde que han sido medidas durante el desarrollo de los primeros bancos en los rajos de Huinquentipa Este Fase II y III, y donde particularmente se ha excavado materiales tipo suelo formados fundamentalmente por gravas bien consolidadas clasto soportadas con cementos de óxidos de cobre.

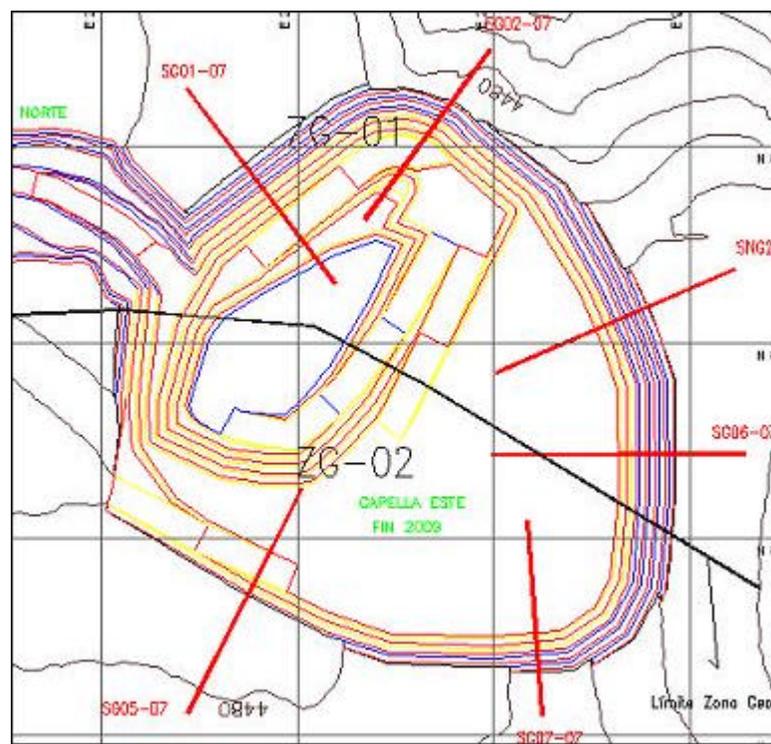
Con este tipo de análisis geotécnico se busca estimar aproximadamente la pérdida de cresta promedio en las bermas de diseño considerando aspectos que sólo tienen que ver con condiciones in-situ presentes en el macizo rocoso: estructuras y matriz rocosa y sus respectivas propiedades resistentes. El procedimiento de cálculo consiste en estimar a partir de todos los dominios estructurales existentes en cada una de las zonas geotécnicas y de distintas orientaciones de taludes, todas aquellos bloques que cinemáticamente podrían generarse y que además, no cumplen los criterios de aceptabilidad (Factores de Seguridad y Probabilidades de Falla) definidos por cada zona geotécnica. Los bloques calculados son resultados del análisis cinemático probabilístico que busca encontrarlos mediante la evaluación de los mecanismos de falla que pudiesen afectarlos con fallas tipo cuña (donde participa más de una estructura en la formación del bloque además de la cara libre formada por el propio talud), tipo planar (donde participa una sola estructura en la formación del bloque, además de la propia cara libre del talud) y tipo toppling ó volcamiento, en el cual se requiere que para más de una condición de fracturamiento se generen que estas estructuras intersecten



de cierta manera particular la cara libre del talud (estructura manteando contra talud de manera subvertical con cierto espaciamiento regular y al menos otra, subhorizontal que mantea a favor de talud). Una vez identificado los bloques que cinemática son factibles de generarse y que además no cumplen los criterios de aceptabilidad, se procede a realizar – mediante simulación numérica tipo hipercubo latino el delineamiento de la curva acumulada de plunge o manteo proyectado del plano intersección con que la cuña tiende a fallar hacia el talud (en caso de fallamiento tipo cuña) y/o la curva acumulada del manteo proyectado de la estructura que genera un fallamiento planar. En el caso que se identifique una condición de toppling se realiza la simulación de la curva acumulada de los plunge proyectados a partir del plano paralelo al talud dispuesto de manera subvertical. En el caso de la estimación de la pérdida de cresta proveniente de fallamientos circulares a nivel de banco se realiza una estimación a través de simples modelos bidimensionales de equilibrio límite el delineamiento de la extensión de esta magnitud tomando en cuenta en este caso la magnitud de las propiedades resistentes del macizo rocoso. Las Figuras 14a, 14b y 14c muestran la disposición de los perfiles tomados en paredes representativas del rajo que fueron utilizadas para el análisis banco – berma (en la mayoría de estos casos, la disposición de perfiles coinciden con las secciones geotécnicas tomadas para análisis Inter-rampa y global). Finalmente, las figuras 15a y 15b, ejemplifican la metodología de cálculo descrita anteriormente para la estimación de los valores de crestas pérdidas producto del logro de la geometría de los bancos, pre y post-tronadura y carguío de las líneas de diseño.

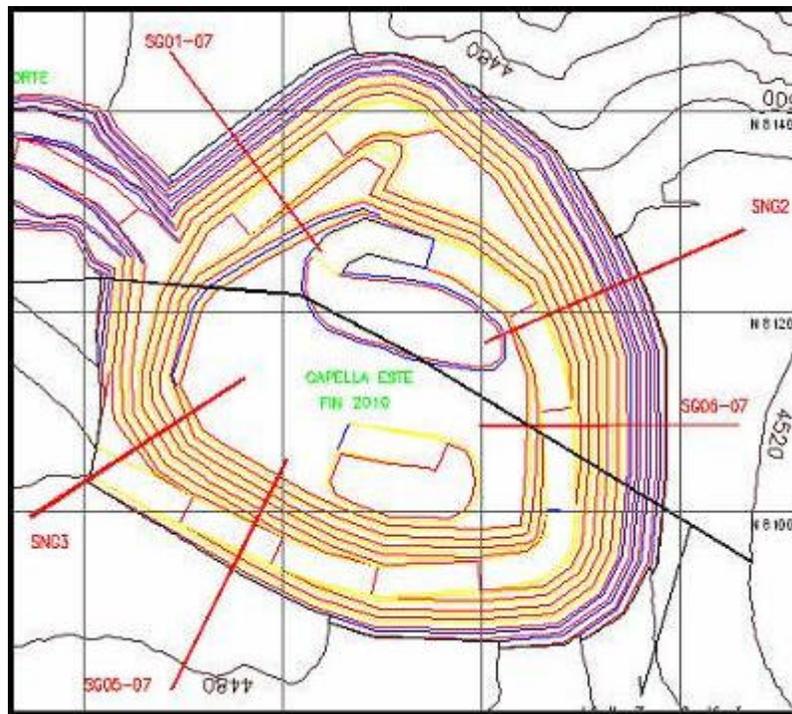


**Figura 14a** Disposición de secciones geotécnicas para análisis banco berma para año 2008 (SG01, SG02, SG03 y SG04)

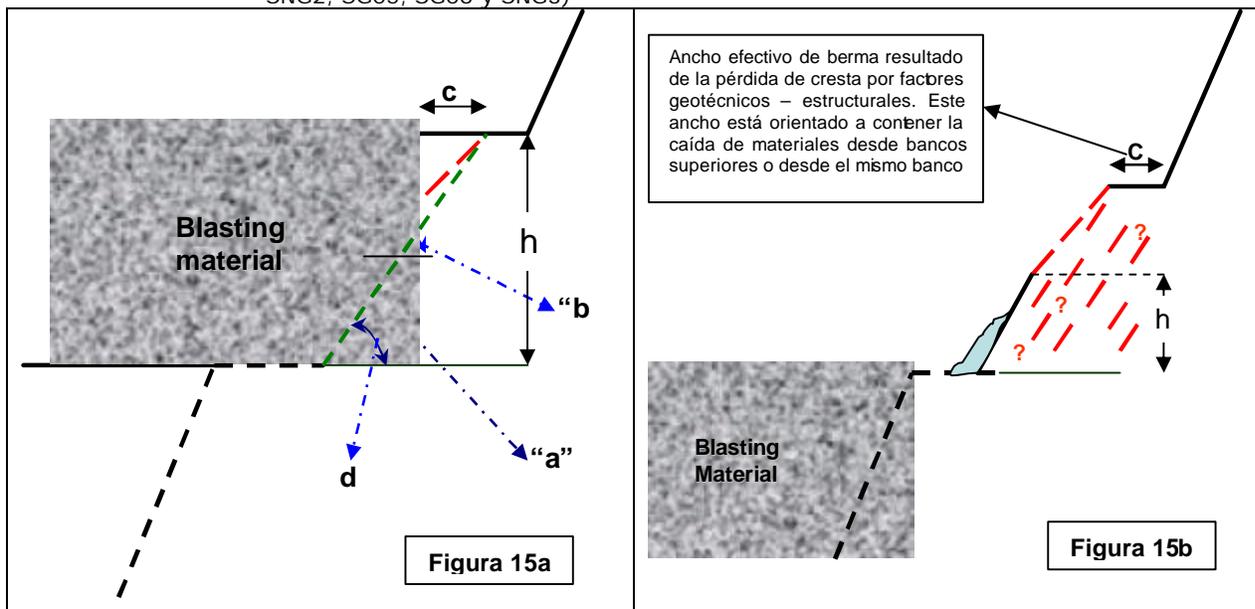


**Figura 14b.** Disposición de secciones geotécnicas para análisis banco berma para año

2009 (SG01, SG02, SNG2, SG05, SG06 y SG07)



**Figura 14c.** Disposición de secciones geotécnicas para análisis banco berma para año 2010 (SG01, SNG2, SG05, SG06 y SNG3)



**Figura 15. a)** Geometría banco – berma identificando en línea punteada roja aquella parte de la berma que en promedio se perdería producto de condiciones geológicas, geotécnicas y estructurales propias del macizo rocoso, c: pérdida de ancho de berma, h: altura de banco, b: manteo del bloque que potencialmente podría generarse, a: ángulo cara banco y d: manteo proyectado a la pata del talud del bloque o plano singular que potencialmente po-



dría generar la pérdida de cresta, **b)** Geometría resultante post-carguío de material tronado en el cual se aprecia la pérdida de cresta por condiciones estructurales y además, en la pata del talud material dispuesto que podría eventualmente generar caídas de rocas hacia bancos abajo.

De manera complementaria, la tabla 9 entregan un resumen con la identificación de los perfiles que fueron utilizados para el análisis a escala banco berma por zona Geotécnica y la Tabla 10, un detalle con la descripción respecto de la valides de cada uno de los perfiles según el año de vida de operación de rajo Huiniquinta Este Fase V.

**TABLA 9**

Identificación de posición de perfiles por zona Geotécnica (DD: Dip direction, hb: altura de banco,  $\alpha_B$ : ángulo cara banco)

Dominio	Perfil	DD (°)	h <sub>B</sub> (m)	$\alpha_B$ (°)	Berma (m)
ZG1	SG01-07	143	10	70	6.0
	SG02-07	216	10	70	6.0
	SG03-07	300	10	70	6.0
	SG06-07	270	10	70	6.0
	SNG2	247	10	70	6.0
ZG2	SG04-07	8	10	70	6.0
	SG05-07	27	10	70	6.0
	SG07-07	356	10	70	6.0
	SNG3	57	10	70	6.0

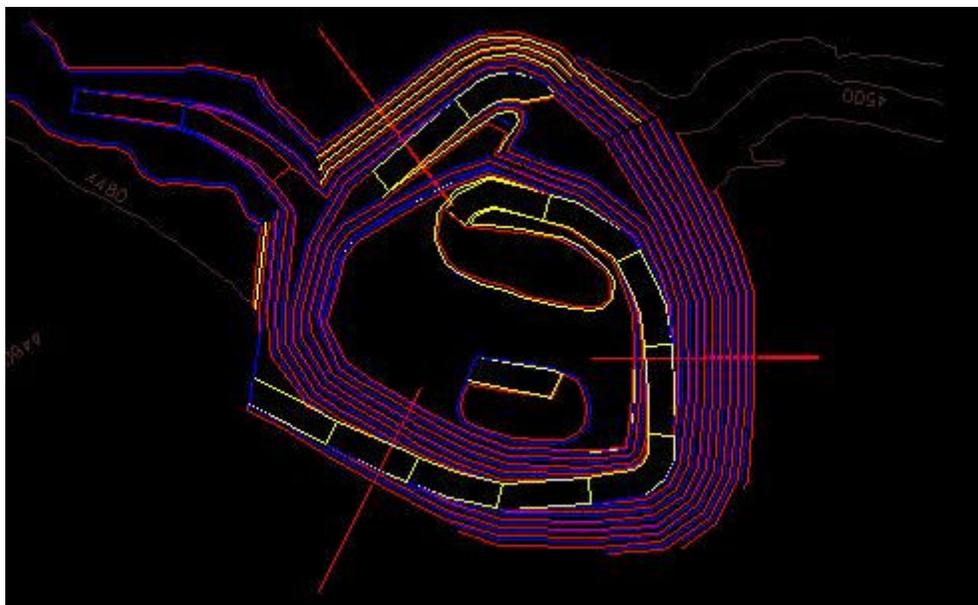
**TABLA 10**

Valides de perfiles geotécnicos por año de operación de Rajo Huiniquinta Este Fase V

Dominio	Perfil	Año		
		2008	2009	2010
ZG1	SG01-07	Si	Si	Si
	SG02-07	Si		
	SG03-07	Si	Si	
	SG06-07		Si	Si
	SNG2		Si	Si
ZG2	SG04-07	Si		
	SG05-07		Si	Si
	SG07-07		Si	
	SNG3			Si

Para ambos casos, y como se explica en Figura 15, los resultados del análisis cinemático a escala banco berma (que establecen en primera instancia una pérdida promedio de berma producto de eventuales inestabilidades generables a nivel de banco) fueron complementados con la simulación numérica de anchos mínimos de bermas que son necesarias de mantener dentro del diseño para

poder contener rocas que podrían caer desde el mismo banco o desde bancos superiores durante la propia explotación. La simulación de caída de rocas se realiza según diferentes coeficientes de rebotes dando origen a que las rocas durante su caída pueden desplazarse una menor o mayor distancia de lugar de origen. La Figura 16 muestran los perfiles que fueron utilizados para la simulación de la capacidad de contención de caídas de rocas dada las existencia de estas bermas efectivas.



**Figura 16.** Disposición de perfiles [SG01, SG02 y SG03] utilizados para que en un análisis banco berma se simulara la capacidad de contención de las bermas efectivas producto de caída de rocas. Los valores utilizados como coeficientes de rebote fueron extrapolados de la experiencia recopilada de minas actualmente en operación, particularmente de los materiales con comportamiento tipo suelo (gravas) existente en la Fase V de Mina Rosario y son los siguientes: Coeficiente de rebote normal = 0.80 y coeficiente de rebote tangencial = 0.65, además se utilizó un ángulo de fricción del material (roca) igual a  $30^\circ$ .

### 5.2.2 A NIVEL INTER-RAMPA Y GLOBAL

Para la evaluación geomecánica del diseño de los taludes, se utilizará una metodología basada en la estimación de estabilidad de geometrías de diseños a partir del cálculo de Factores de Seguridad. Estos Factores serán calculados utilizando el programa SLIDE V5.0 que trabaja basado en método de equilibrio límites permitiendo evaluar el fallamiento de la roca conforme un criterio de ruptura pre-establecido. La estimación de la probabilidad de Falla fue calculada utilizando la variabilidad de los parámetros más críticos que sustentan la condición de estabilidad, es decir, cohesión y fricción, tanto de las estructuras como del macizo rocoso. Una vez estimada el factor de seguridad para cada combinación de propiedades máximas, mínimas y promedio tanto de las estructuras como



del macizo rocoso se emplea la metodología de Rossenbloth la cual simula el Factor de Seguridad probabilísticamente a partir del valor más probable y el rango de variación. Para la implementación del programa SLIDE se consideran lo siguientes supuestos que se consideran válidos para esta etapa de análisis y dado el tipo de material simulado.

- ? El análisis es bidimensional a partir de 7 secciones representativas de las paredes del rajo Huinquentipa Este Fase V, las cuales serán validas de manera variable en los 3 años de vida útil del proyecto.
- ? No se consideran estructuras explícitas dentro del material. Solamente se incorporan patrones anisotrópicos implícitos de resistencia dado el dominio estructural en el cual se toma la sección.
- ? Los materiales utilizados dentro del modelo no tienen la capacidad de deformarse antes de fallar. El programa realiza internamente el ejercicio de evaluar los máximos esfuerzos inducidos al corte respecto de la máxima resistencia al corte para validar la condición de rotura de éste.
- ? El efecto de eventuales escurrimientos de aguas subterráneas queda definido por la posición del nivel freático.
- ? No se considera el efecto del peso de la roca en profundidad en la variación de las propiedades resistentes y deformacionales de los materiales.

## 5. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL DISEÑO

### 5.2.3 A ESCALA BANCO BERMA

#### A) ANÁLISIS CINEMÁTICO

La Tabla 11 entrega los resultados generados con el análisis cinemático a partir de todas las estructuras definidas en las Zonas Geotécnicas del sector.

**TABLA 11**  
 Resultados de pérdida esperadas de berma conforme los resultados de análisis cinemáticos para distintos mecanismos de Falla en zonas Geotécnicas

Zona Geotécnica	Pérdida esperadas de berma	Mecanismo de Falla			
		Cuña	Planar	Toppling	Circular
ZG-01 [Pared Norte]	= 2.0	1.2-1.9	1-2m	No se genera <sup>[2]</sup>	< 1.1 <sup>[3]</sup>



Zona Geotécnica	Pérdida esperada de berma	Mecanismo de Falla			
		Cuña	Planar	Toppling	Circular
ZG-02 [Pared Sur]	= 1.6	1.0 – 1.6m	0.5-1.5m	No se genera <sup>[2]</sup>	<0.8 <sup>[3]</sup>

<sup>[1]</sup> A nivel de esta etapa del Proyecto y dado la confiabilidad en la información utilizada se acepta trabajar con un 50% de la curva acumulada de los datos en lo que respecta a Plunge Proyectados a escala banco berma.

<sup>[2]</sup> Conforme los resultados obtenidos con los análisis cinemáticos que se muestran en anexos del presente documento

<sup>[3]</sup> Se aplicó en aquellas materiales que poseen un comportamiento tipo suelo (particularmente las gravas).

## B) ANÁLISIS DE BERMAS MÍNIMAS A PARTIR DE SIMULACIÓN DE CAÍDA DE ROCAS

El análisis geotécnico de las bermas mínimas necesarias para contener caídas de rocas fue realizado a través del programa RockFall. Las gráficas con la simulación de la extensión de caídas de rocas para cada uno de los 3 perfiles tomados se entregan en anexos del presente documento.

*No obstante, se aprecia que en general bermas mínimas de 4m son suficientes para contener caídas de materiales desde bancos superiores. Esto, para ángulos Inter-rampa de 46° y altura totales Inter-rampa de hasta de 11 bancos (110m de altura). En todos los casos, se considera la construcción de pretilas de seguridad de 2.0m de altura sólo en el piso del último banco en cuestión (que normalmente corresponde a un sector que presenta un mayor ancho) como se muestra en anexos del presente documento.*

### 5.2.2 NIVEL INTER-RAMPA Y GLOBAL

Los resultados obtenidos a nivel Inter-rampa y globales para una condición estática son entregados en anexos del presente documento.



# ANEXOS



# **ANEXO 1**

## **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES**

### **— PROYECTO EXPLOTACIÓN HUINQUINTIPA ESTE**

PROPIEDADES A NIVEL DE ROCA INTACTA																										
RSU											Joint Condition			mi			BSU									
Unidad Volcánica: Lavas y Tobas	Rocas Volcánicas (e.g. Dacitas, Riolitas, Andesitas, Tobas)	principalmente alteración argílica, cuarzo sericita, clorita y propilitica.		Descripción fotografía: Dacita con alteración clorítica moderada	Densidad de la roca (ton/m3)	UCS (MPa) [PLT]			RSU Rating			Rating			Laboratorio			Valores			Rating					
						Limite Inferior	Promedio	Limite Superior	ID	FF/m	RQD	Limite Inferior	Promedio	Limite Superior												
																					1	>20	<25%	8	10	12
																					2	3-20	25-50%	13	19	25
																					3	1-3	50-75%	26	32	37
																		4	0.3-1	75-90%	38	42	46			
																		5	<0.3	90-100%	47	49	50			

PROPIEDADES A NIVEL DE ROCA INTACTA																													
RSU											Joint Condition			mi			BSU												
Unidad Sedimentaria	Rocas Sedimentarias (e.g. arenisca, lutitas, conglomerados, calizas)	Principalmente alteración argílica, cuarzo sericita, epidota y clorita.		Descripción fotografía: Arenisca con alteración clorítica y argílica leve	Densidad de la roca (ton/m3)	UCS (MPa) [Laboratorio]			RSU Rating			Rating			Laboratorio			Valores			Rating								
						Limite Inferior	Promedio	Limite Superior	Limite Inferior	Promedio	Limite Superior	Limite Inferior	Promedio	Limite Superior	Limite Inferior	Promedio	Limite Superior	ID	FF/m	RQD	Limite Inferior	Promedio	Limite Superior						
																								1	>20	<25%	8	10	12
																								2	3-20	25-50%	13	19	25
																								3	1-3	50-75%	26	32	37
																					4	0.3-1	75-90%	38	42	46			
																					5	<0.3	90-100%	47	49	50			

RSU											Joint Condition			mi			BSU						
Gravas y paleograsas				Descripción fotografía: Grava bien consolidada, clasto soportado con cemento de óxidos de cobre	Densidad de la roca (ton/m3)	UCS (MPa) [Laboratorio]			RSU Rating			Rating			Laboratorio			Valores			Rating		
						N/A			N/A			N/A			Sin información disponible			No aplica					
					1.67	N/A			N/A			N/A			Sin información disponible			No aplica					



## **FASE V**

### **ANEXO 2.1**

### **RESULTADOS DE ANÁLISIS CINEMÁTICO DE ESTABILIDAD A ESCALA BANCO BERMA ORIENTADO A ESTIMAR PÉRDIDA DE CRESTA PRODUCTO DE**



# **CONDICIONES ESTRUCTURALES Y DE CALIDAD GEOTÉCNICA DEL MACIZO ROCOSO.**

## **A) Resultados de análisis cinemático con Mecanismo de Falla Tipo Cuña para Zona Geotécnica 01**



Slope	Wedge	Prob. Kinematically Valid Wedge (PK)	Prob. Sliding (PS)	Prob. Failure (PF = PK x PS)	Wedge Shown (1) minimum (1) average	Sliding Failure Mode (1) Intersection line (2) Plane # 1 (3) Plane # 2 (99) Out of Range	FOS	Volume (m³)	Bench Width (m)	Modified Height (m)	Trend (°)	Plunge (°)
sg2-07	s1-a2	89.7	70.8	63.5	1	1	0.76	26.72	4.48	10.00	263.5	39.7
sg2-07	s1-a7	100.0	77.3	77.3	1	1	0.96	105.55	5.75	10.00	258.5	37.7
sg2-07	s1-a8	6.8	0.0	0.0	0	1	8.01	0.41	6.00	0.55	214	5
sg2-07	s1-a9	0.0	100.0	0.0	0	1	1.01	0.23	0.32	9.99	297	30
sg2-07	s2-a7	100.0	97.0	97.0	1	1.00	0.66	130.76	5.38	10.00	258	39
sg2-07	s2-a8	100.0	0.0	0.0	1	1.00	3.12	5.37	6.00	1.55	194	12
sg2-07	s2-a9	3.8	64.5	2.4	0	2.00	0.58	1.37	0.59	9.99	295	32
sg2-07	s7-a8	0.4	100.0	0.4	0	2.00	0.27	0.04	0.08	9.99	141	43
sg2-07	s7-a9	49.6	0.0	0.0	0	1.00	3.40	44.06	5.00	5.14	280	15
sg2-07	s2-a3	58.7	74.2	73.3	1	1.00	0.73	72.41	6.00	8.29	275	40
sg2-07	s2-a6	52.5	93.8	49.2	1	2.00	0.61	0.35	0.38	10.00	224	30
sg2-07	s2-a7	99.1	97.0	96.1	1	2.00	0.61	101.42	5.45	10.00	258	39
sg2-07	s2-a8	0.0	0.0	0.0	0	2.00	2.94	338.70	6.00	7.23	212	5
sg2-07	s2-a9	100.0	71.4	71.4	1	1.00	0.96	60.90	6.00	4.96	311	32
sg2-07	s3-a6	58.2	0.0	0.0	1	1.00	35.13	0.09	6.00	0.29	310	3
sg2-07	s3-a7	64.4	47.0	30.3	1	1.00	0.87	1.09	1.05	10.00	246	52
sg2-07	s3-a9	100.0	0.1	0.1	1	1.00	2.17	8.81	6.00	2.49	297	20
sg2-07	s6-a7	100.0	3.8	3.8	1	1.00	2.18	13.96	6.00	3.62	268	23
sg2-07	s6-a8	0.0	0.0	0.0	0	2.00	4.61	119.95	3.56	10.00	211	7
sg2-07	s6-a9	100.0	0.0	0.0	1	1.00	2.68	5.06	6.00	1.58	291	13
sg2-07	s7-a9	49.6	0.0	0.0	0	1.00	3.40	3.93	6.00	1.95	280	15
sg1-07	s1-a2	0.0	0.0	0.0	0	1.00	2.70	0.22	0.33	9.99	226	23
sg1-07	s1-a6	0.0	33.3	0.0	0	3.00	0.84	0.65	0.11	9.99	226	25
sg1-07	s1-a8	6.8	0.0	0.0	0	1.00	8.01	25.88	6.00	2.24	214	5
sg1-07	s2-a3	0.0	100.0	0.0	0	1.00	0.67	0.07	0.25	10.00	204	53
sg1-07	s2-a6	44.4	27.7	12.3	0	3.00	0.57	0.04	0.15	10.00	218	36
sg1-07	s2-a8	100.0	0.0	0.0	1	1.00	3.12	17.80	6.00	2.42	194	12
sg1-07	s3-a6	41.8	0.0	0.0	0	1.00	1.41	5.19	2.98	9.99	201	35
sg1-07	s3-a7	0.5	95.7	0.4	0	3.00	0.21	0.53	0.54	10.00	187	63
sg1-07	s3-a8	100.0	86.3	86.3	1	1.00	0.88	84.73	6.00	6.56	164	36
sg1-07	s6-a8	100.0	16.1	16.1	1	1.00	1.34	53.71	6.00	4.25	182	24
sg1-07	s7-a8	100.0	100.0	100.0	1	1.00	0.51	137.21	5.31	10.00	126	47
sg1-07	s7-a9	50.4	0.0	0.0	1	1.00	387.91	0.00	6.00	0.02	99	0
sg1-07	s8-a9	37.6	100.0	37.6	0	2.00	0.29	3.20	0.15	10.00	66	38
sg6-07	s1-a3	100.0	99.9	99.9	1	1.00	0.66	106.97	6.00	8.30	270	43
sg6-07	s1-a6	100.0	66.0	66.0	1	1.00	1.01	61.30	6.00	4.57	246	29
sg6-07	s1-a7	100.0	77.3	77.3	1	1.00	0.96	55.90	6.00	6.59	260	38
sg6-07	s1-a8	6.8	0.0	0.0	0	1.00	8.01	1.81	6.00	0.92	214	5
sg6-07	s1-a9	50.0	99.9	50.0	1	2.00	0.43	0.00	0.02	10.00	338	46
sg6-07	s3-a6	58.2	0.1	0.0	1	1.00	35.13	0.20	6.00	0.38	310	3
sg6-07	s3-a7	90.7	62.1	56.3	1	1.00	0.87	16.16	3.63	10.00	246	52
sg6-07	s3-a8	0.0	100.0	0.0	0	2.00	1.00	15.14	1.90	10.00	191	25
sg6-07	s3-a9	100.0	0.1	0.1	1	1.00	2.17	12.44	6.00	2.83	297	20
sg6-07	s6-a7	100.0	3.8	3.8	1	1.00	2.18	14.77	6.00	2.99	268	23
sg6-07	s6-a8	22.4	53.1	11.9	0	2.00	0.59	0.48	0.31	10.00	185	24
sg6-07	s6-a9	100.0	0.0	0.0	1	1.00	2.68	8.24	6.00	1.68	291	13
sg6-07	s7-a9	49.6	0.0	0.0	0	1.00	3.40	3.30	6.00	1.87	280	15
sm2	s1-a2	99.9	73.8	73.7	1	1.00	0.76	88.21	6.00	7.61	264	40
sm2	s1-a3	100.0	99.9	99.9	1	1.00	0.66	150.55	6.00	9.42	270	43
sm2	s1-a6	100.0	66.0	66.0	1	1.00	1.01	72.20	6.00	4.09	246	29
sm2	s1-a7	100.0	77.3	77.3	1	1.00	0.96	46.60	6.00	6.66	260	38
sm2	s1-a8	6.8	0.0	0.0	0	1.00	8.01	0.61	6.00	0.63	214	5
sm2	s1-a9	5.4	99.4	6.4	0	2.00	0.40	0.68	0.58	9.99	315	47
sm2	s2-a3	100.0	97.4	97.4	1	2.00	0.61	236.10	6.00	8.56	275	40
sm2	s2-a6	100.0	86.7	86.7	1	3.00	0.87	146.44	6.00	5.00	224	30
sm2	s2-a7	100.0	97.0	97.0	1	1.00	0.66	134.25	6.00	7.22	258	39
sm2	s2-a8	100.0	0.0	0.0	1	1.00	3.12	24.15	6.00	2.51	194	12
sm2	s2-a9	91.4	97.1	88.8	1	2.00	0.61	62.57	3.48	10.00	311	32
sm2	s3-a6	58.7	0.8	0.5	1	1.00	35.13	1.10	6.00	0.65	310	3
sm2	s3-a7	97.4	64.7	63.0	1	1.00	0.87	46.34	4.31	10.00	246	52
sm2	s3-a8	14.9	100.0	14.8	0	2.00	0.26	0.10	0.12	10.00	174	42
sm2	s3-a9	100.0	0.1	0.1	1	1.00	2.17	37.45	6.00	4.18	297	20
sm2	s6-a7	100.0	3.8	3.8	1	1.00	2.18	34.81	6.00	3.26	268	23
sm2	s6-a8	96.9	80.4	77.9	1	2.00	0.87	191.16	6.00	9.73	182	24
sm2	s6-a9	100.0	0.0	0.0	1	1.00	2.68	23.78	6.00	2.23	291	13
sm2	s7-a9	49.6	0.0	0.0	0	1.00	3.40	5.39	6.00	2.27	280	15

**b) Resultados de análisis cinemático con Mecanismo de Falla Tipo Cuña para Zona Geotécnica 02**



Slope	Wedge	Prob. Kinematically Valid Wedge (PK)	Prob. Sliding (PS)	Prob. Failure (PF = PK x PS)	Wedge Shown. (0): minimum (1): average	Sliding Failure Mode: (1): Interseccion line (2): Plane # 1 (3): Plane # 2 (99): Out of Range	FOS
sg04-07	s4-s5	5.0	0.0	0.0	0	2	1.74
sg04-07	s4-s10	0.9	0.0	0.0	0	1	3.05
sg04-07	s4-s11	31.4	0.0	0.0	0	1	4.04
sg04-07	s4-s12	98.9	0.0	0.0	1	1	3.29
sg04-07	s4-s13	98.9	25.6	25.3	1	1	1.39
sg04-07	s5-s10	2.1	0.0	0.0	0	1	5.19
sg04-07	s5-s13	21.2	0.0	0.0	0	1.00	4.96
sg04-07	s10-s11	0.0	33.3	0.0	0	1.00	0.82
sg04-07	s10-s12	0.0	100.0	0.0	0	1.00	0.35
sg04-07	s10-s13	0.0	100.0	0.0	0	3.00	0.24
sg04-07	s11-s12	3.9	82.5	3.2	0	1.00	0.36
sg04-07	s11-s13	19.4	100.0	19.4	0	3.00	0.20
sg04-07	s12-s13	61.6	99.9	61.5	1	3.00	0.30
sg07-07	s4-s5	15.4	0.1	0.0	0	2.00	0.95
sg07-07	s4-s10	17.2	1.3	0.2	0	2.00	0.79
sg07-07	s4-s11	31.4	0.0	0.0	0	1.00	4.04
sg07-07	s4-s12	98.9	0.0	0.0	1	1.00	3.29
sg07-07	s4-s13	98.9	25.6	25.3	1	1.00	1.39
sg07-07	s5-s10	49.3	0.0	0.0	0	1.00	2.25
sg07-07	s5-s13	21.2	0.0	0.0	0	1.00	4.96
sg07-07	s11-s12	1.5	58.4	0.9	0	1.00	0.51
sg07-07	s11-s13	1.4	100.0	1.4	0	1.00	0.24
sg07-07	s12-s13	37.6	99.9	37.5	0	3.00	0.19
sg05-07	s4-s5	0.8	0.0	0.0	0	1.00	4.61
sg05-07	s4-s10	1.1	0.0	0.0	0	1.00	2.03
sg05-07	s4-s11	31.4	0.0	0.0	0	1.00	4.04
sg05-07	s4-s12	98.9	0.0	0.0	1	1.00	3.29
sg05-07	s5-s10	1.0	0.0	0.0	0	1.00	33.86
sg05-07	s10-s11	2.6	98.9	2.6	0	1.00	0.48
sg05-07	s10-s12	0.5	100.0	0.5	0	1.00	0.20
sg05-07	s11-s12	12.6	94.5	11.9	0	3.00	0.25
sng3	s4-s5	1.0	0.0	0.0	0	2.00	1.97
sng3	s4-s10	1.1	0.0	0.0	0	1.00	2.03
sng3	s4-s11	31.4	0.0	0.0	0	1.00	4.04
sng3	s4-s12	98.9	0.0	0.0	1	1.00	3.29
sng3	s4-s13	1.1	1.9	0.0	0	3.00	0.32
sng3	s5-s10	1.0	0.0	0.0	0	1.00	33.86
sng3	s5-s12	0.0	100.0	0.0	0	3.00	0.33
sng3	s5-s13	78.8	0.0	0.0	1	1.00	11.31
sng3	s10-s11	50.9	99.9	50.9	1	1.00	0.41
sng3	s10-s12	50.2	100.0	50.2	0	3.00	0.19
sng3	s10-s13	100.0	0.2	0.2	1	1.00	2.18
sng3	s11-s12	49.6	98.6	48.9	0	3.00	0.19
sng3	s11-s13	100.0	99.7	99.7	1	1.00	0.61
sng3	s12-s13	99.1	100.0	99.0	1	1.00	0.36

**C) Resultados de análisis cinemático con Mecanismo de Falla Tipo Planar para ambas zonas geotécnicas**



Dominio	Perfil	Sistema	Sistema			Dip Dir Talud (°)	h <sub>s</sub> (m)	α <sub>s</sub> (°)	DESPLAZAMIENTOS PLANOS BB OXIDO											
			Dip (°)	DipDir (°)	Dipap (°)				F. S.	P. F. (%)	h' (m)	Vol. Prom. (m <sup>3</sup> /m)	L <sub>0</sub> Prom. (m)	Tonelaje Prom. (ton/m)	Pérdida Berma (m)	Vol. 70% (m <sup>3</sup> /m)	L <sub>0</sub> V <sub>70%</sub> (m)	Tonelaje V <sub>70%</sub> (ton/m)	Angulo IRA Diseño (°)	
ZG1	SG02-07	S3	54 ± 6	222 ± 11	54	216	10	70	0.37	100	10.0	18	5.3	47	3.6	21	5.7	42	46	
ZG1	SG02-07	S4	30 ± 6	224 ± 17	40	216	10	70	0.88	73	4.4	13	5.2	34	6.0	15	5.3	40	46	
ZG1	SG03-07	S1	50 ± 6	309 ± 8	49	300	10	70	0.44	100	10.0	25	5.3	66	5.1	27	5.5	71	46	
ZG1	SG06-07	S2	40 ± 7	269 ± 9	40	270	10	70	0.61	100	7.2	22	3.3	57	6.0	26	3.4	66	46	
ZG2	SG04-07	S6	60 ± 7	30 ± 7	58	8	10	70	0.32	100	10.0	13	4.8	34	2.6	16	5.4	42	46	
ZG2	SG05-07	S6	60 ± 7	30 ± 7	40	27	10	70	0.29	100	10.0	11	0.9	28	2.1	14	1.0	36	46	

**d) Resultados de análisis cinemático con Mecanismo de Falla Tipo Toppling para ambas zonas geotécnicas**

Dominio	Perfil	DD (°)	Sistema	Angulo c/r Rumbo Estructura (δ <sub>r</sub> )	Manteo Aparente Estructura (α <sub>r</sub> )
ZG1	SG01-07	143	S1	14	49
	SG02-07	216	S7	27	47
	SG03-07	300	S6	4	40
	SG06-07	270	S6	26	37
ZG2	SG04-07	8	S2	14	39
			S3	4	72
	SG05-07	27	S2	5	40
			S3	23	70
	SG07-07	356	S2	26	37
			S3	8	71



## **ANEXO 2.2**

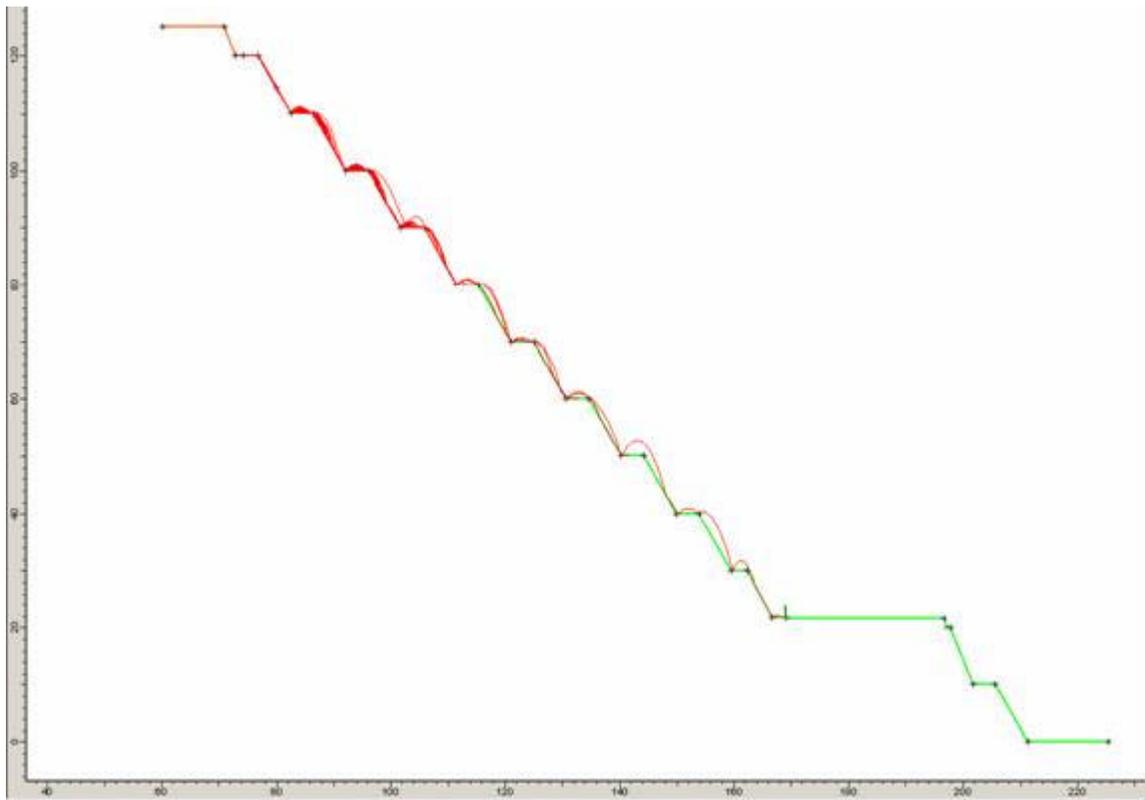
### **RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD A ESCALA BANCO BERMA ORIENTADO A ESTIMAR LA BERMAS MÍNIMAS NECESARIAS DE IMPLEMENTAR PARA CONTENER CAIDA DE ROCAS**



**Figura 2.2.1** Resultados con simulación de caída de materiales desde bancos superiores en SG-01 de Figura 16.



**Figura 2.2.2** Resultados con simulación de caída de materiales desde bancos superiores en SG-02 de Figura 16.



**Figura 2.2.3** Resultados con simulación de caída de materiales desde bancos superiores en SG-03 de Figura 16.



## **ANEXO 3**

### **SECCIÓN GEOTÉCNICA SG01**

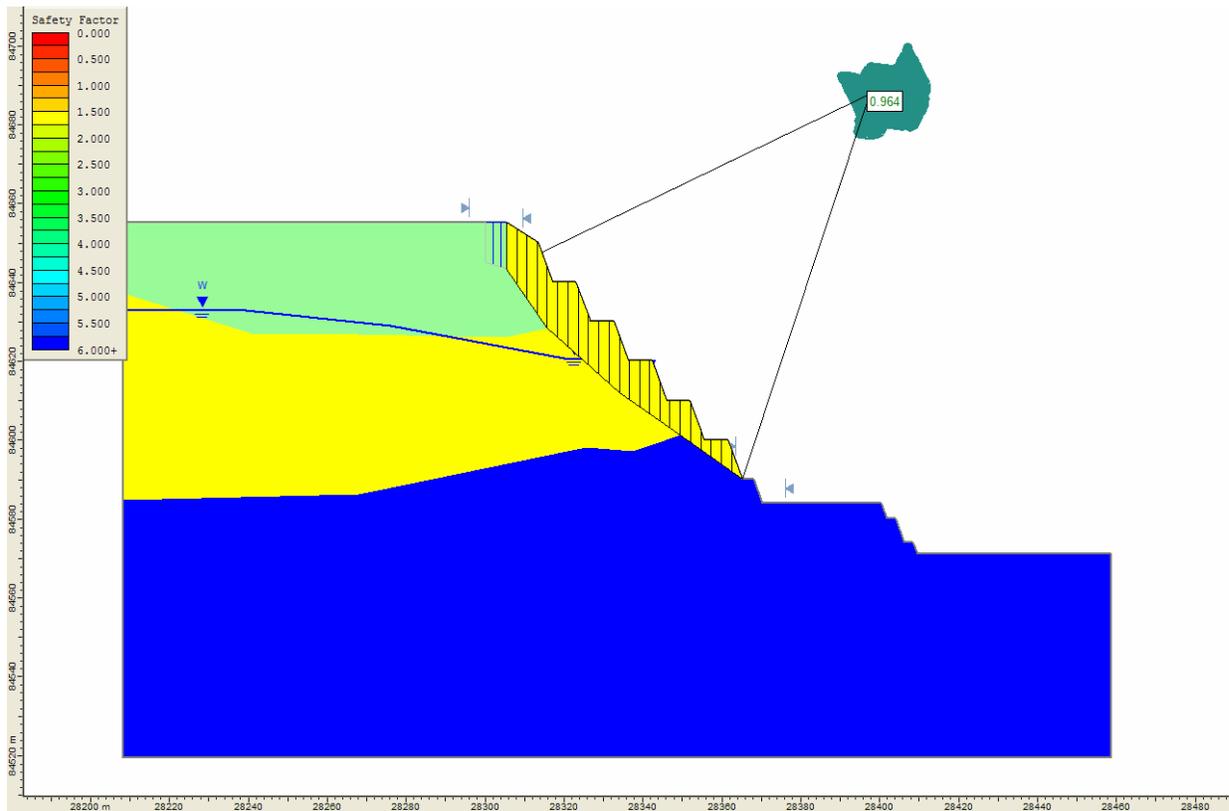
#### **RESULTADOS DE ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE ESTABILIDAD A ESCALA INTER-RAMPA**

#### **ANEXO 3A: CONDICIÓN ESTÁTICA**

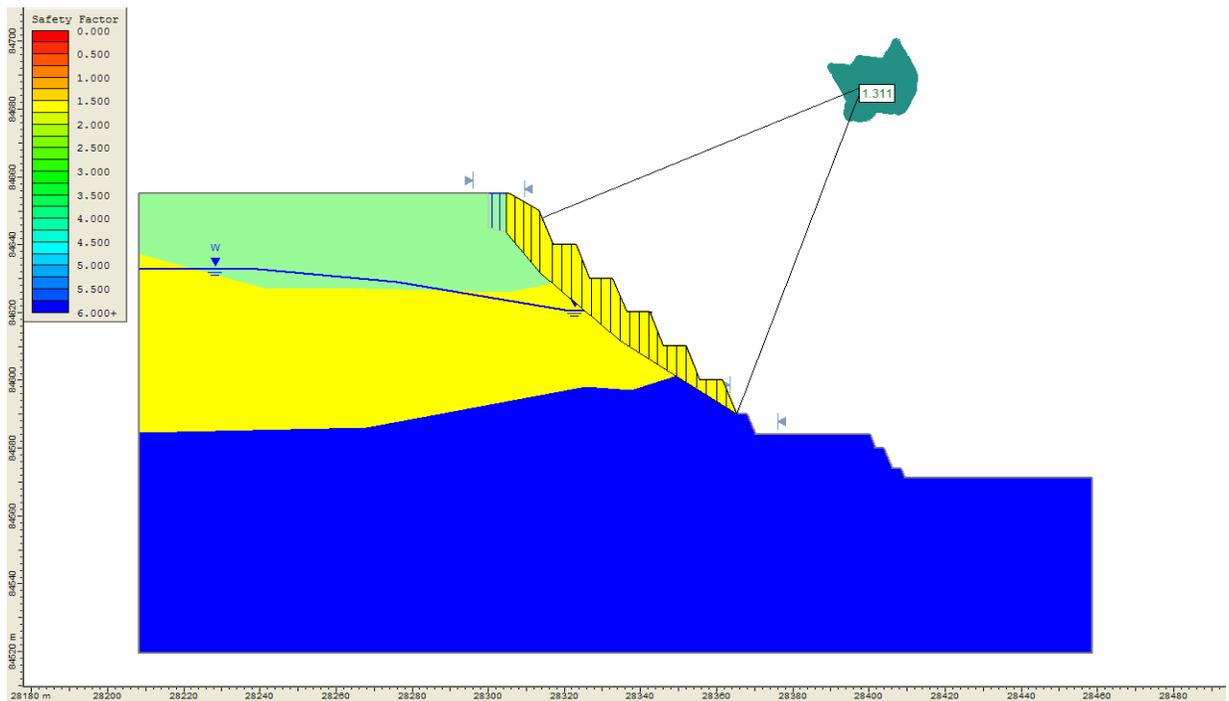


# **AÑO 2008**

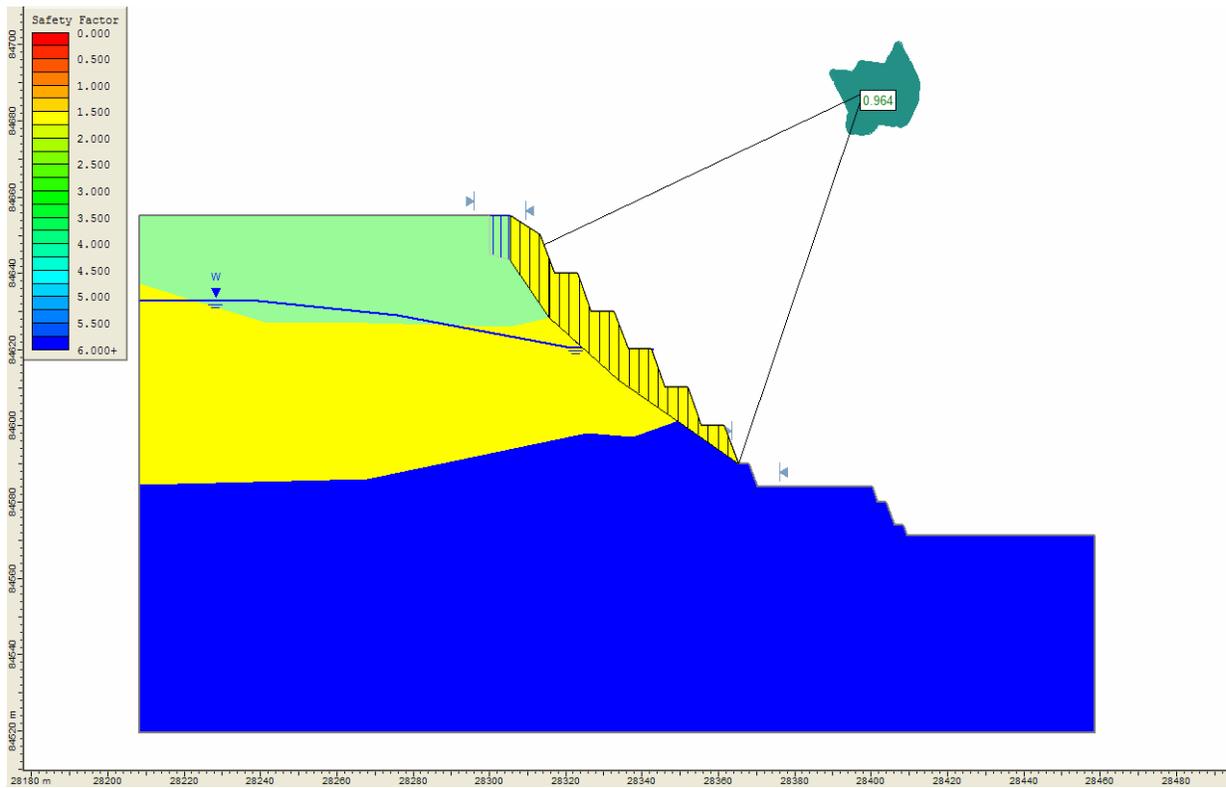
## **INTER-RAMPA BANCOS 4490-4430**



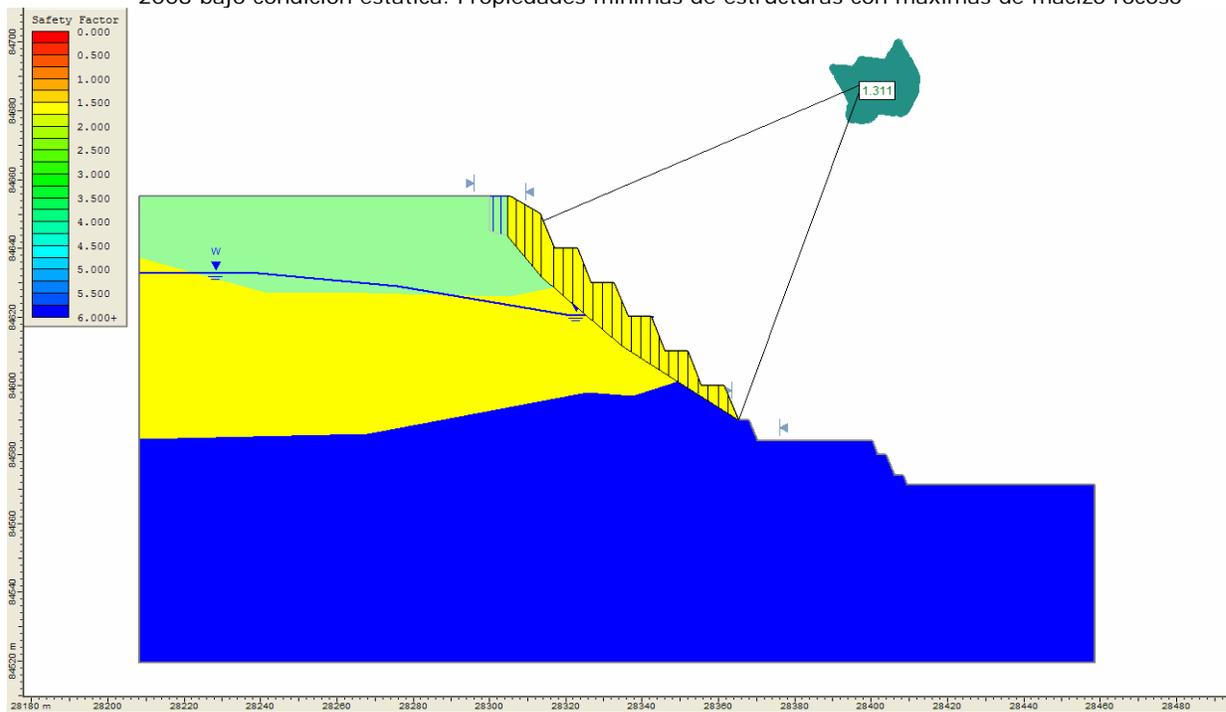
**Figura 3.1** Factor de Seguridad a nivel Inter.-rampa entre bancos (4490-4430). Sección Geotécnica 01 – Año 2008 - condición estática. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.



**Figura 3.2** Factor de Seguridad a nivel Inter.-rampa entre bancos (4490-4430). Sección Geotécnica 01 – Año 2008 bajo condición estática. Propiedades máximas de estructuras con máximas de macizo rocoso



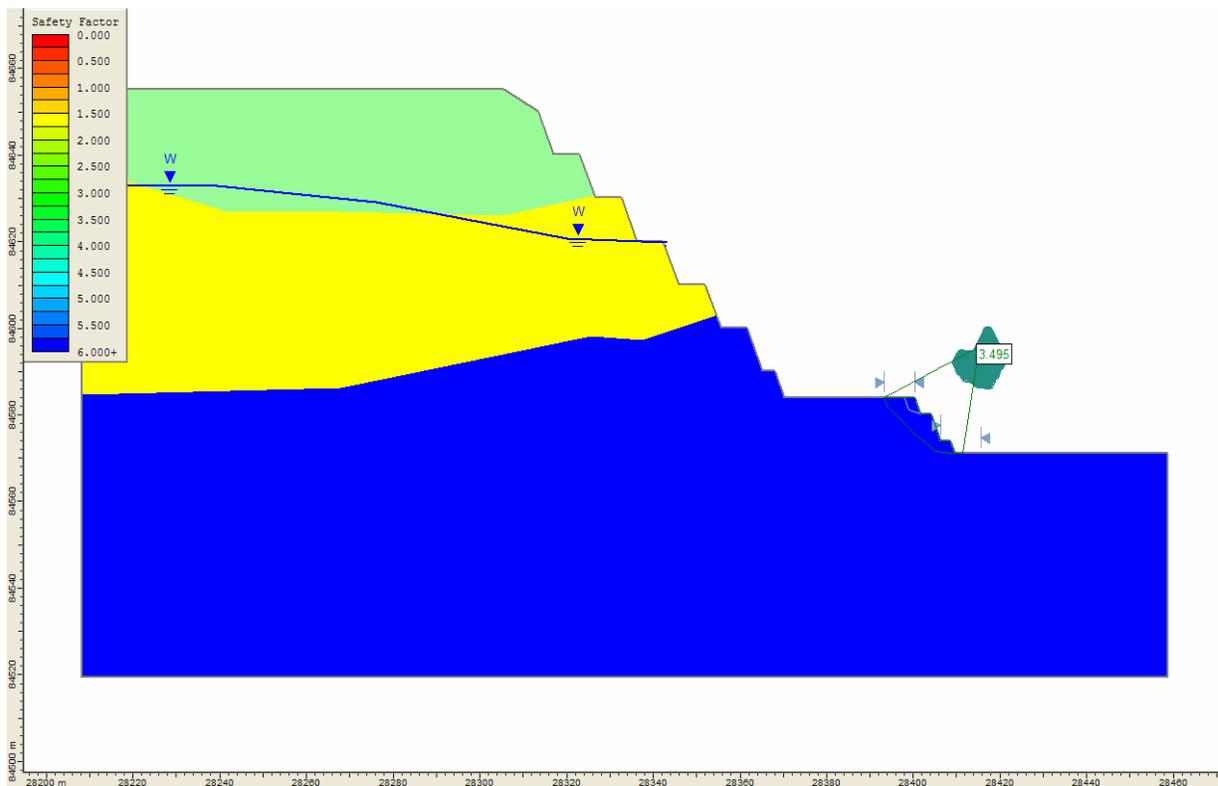
**Figura 3.3** Factor de Seguridad a nivel Inter.-rampa entre bancos (4490-4430). Sección Geotécnica 01 – Año 2008 bajo condición estática. Propiedades mínimas de estructuras con máximas de macizo rocoso



**Figura 3.4** Factor de Seguridad a nivel Inter.-rampa entre bancos (4490-4430). Sección Geotécnica 01 – Año 2008 bajo condición estática. Propiedades máximas de estructuras con mínimas de macizo rocoso



# **I** NTER-RAMPA **BANCOS 4430-4410**

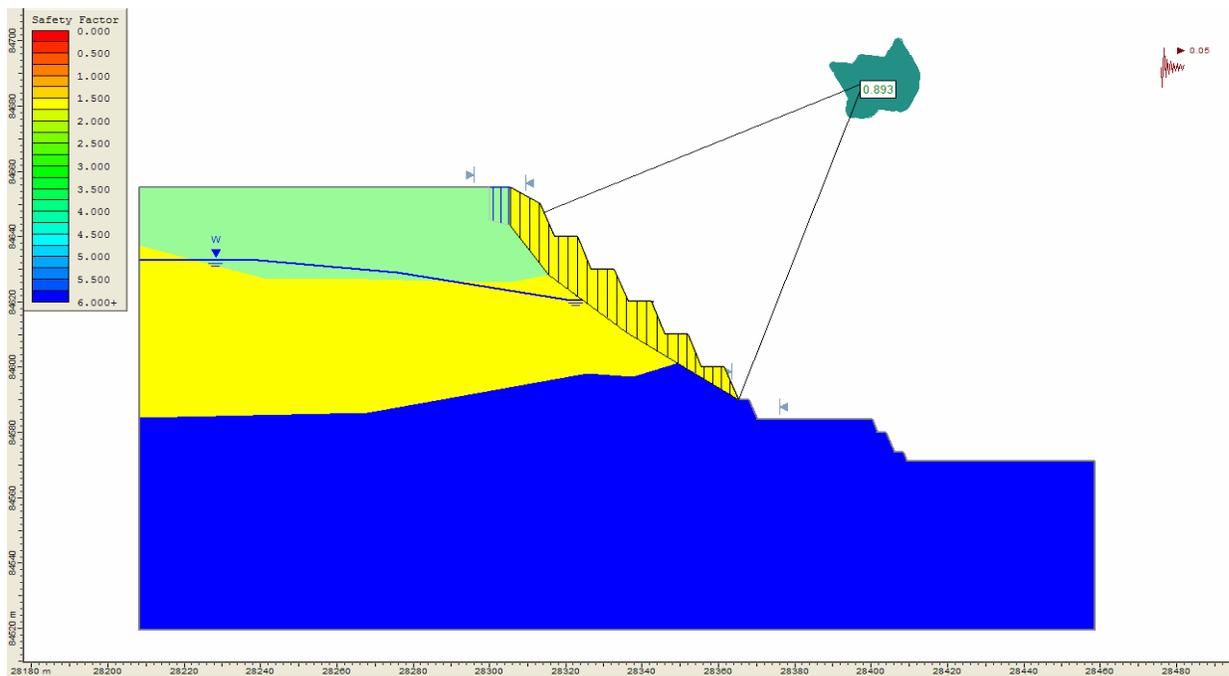


**Figura 3.5** Factor de Seguridad a nivel Inter.-rampa entre bancos (4430-4410). Sección Geotécnica 01 – Año 2008 - condición estática. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

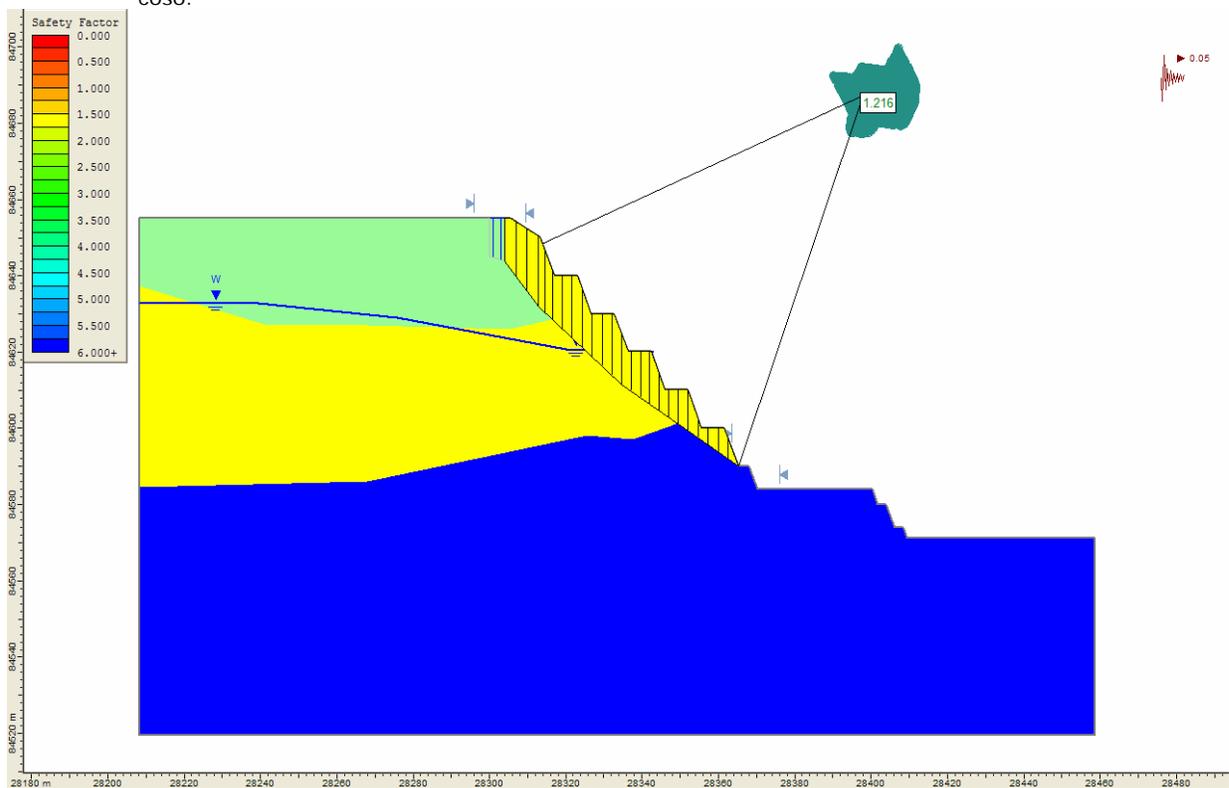
Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 2.0. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 2.0. Esto bajo una condición de análisis estático.



## **ANEXO 3B: CONDICIÓN CUASI-ESTÁTICA [SISMO OPERACIONAL]**



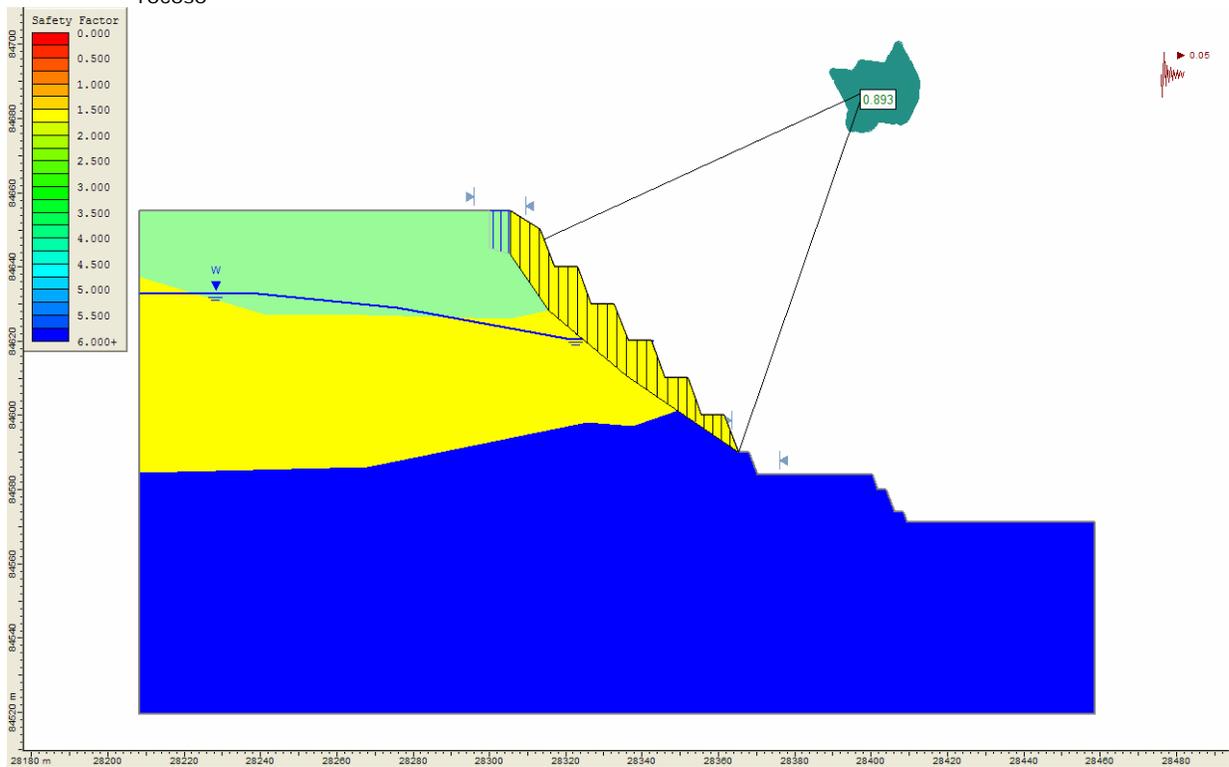
**Figura 3.6** Factor de Seguridad a nivel Inter.-rampa entre bancos (4490-4430). Sección Geotécnica 01 – Año 2008 - condición Sismo operacional. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.



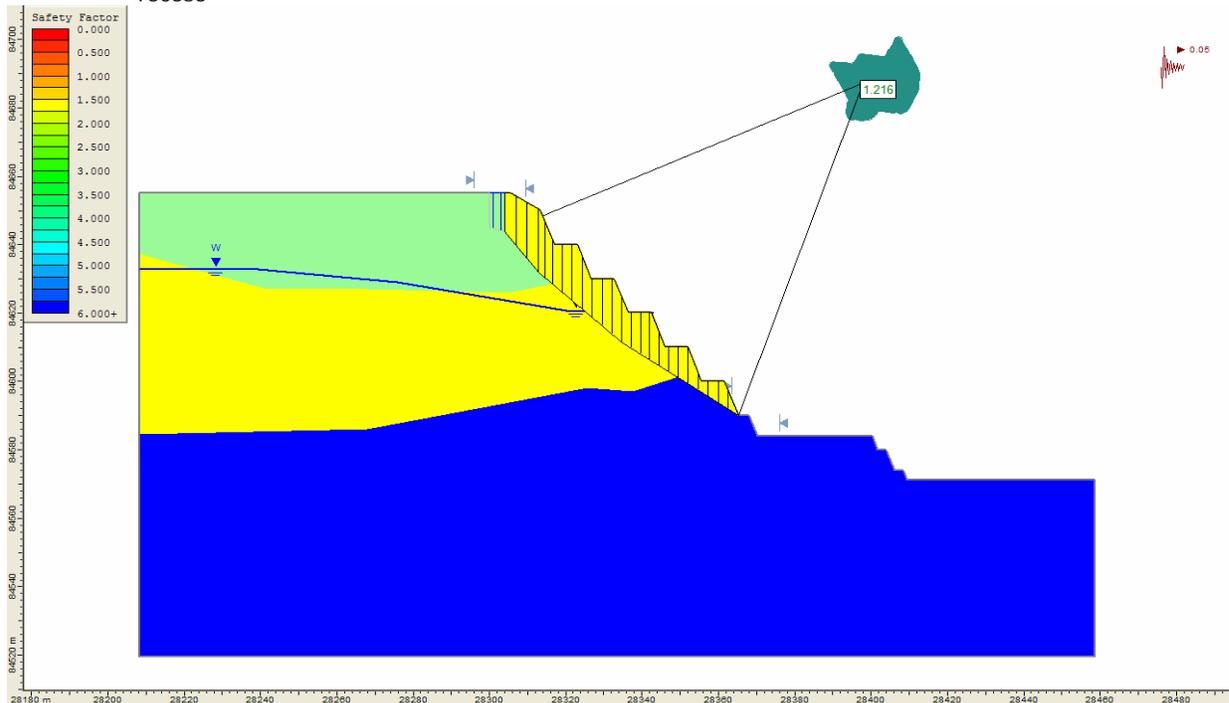
**Figura 3.7** Factor de Seguridad a nivel Inter.-rampa entre bancos (4490-4430). Sección Geotécnica 01 – Año



2008 bajo condición Sismo operacional. Propiedades máximas de estructuras con máximas de macizo rocoso



**Figura 3.8** Factor de Seguridad a nivel Inter.-rampa entre bancos (4490-4430). Sección Geotécnica 01 – Año 2008 bajo condición sismo operacional. Propiedades mínimas de estructuras con máximas de macizo rocoso

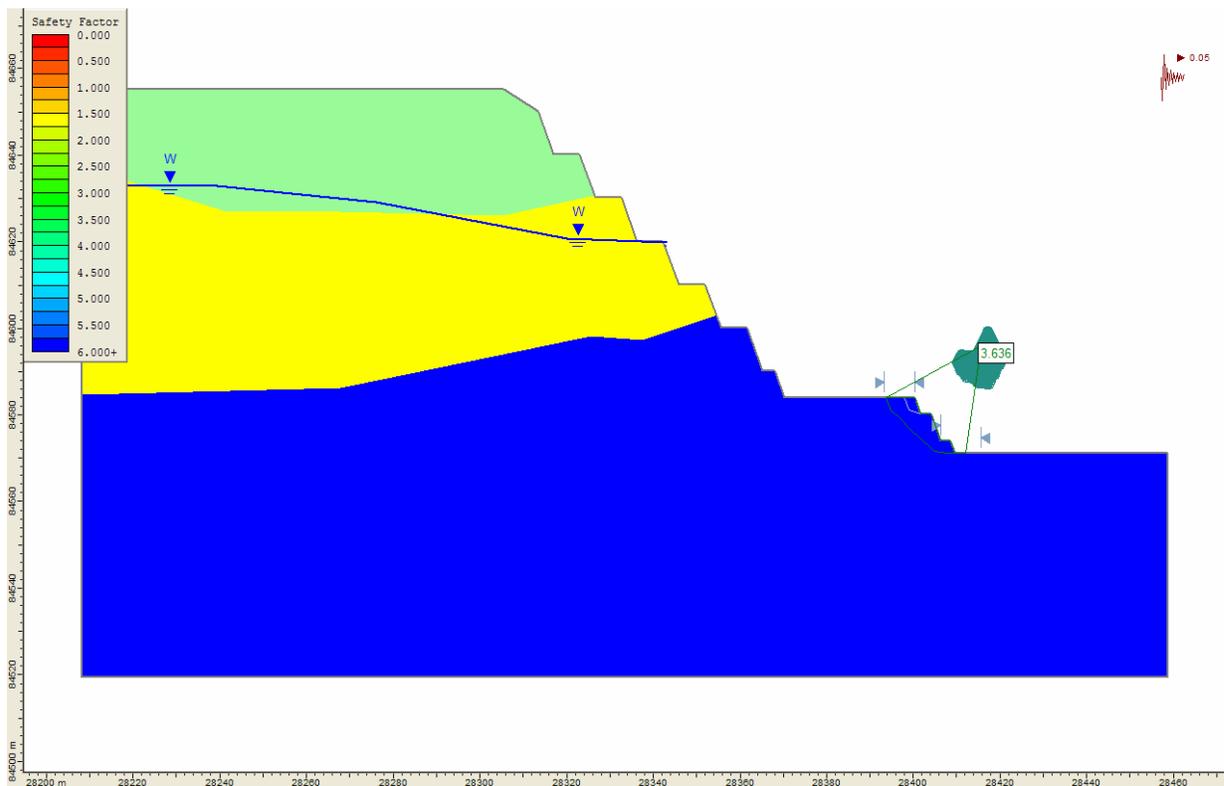


**Figura 3.9** Factor de Seguridad a nivel Inter.-rampa entre bancos (4490-4430). Sección Geotécnica 01 – Año



2008 bajo sismo operacional. Propiedades máximas de estructuras con mínimas de macizo rocoso

# **INTER-RAMPA BANCOS 4430-4410**

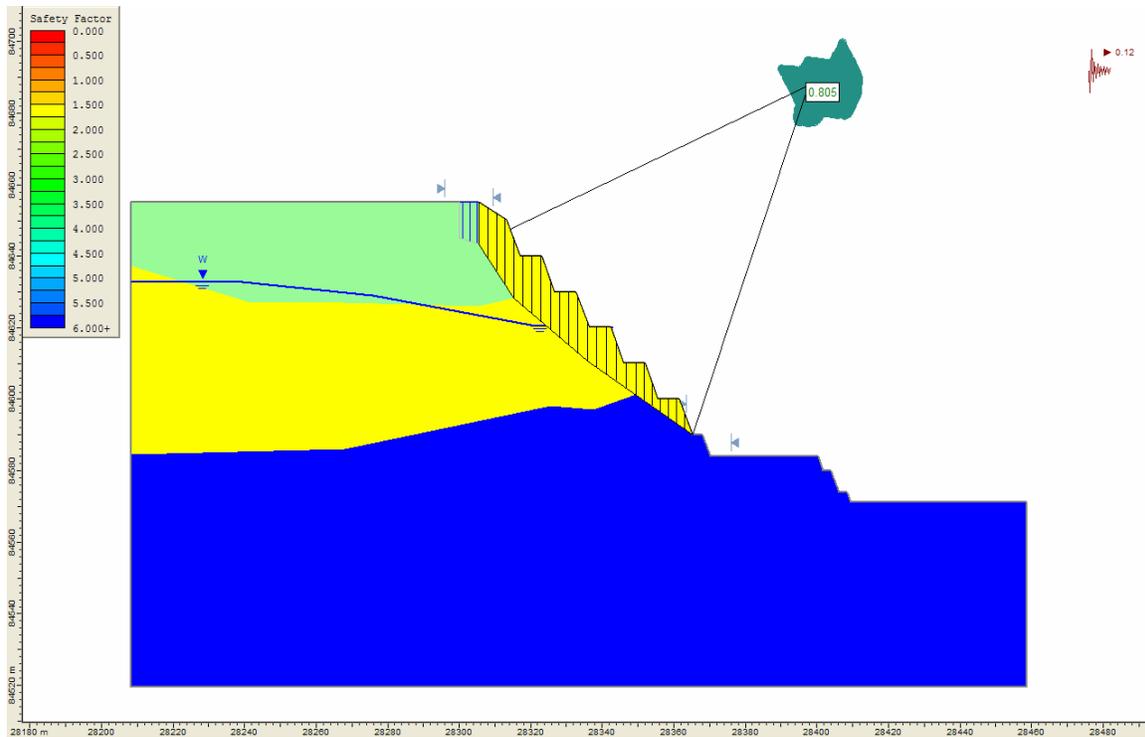


**Figura 3.10** Factor de Seguridad a nivel Inter.-rampa entre bancos (4430-4410). Sección Geotécnica 01 – Año 2008 - condición sismo operacional. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

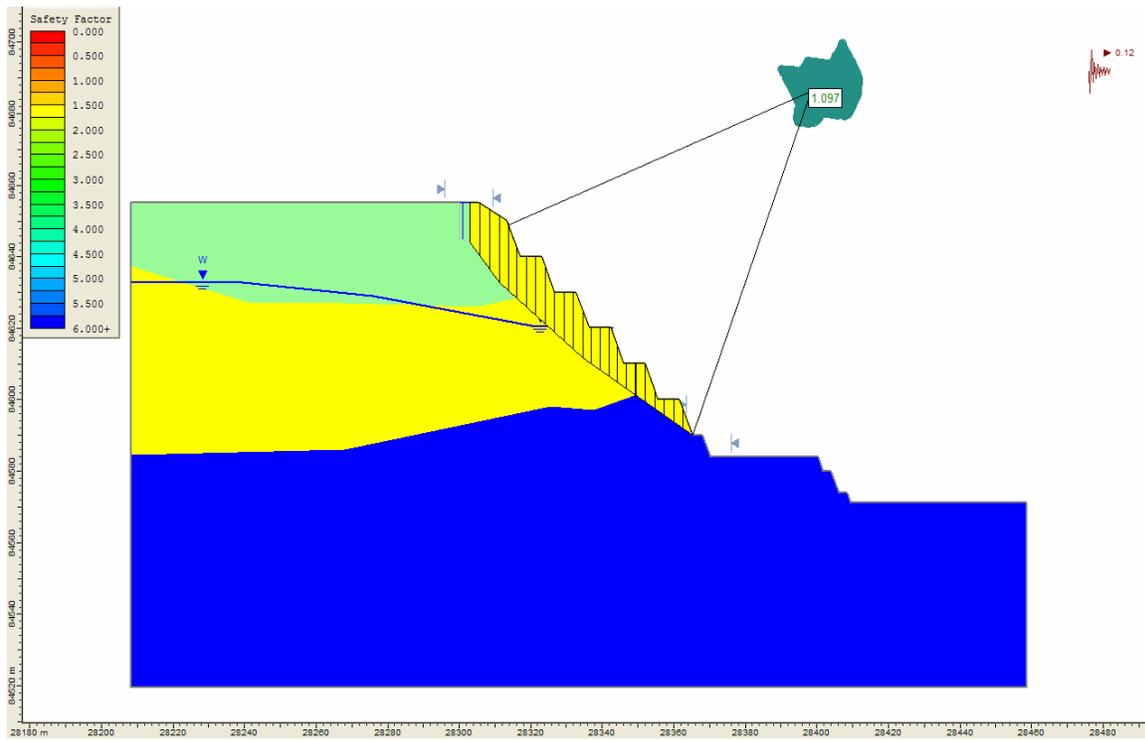
Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 2.0. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 2.0. Todo lo anterior bajo un análisis con sismo operacional.



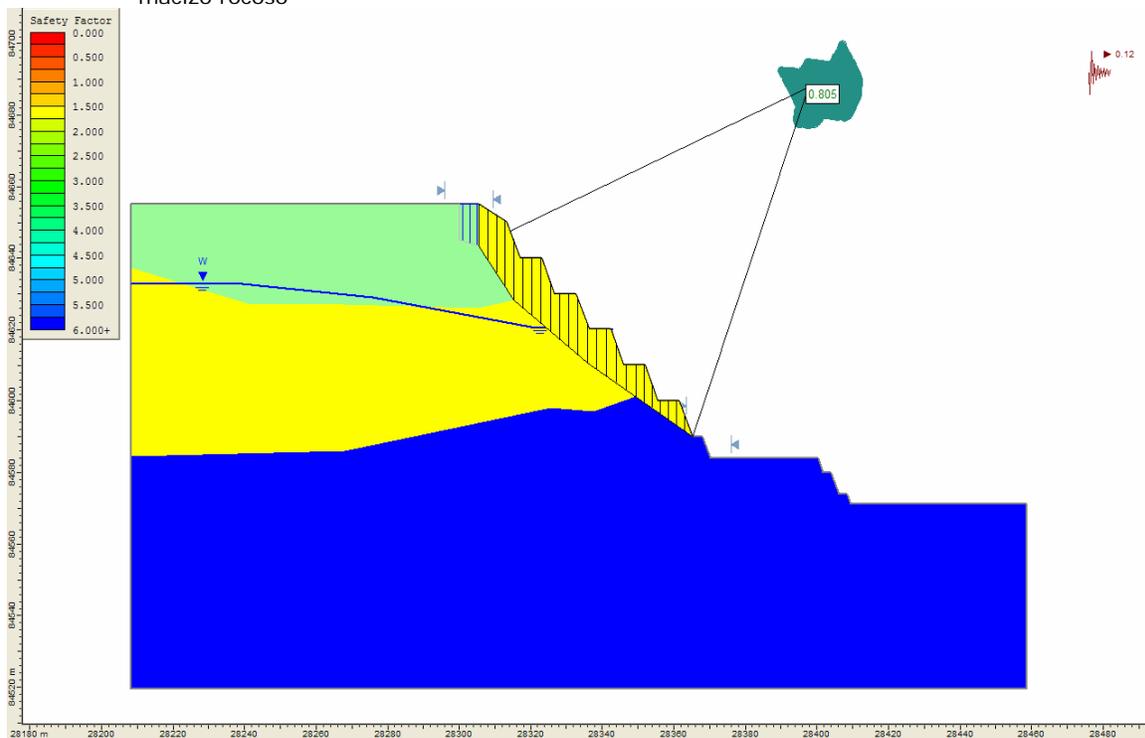
## **ANEXO 3C: CONDICIÓN CUASI-ESTÁTICA [SISMO MÁXIMO PROBABLE]**



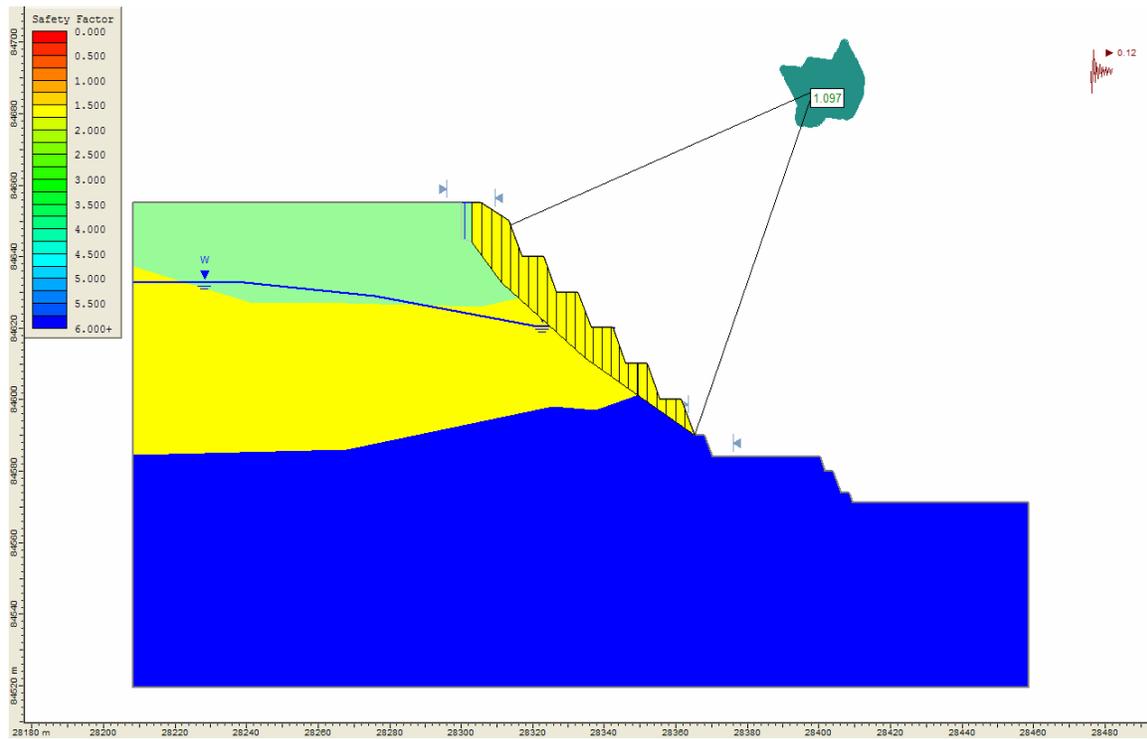
**Figura 3.11** Factor de Seguridad a nivel Inter.-rampa entre bancos (4490-4430). Sección Geotécnica 01 – Año 2008 - condición Sismo máximo probable. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.



**Figura 3.12** Factor de Seguridad a nivel Inter.-rampa entre bancos (4490-4430). Sección Geotécnica 01 – Año 2008 bajo condición Sismo máximo probable. Propiedades máximas de estructuras con máximas de macizo rocoso

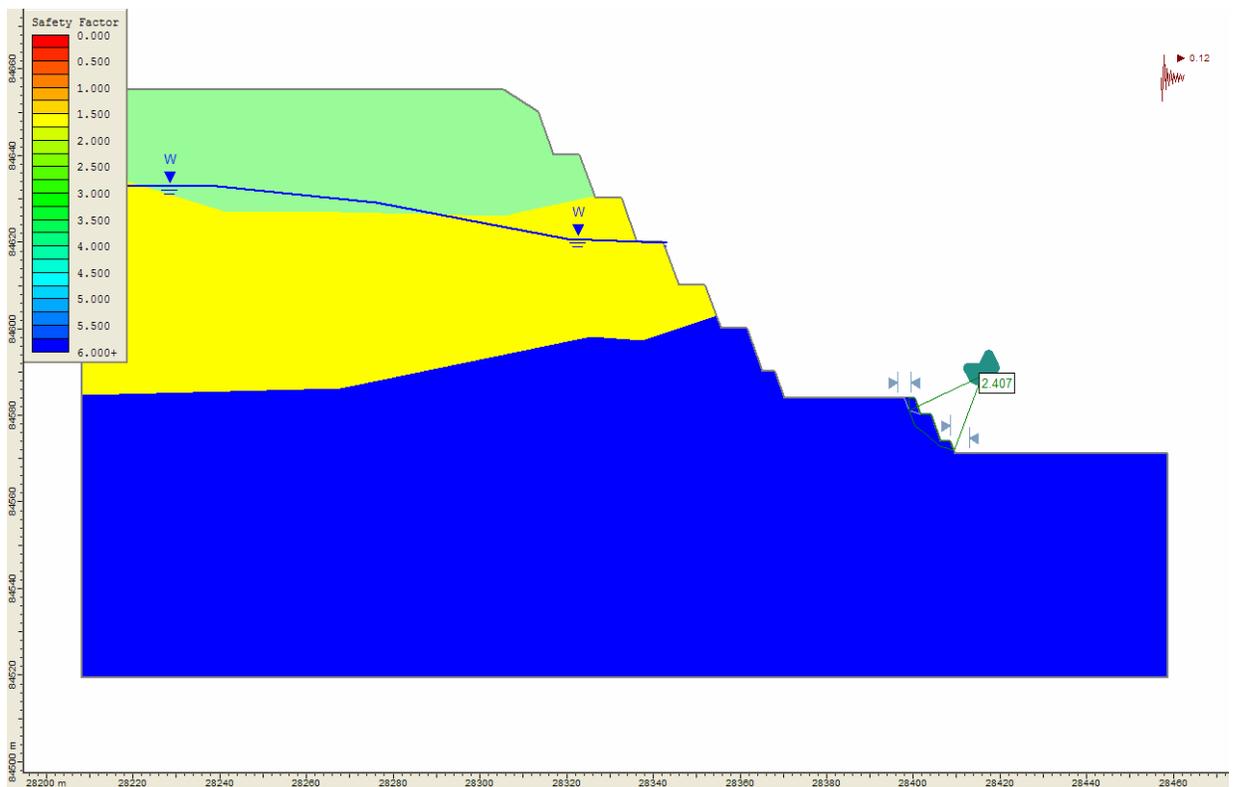


**Figura 3.13** Factor de Seguridad a nivel Inter.-rampa entre bancos (4490-4430). Sección Geotécnica 01 – Año 2008 bajo condición sismo máximo probable. Propiedades mínimas de estructuras con máximas de macizo rocoso



**Figura 3.14** Factor de Seguridad a nivel Inter.-rampa entre bancos (4490-4430). Sección Geotécnica 01 – Año 2008 bajo sismo máximo probable. Propiedades máximas de estructuras con mínimas de macizo rocoso

# INTER-RAMPA BANCOS 4430-4410





**Figura 3.15** Factor de Seguridad a nivel Inter-rampa entre bancos (4430-4410). Sección Geotécnica 01 – Año 2008 - condición sismo máximo probable. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 2.0. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 2.0. Todo lo anterior bajo un análisis con sismo máximo probable.

## **ANEXO 4**

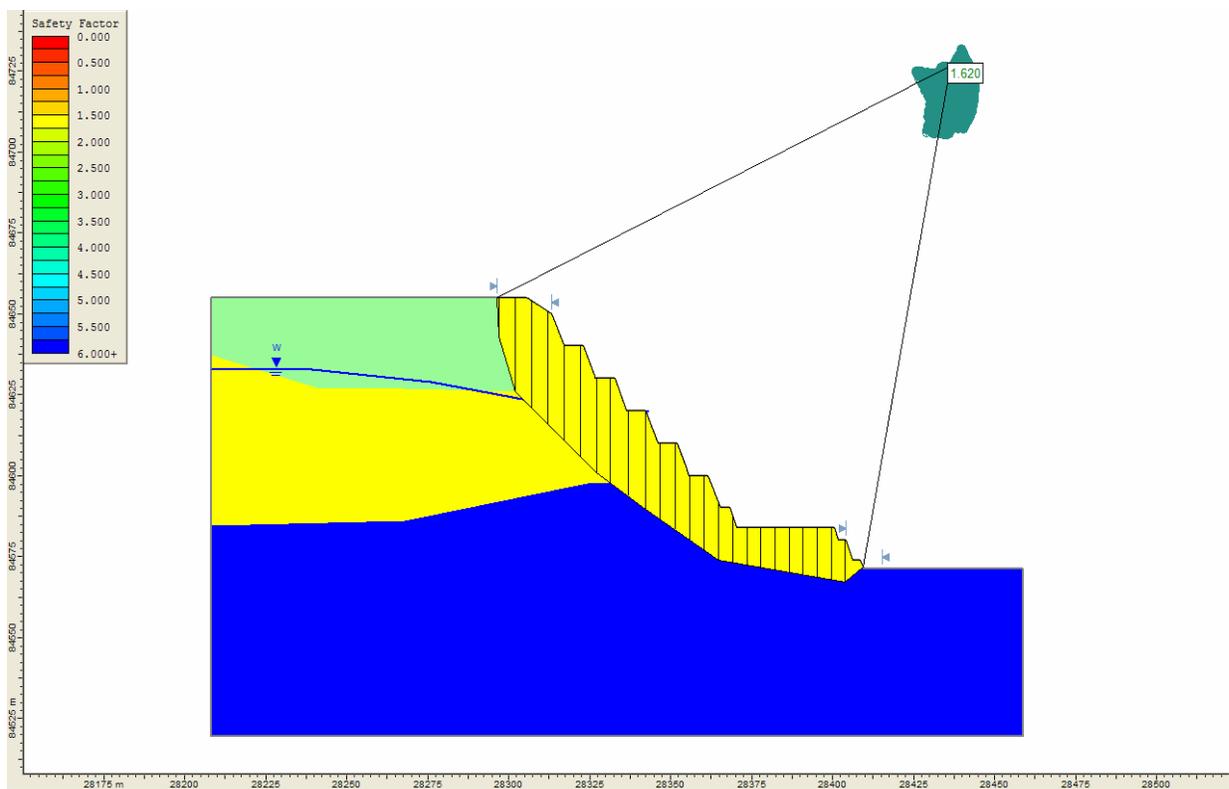
### **RESULTADOS DE ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE ESTABILIDAD A ESCALA GLOBAL**

#### **ANEXO 4A:**



# **CONDICIÓN ESTÁTICA**

**ENTRE BANCOS 4490-4410**

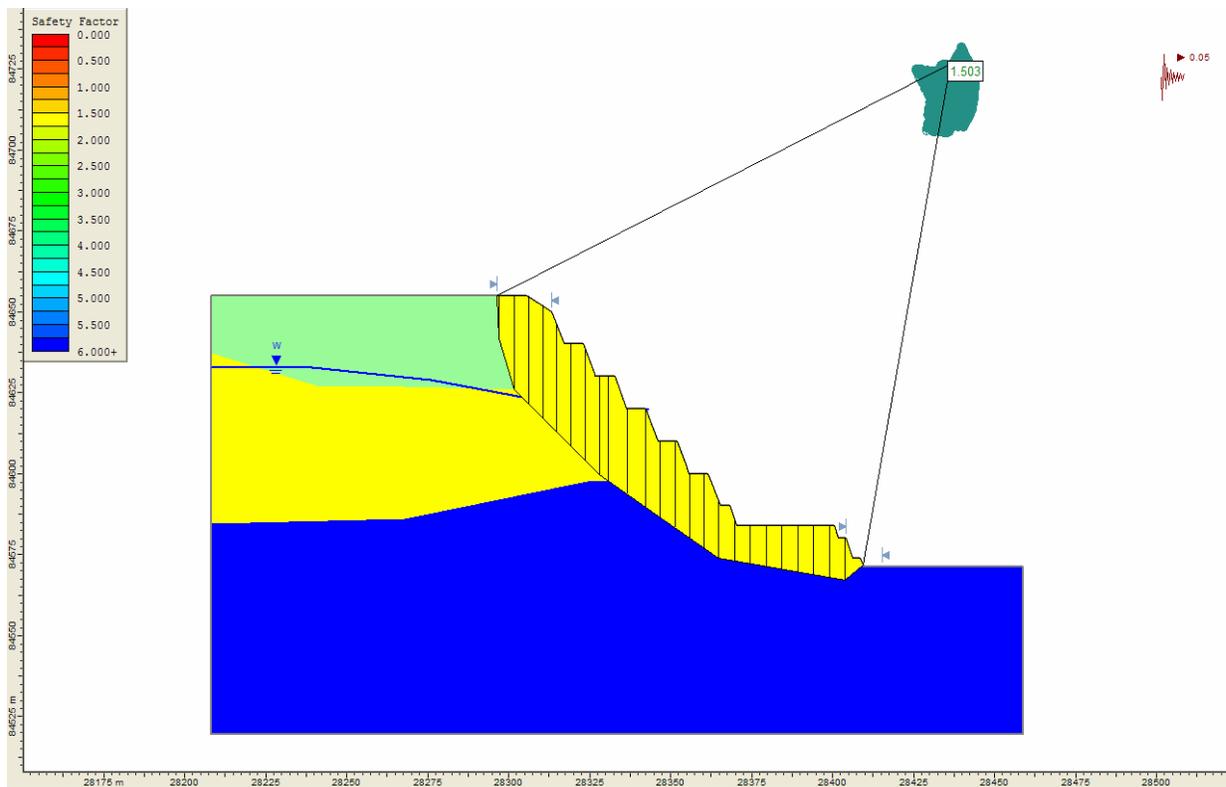


**Figura 3.16** Factor de Seguridad a nivel global entre bancos (4490-4410). Sección Geotécnica 01 – Año 2008 - condición estática. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis de tipo estático.



## **ANEXO 4B: CONDICIÓN CUASI-ESTÁTICA [SISMO OPERACIONAL]**

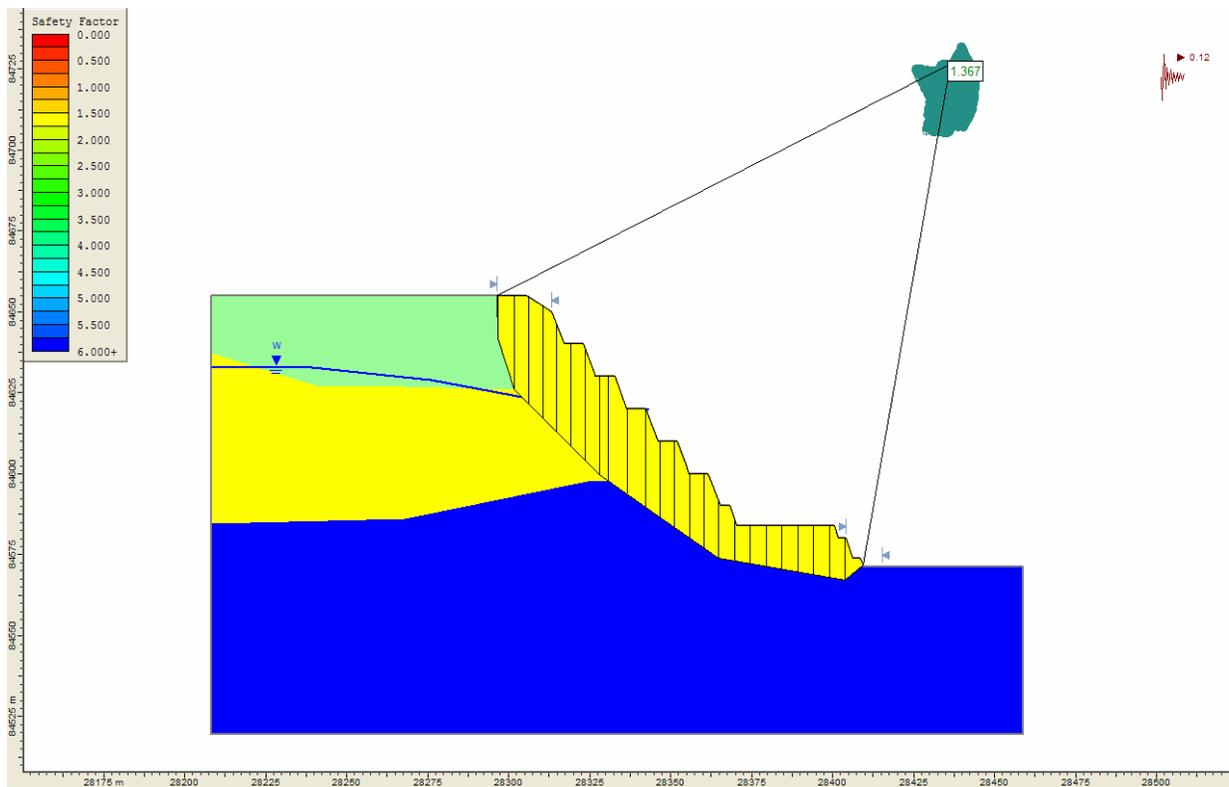


**Figura 3.17** Factor de Seguridad a nivel global entre bancos (4490-4410). Sección Geotécnica 01 – Año 2008 - condición sismo operacional. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis de tipo sismo operacional.



## **ANEXO 4c: CONDICIÓN CUASI-ESTÁTICA [SISMO MÁXIMO PROBABLE]**



**Figura 3.18** Factor de Seguridad a nivel global entre bancos (4490-4410). Sección Geotécnica 01 – Año 2008 - condición sismo máximo probable. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.3. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.3. Todo lo anterior bajo un análisis de tipo sismo máximo probable.



# **AÑO 2009**

## **INTER-RAMPA**

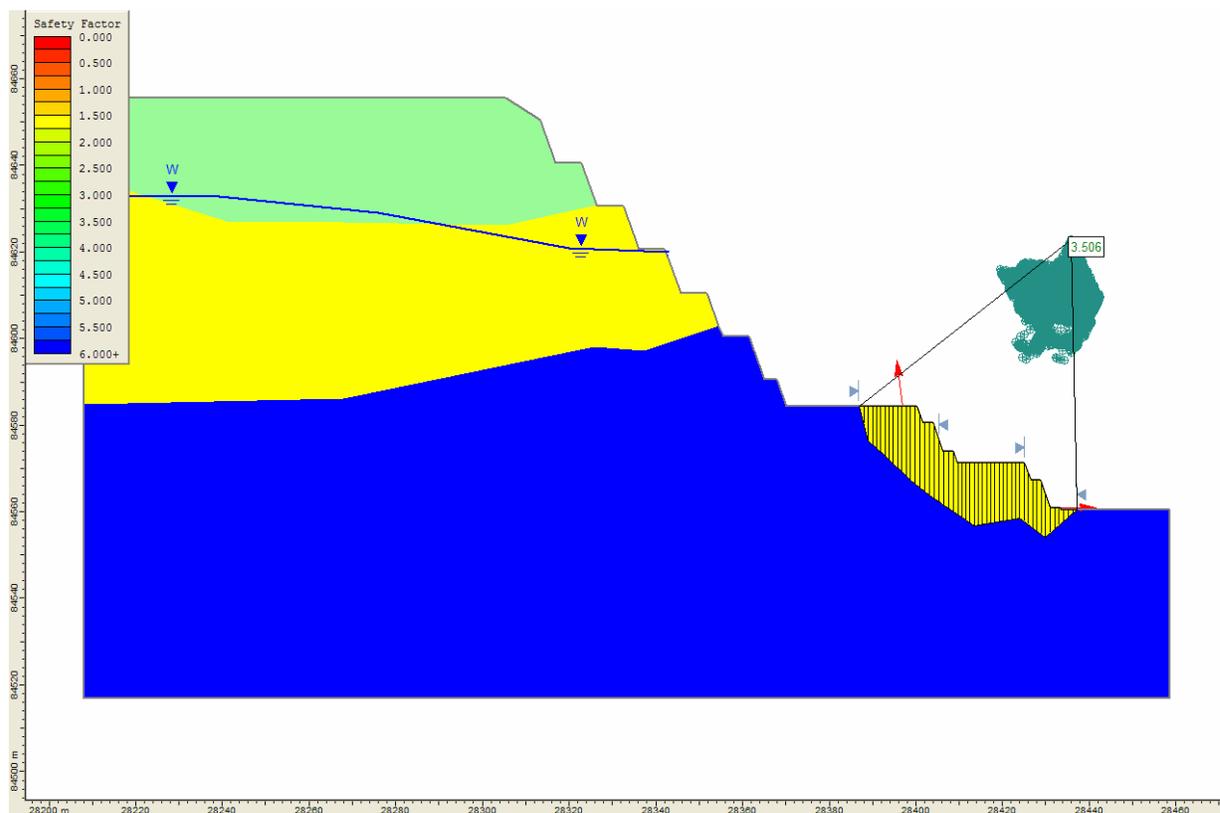
### **BANCOS 4490-4430**

### **BANCOS 4430-4410**

#### **RESULTADOS SIMILARES A LOS OBTENIDOS PARA EL AÑO 2008**



# **I** NTER-RAMPA **B**ANCOS 4430-4400 **A**NÁLISIS ESTÁTICO



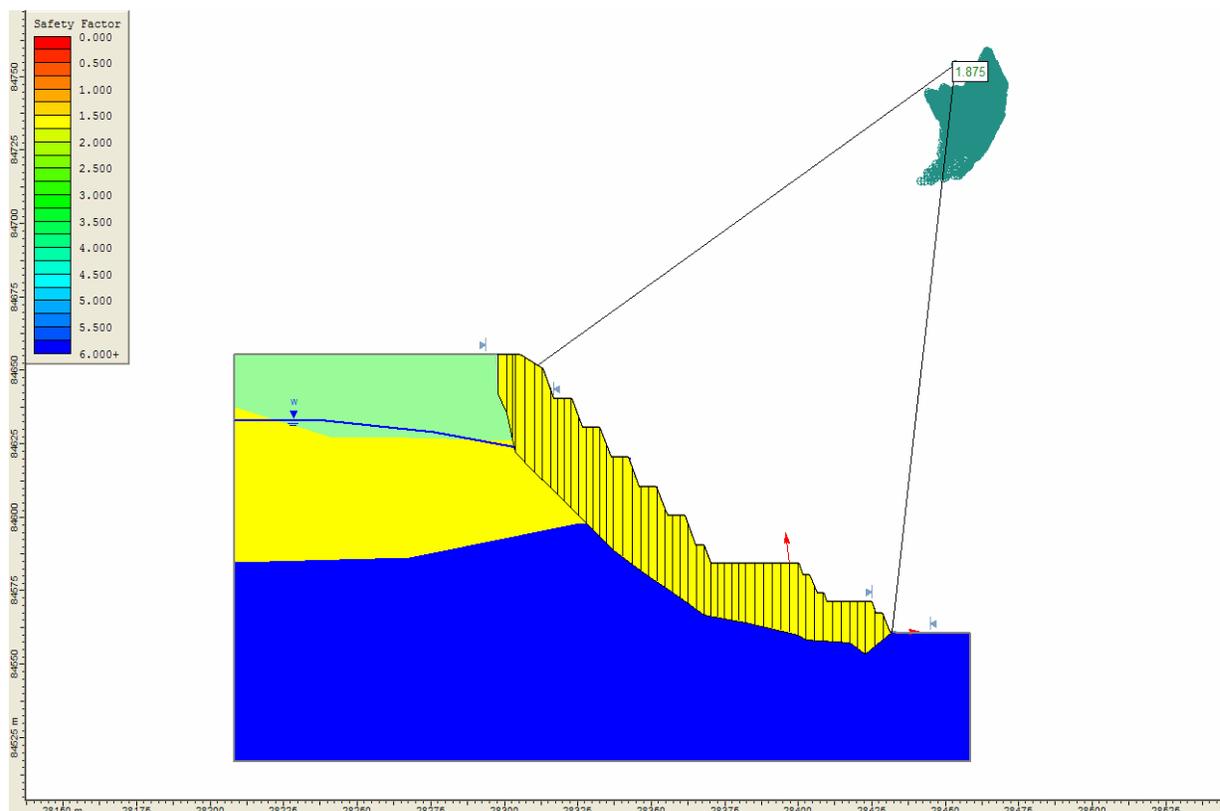
**Figura 3.19** Factor de Seguridad a nivel Inter-rampa entre bancos (4430-4400). Sección Geotécnica 01 – Año 2009 - condición estática. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis de tipo estático.



# **GLOBAL BANCOS 4490-4400**

## **ANÁLISIS ESTÁTICO**

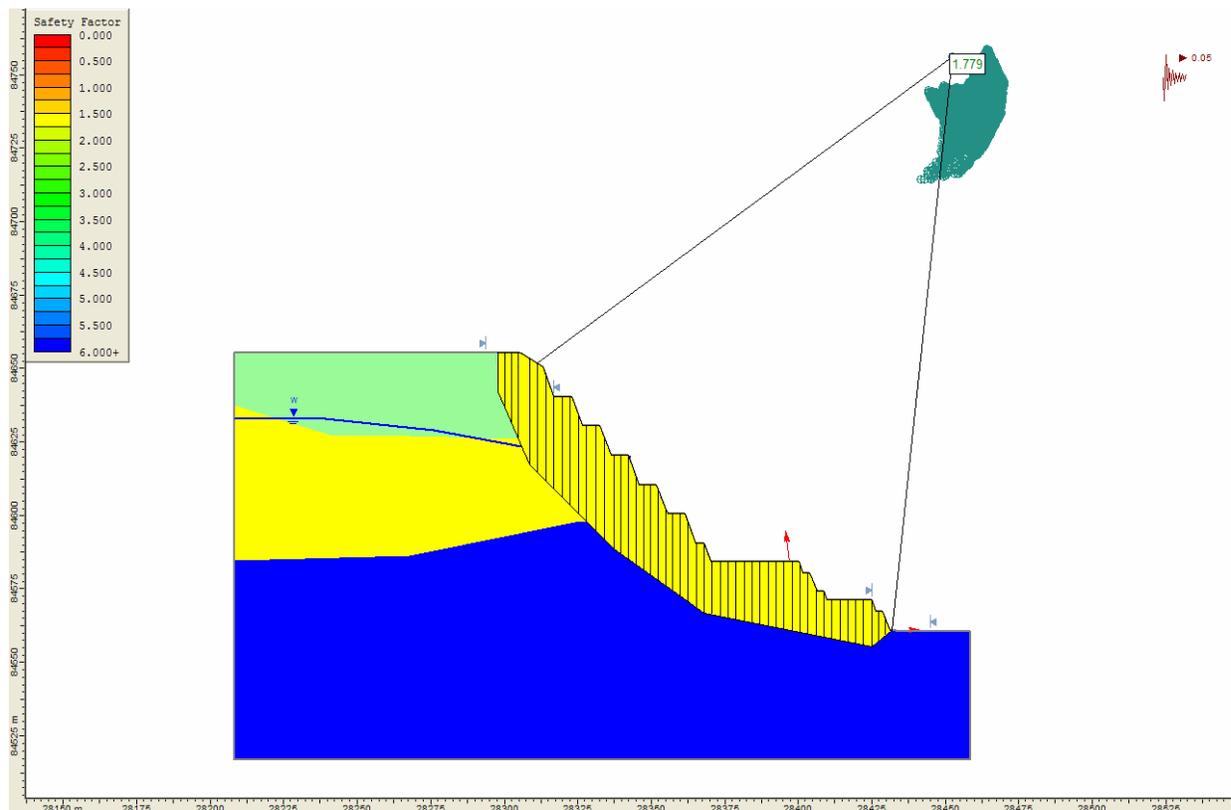


**Figura 3.20** Factor de Seguridad a nivel global entre bancos (4490-4400). Sección Geotécnica 01 – Año 2009 - condición estática. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis estático.



# **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO OPERACIONAL**

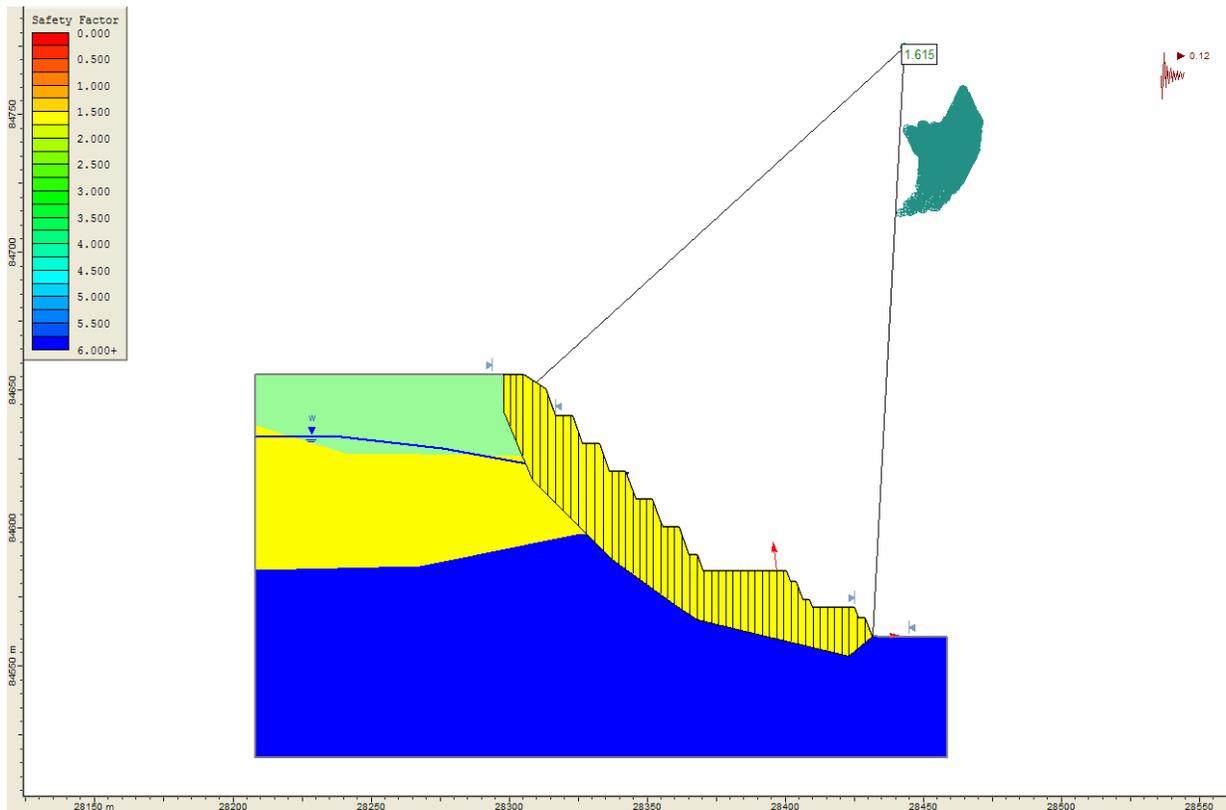


**Figura 3.21** Factor de Seguridad a nivel global entre bancos (4490-4400). Sección Geotécnica 01 – Año 2009 - condición de sismo operacional. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis de sismo operacional.



# **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO MÁXIMO PROBABLE**



**Figura 3.22** Factor de Seguridad a nivel global entre bancos (4490-4400). Sección Geotécnica 01 – Año 2009 - condición de sismo máximo probable. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis de sismo máximo probable.



# **AÑO 2010**

## **INTER-RAMPA**

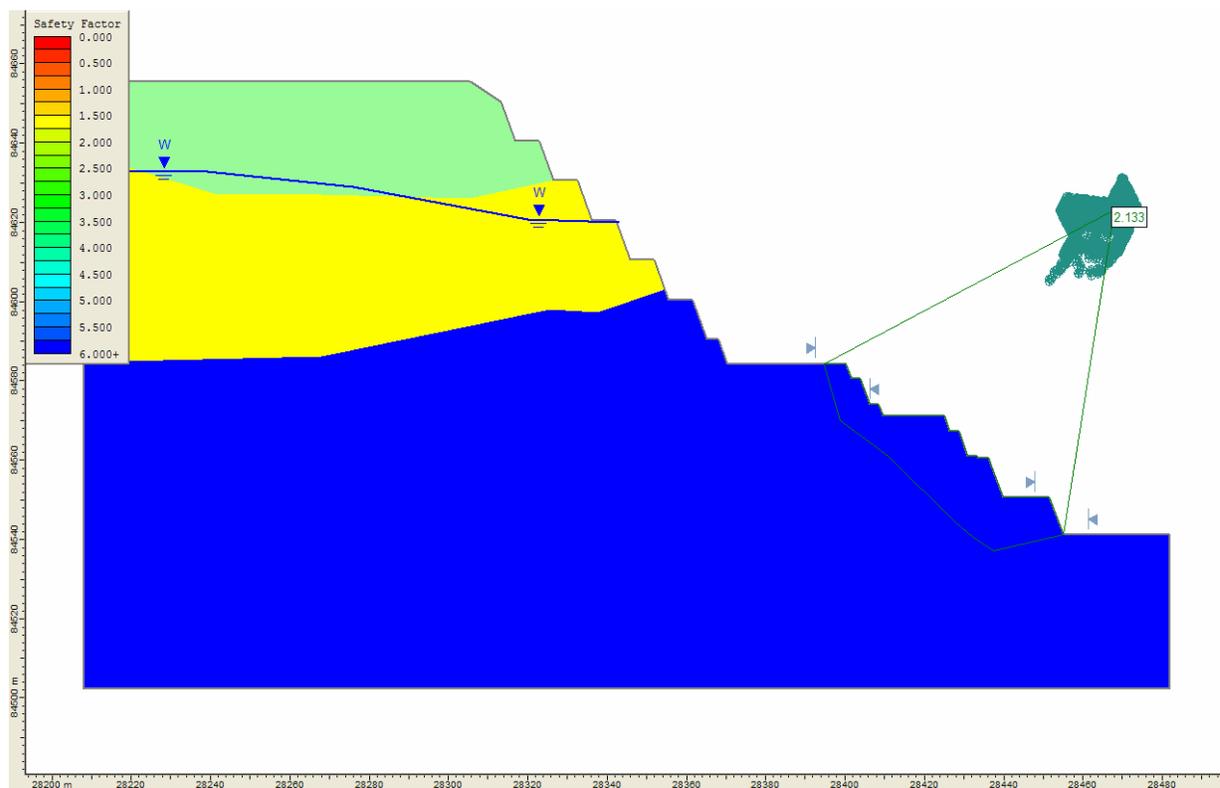
**BANCOS 4490-4430**

**BANCOS 4430-4410**

**RESULTADOS SIMILARES A LOS OBTENIDOS PARA EL AÑO 2009**



# **I** NTER-RAMPA **B**ANCOS 4410-4380 **A**NÁLISIS ESTÁTICO

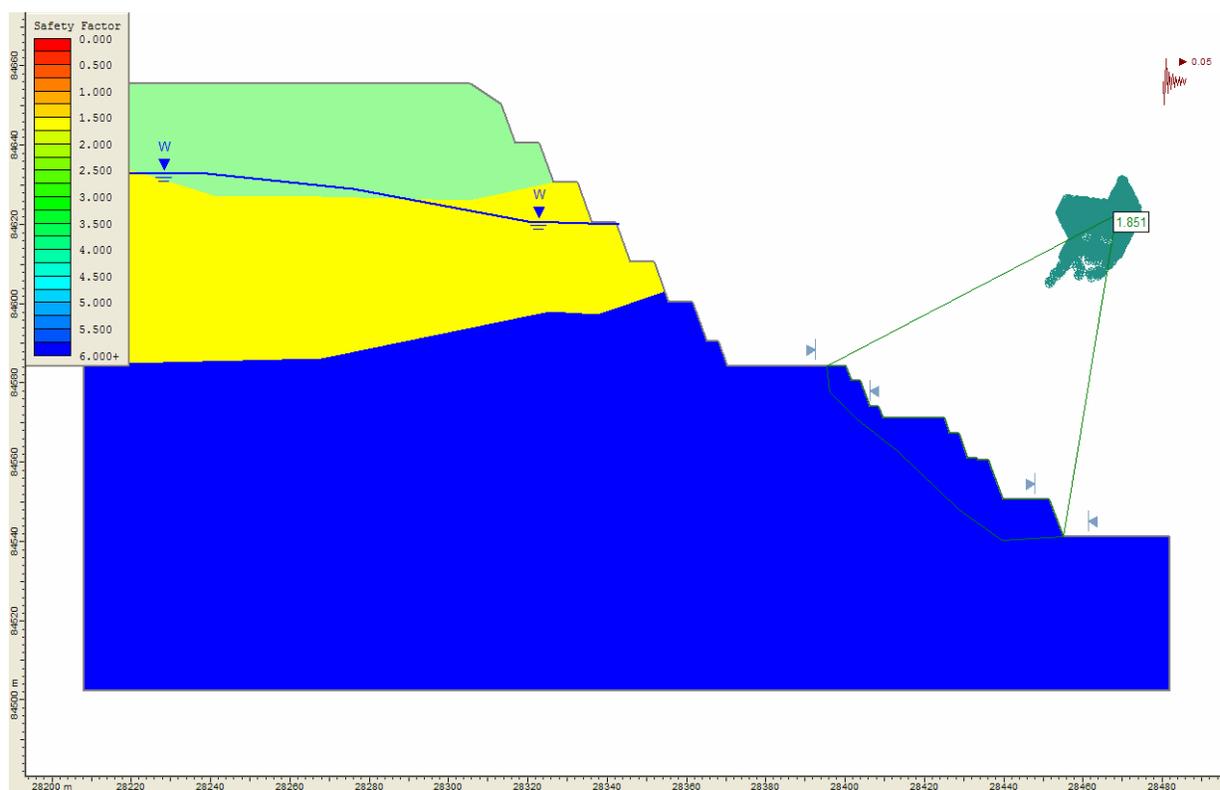


**Figura 3.23** Factor de Seguridad a nivel Inter – rampa entre bancos (4410-4380). Sección Geotécnica 01 – Año 2010 - condición estática. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis de tipo estático.



# **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO OPERACIONAL**

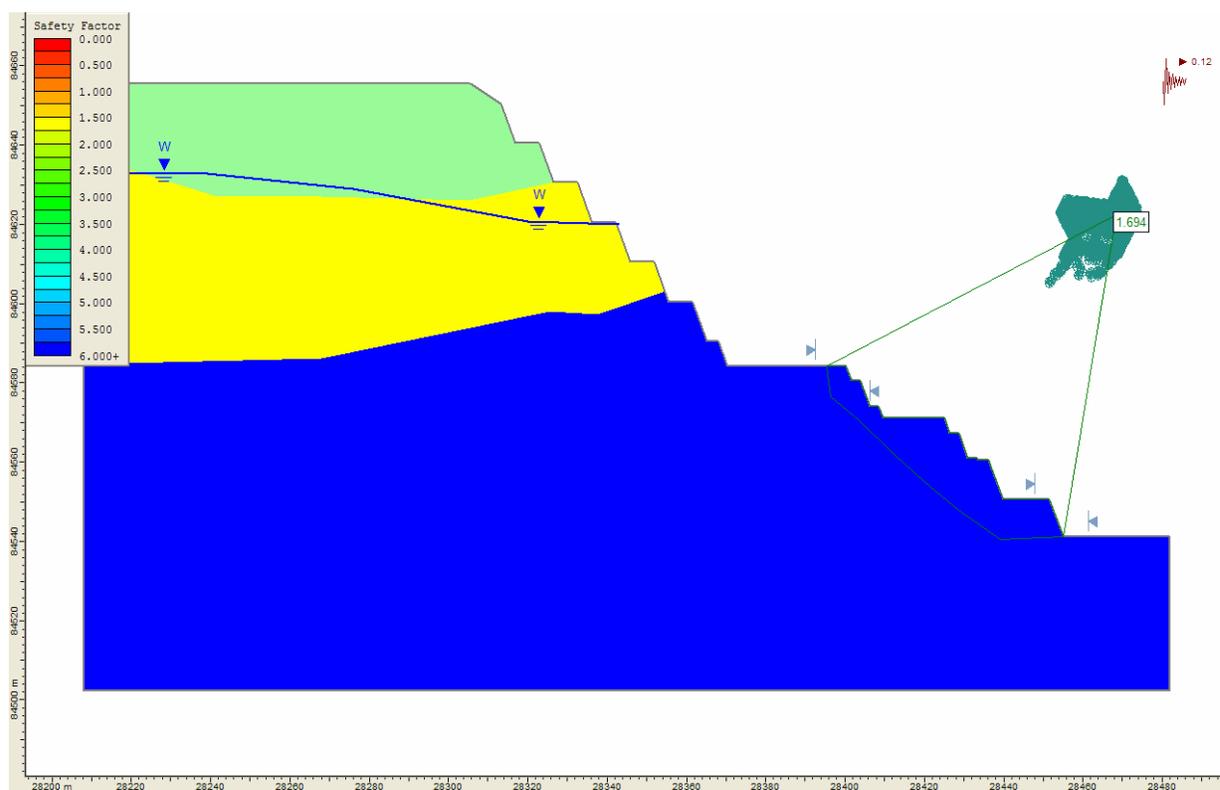


**Figura 3.24** Factor de Seguridad a nivel Inter – rampa entre bancos (4410-4380). Sección Geotécnica 01 – Año 2010 - condición de sismo operacional. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis con sismo operacional.



# **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO MÁXIMO PROBABLE**

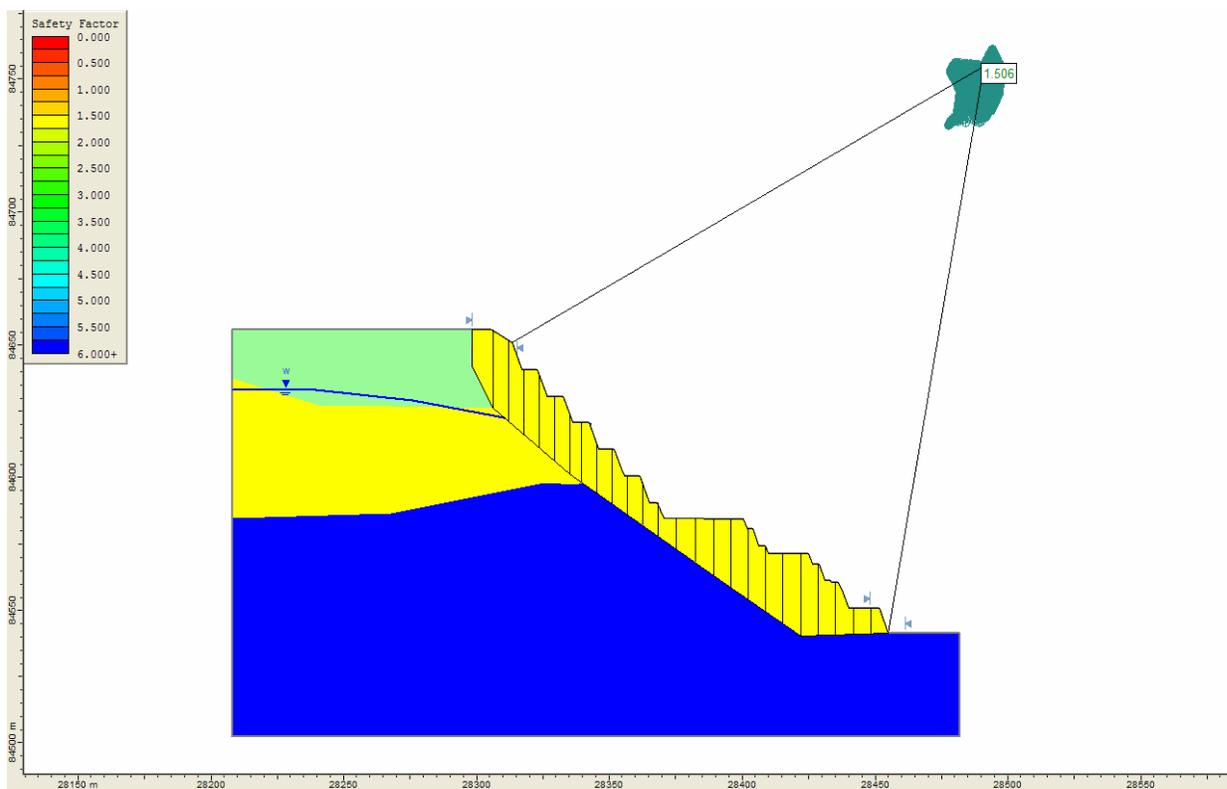


**Figura 3.25** Factor de Seguridad a nivel Inter – rampa entre bancos (4410-4380). Sección Geotécnica O1 – Año 2010 - condición de sismo máximo probable. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis con sismo máximo probable.



# **GLOBAL BANCOS 4490-4380 ANÁLISIS ESTÁTICO**

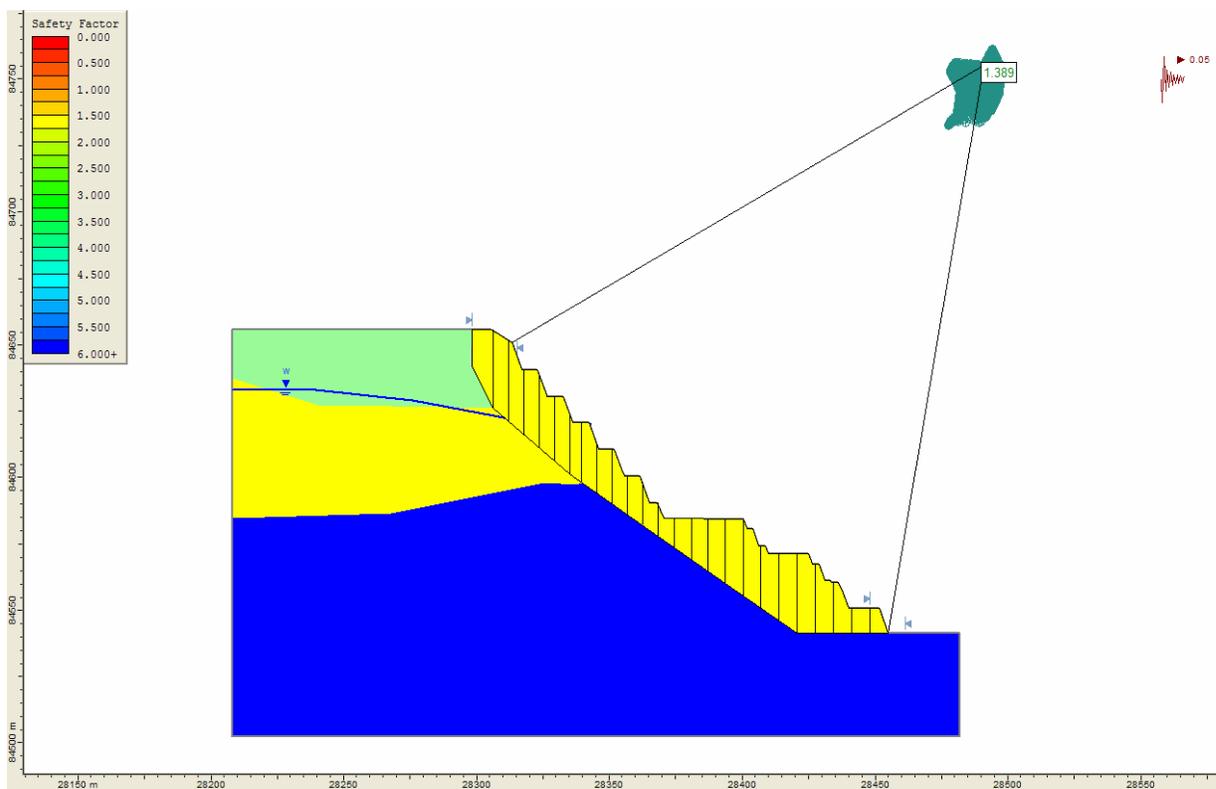


**Figura 3.26** Factor de Seguridad global entre bancos (4490-4380). Sección Geotécnica 01 – Año 2010 - condición estática. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis de tipo estático.



# **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO OPERACIONAL**

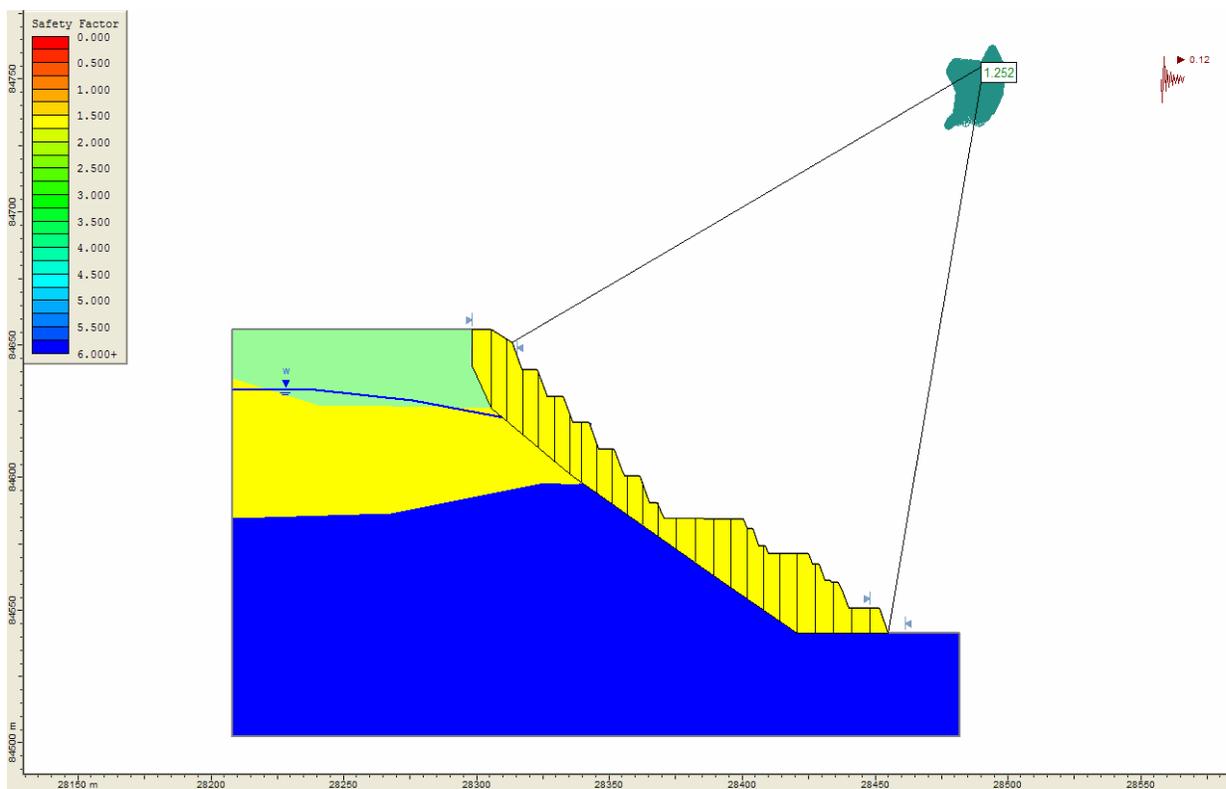


**Figura 3.27** Factor de Seguridad global entre bancos (4490-4380). Sección Geotécnica 01 – Año 2010 - condición de sismo operacional. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.3. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.3. Todo lo anterior bajo un análisis con sismo operacional.



# **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO MÁXIMO PROBABLE**



**Figura 3.28** Factor de Seguridad global entre bancos (4490-4380). Sección Geotécnica 01 – Año 2010 - condición de sismo máximo probable. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.2. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.2. Todo lo anterior bajo un análisis con sismo máximo probable.



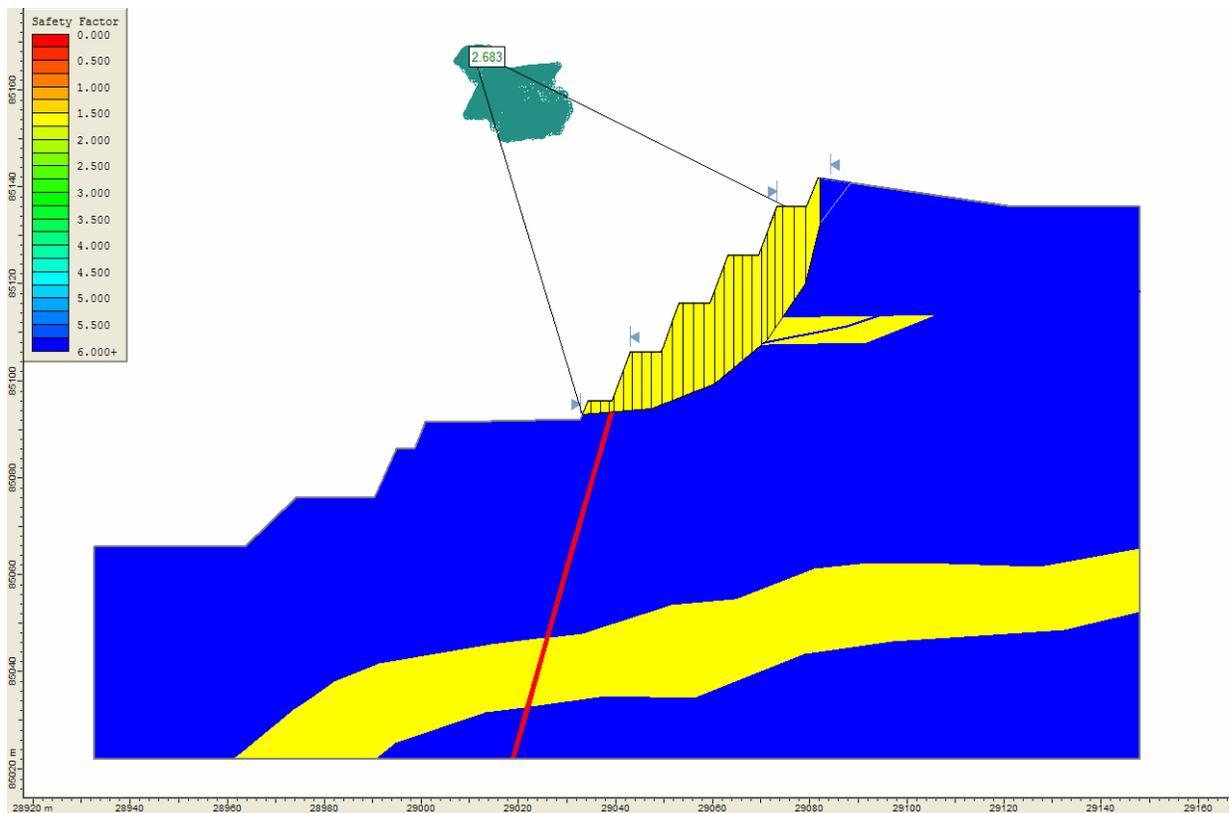
## **SECCIÓN GEOTÉCNICA SG02**

### **RESULTADOS DE ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE ESTABILIDAD A ESCALA INTER-RAMPA**



# **AÑO 2008**

**INTER-RAMPA  
BANCOS 4490-4440  
ANÁLISIS ESTÁTICO**

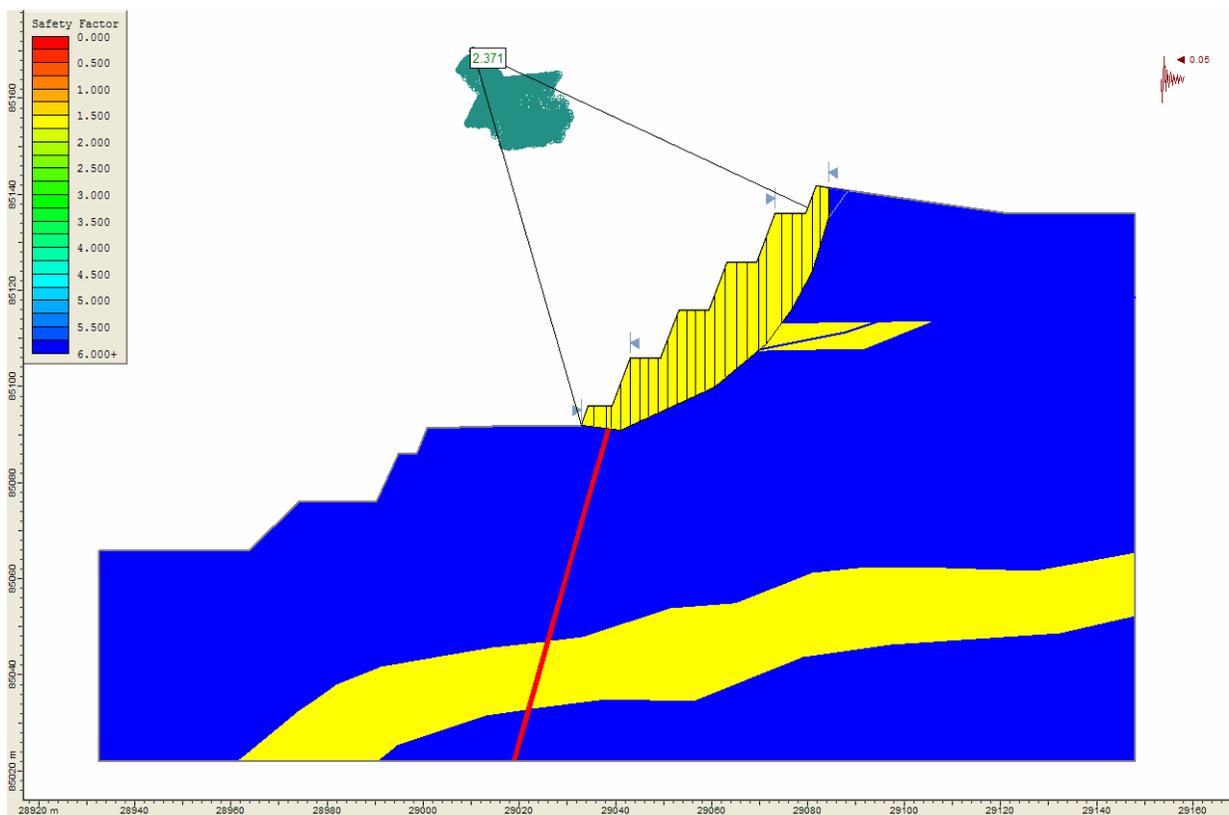


**Figura 3.29** Factor de Seguridad Inter.-rampa entre bancos (4490-4380). Sección Geotécnica 02 – Año 2008 - condición estática. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis estático.



# **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO OPERACIONAL**

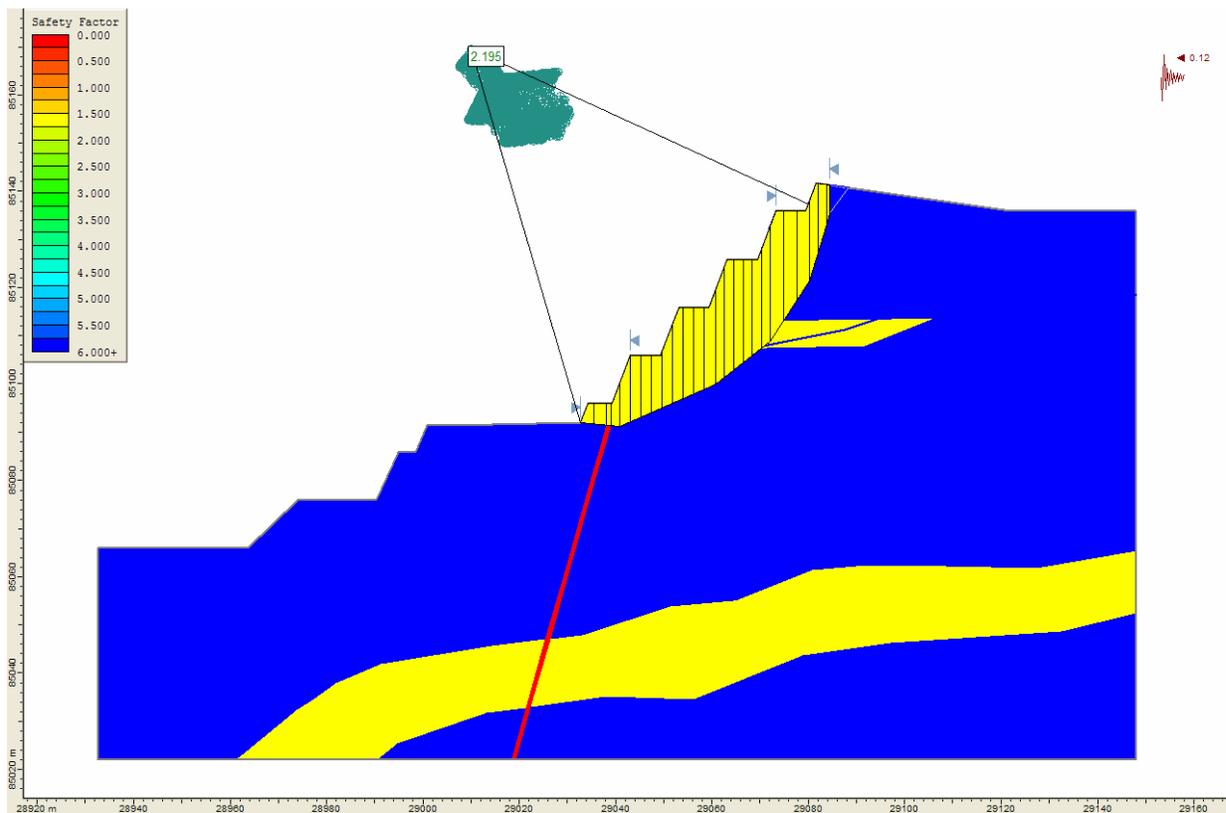


**Figura 3.30** Factor de Seguridad Inter.-rampa entre bancos (4490-4380). Sección Geotécnica 02 – Año 2008 - condición de sismo operacional. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis con sismo operacional.



# **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO MÁXIMO PROBABLE**



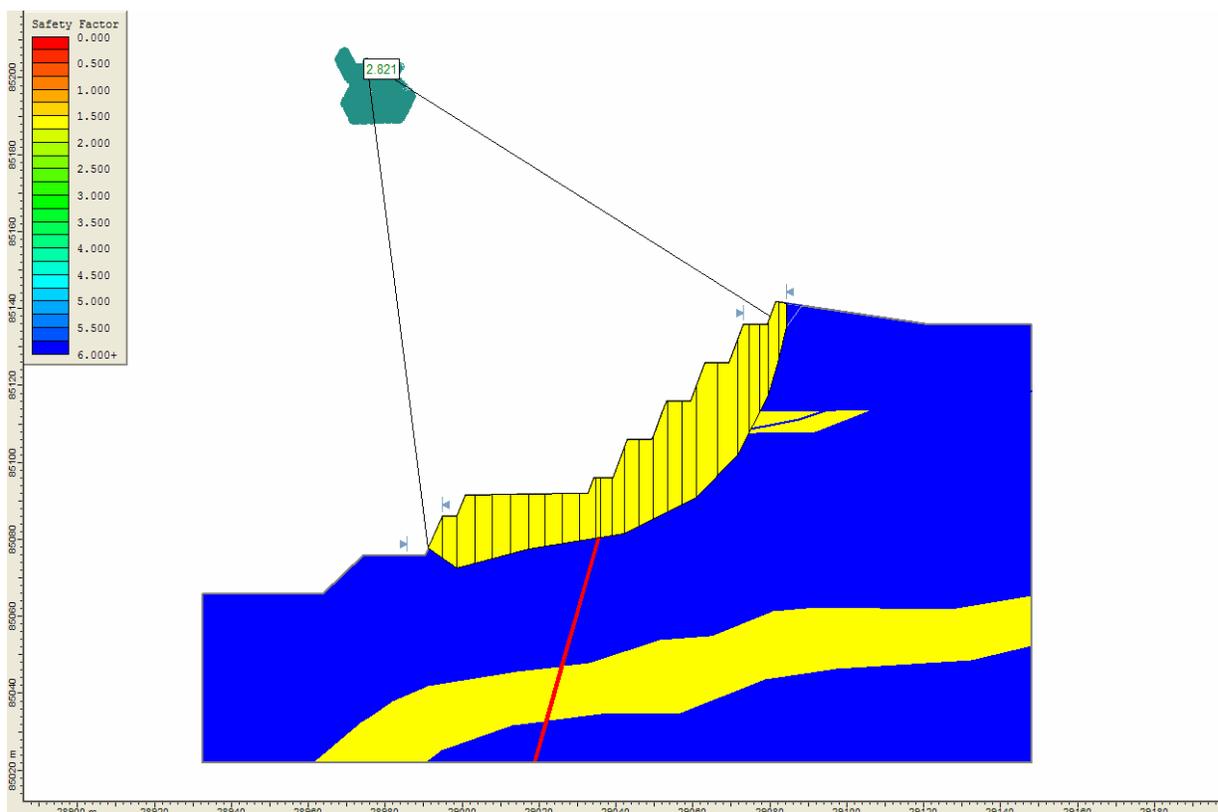
**Figura 3.31** Factor de Seguridad Inter.-rampa entre bancos (4490-4380). Sección Geotécnica 02 – Año 2008 - condición de sismo máximo probable. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis con sismo máximo probable.



# **GLOBAL BANCOS 4390-4320**

## **ANÁLISIS ESTÁTICO**

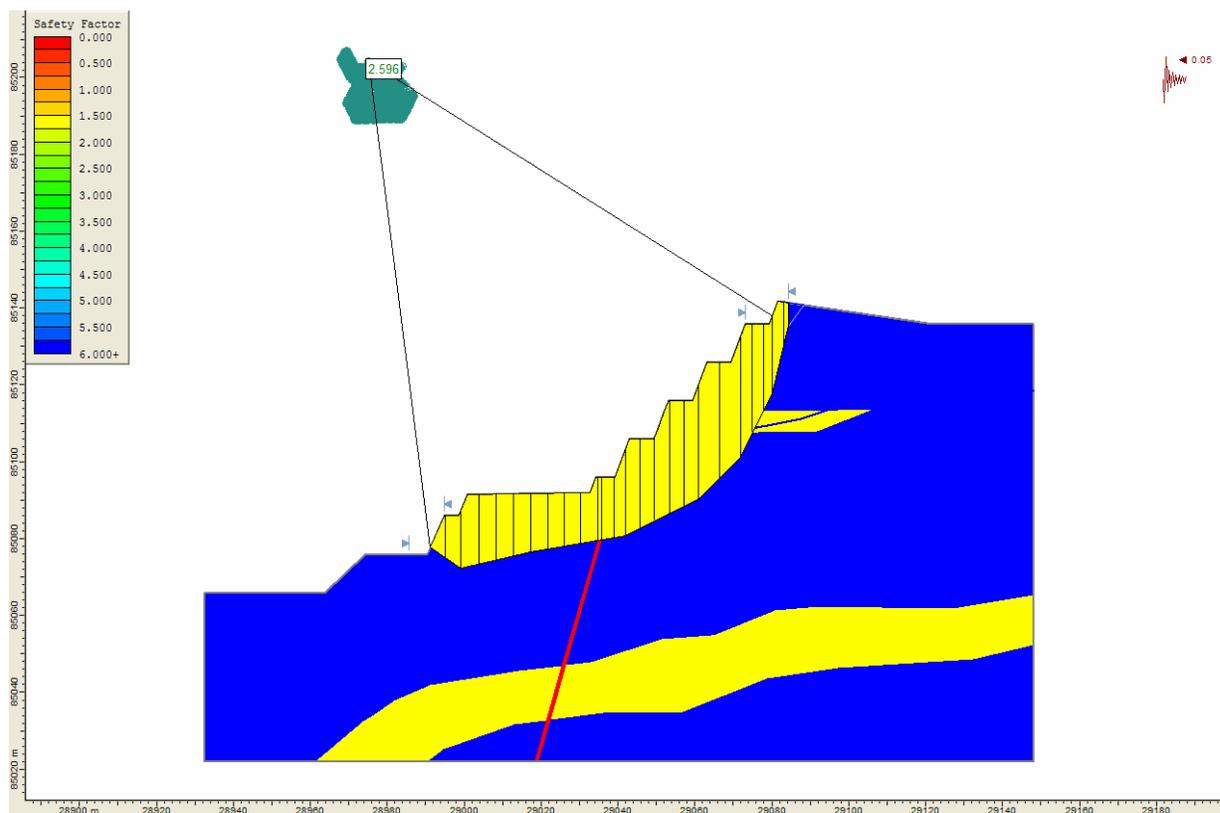


**Figura 3.32** Factor de Seguridad global entre bancos (4490-4380). Sección Geotécnica 02 – Año 2008 - condición estática. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis estático.



# **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO OPERACIONAL**

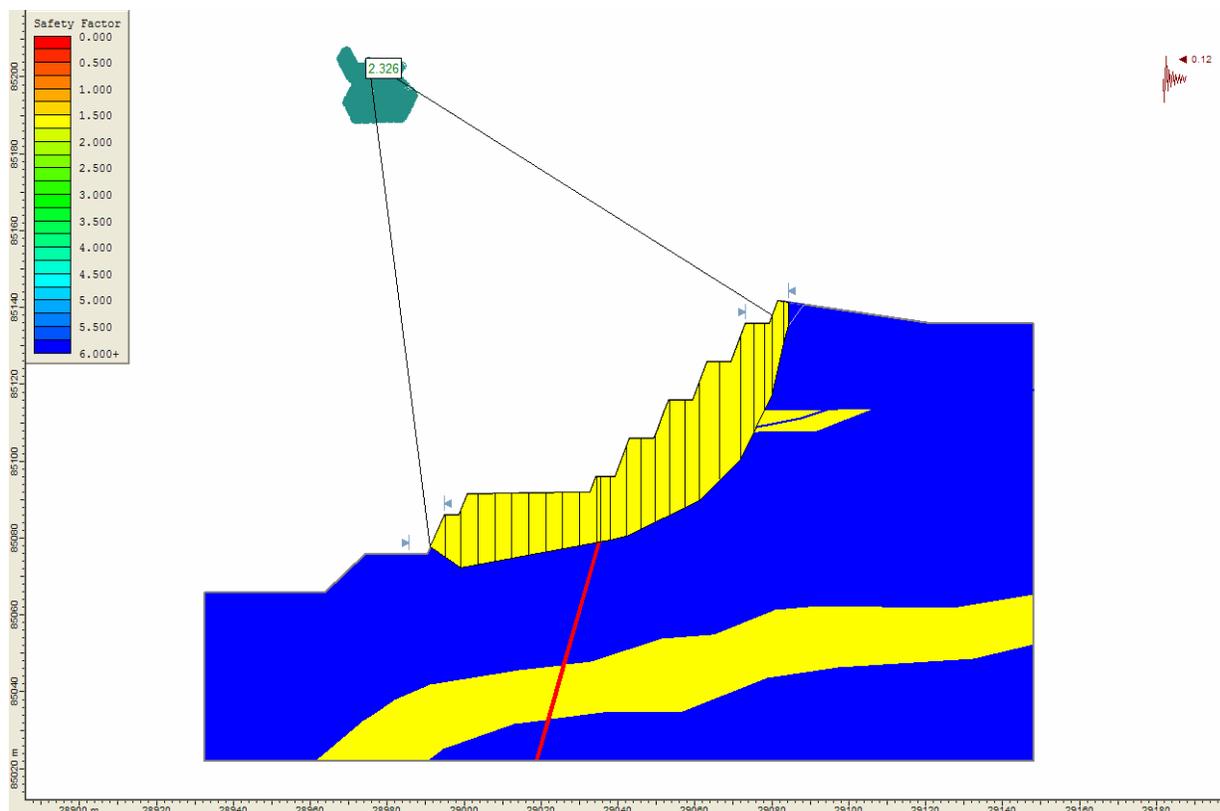


**Figura 3.33** Factor de Seguridad global entre bancos (4490-4380). Sección Geotécnica 02 – Año 2008 - condición de sismo operacional. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis con sismo operacional.



# **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO MÁXIMO PROBABLE**



**Figura 3.34** Factor de Seguridad global entre bancos (4490-4380). Sección Geotécnica 02 – Año 2008 - condición de sismo máximo probable. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis con sismo máximo probable.



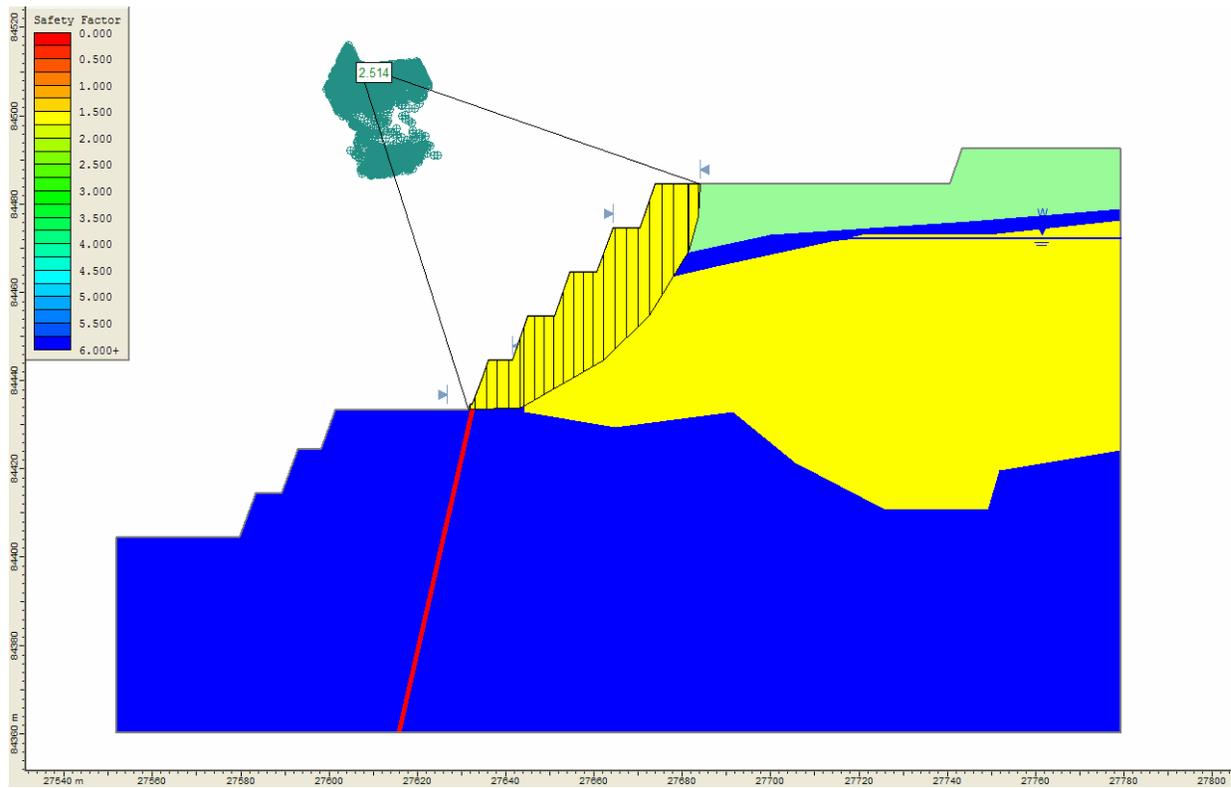
## **SECCIÓN GEOTÉCNICA SG03**

### **RESULTADOS DE ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE ESTABILIDAD A ESCALA INTER-RAMPA**



# **AÑO 2008**

## **INTER-RAMPA BANCOS 4500-4450 ANÁLISIS ESTÁTICO**

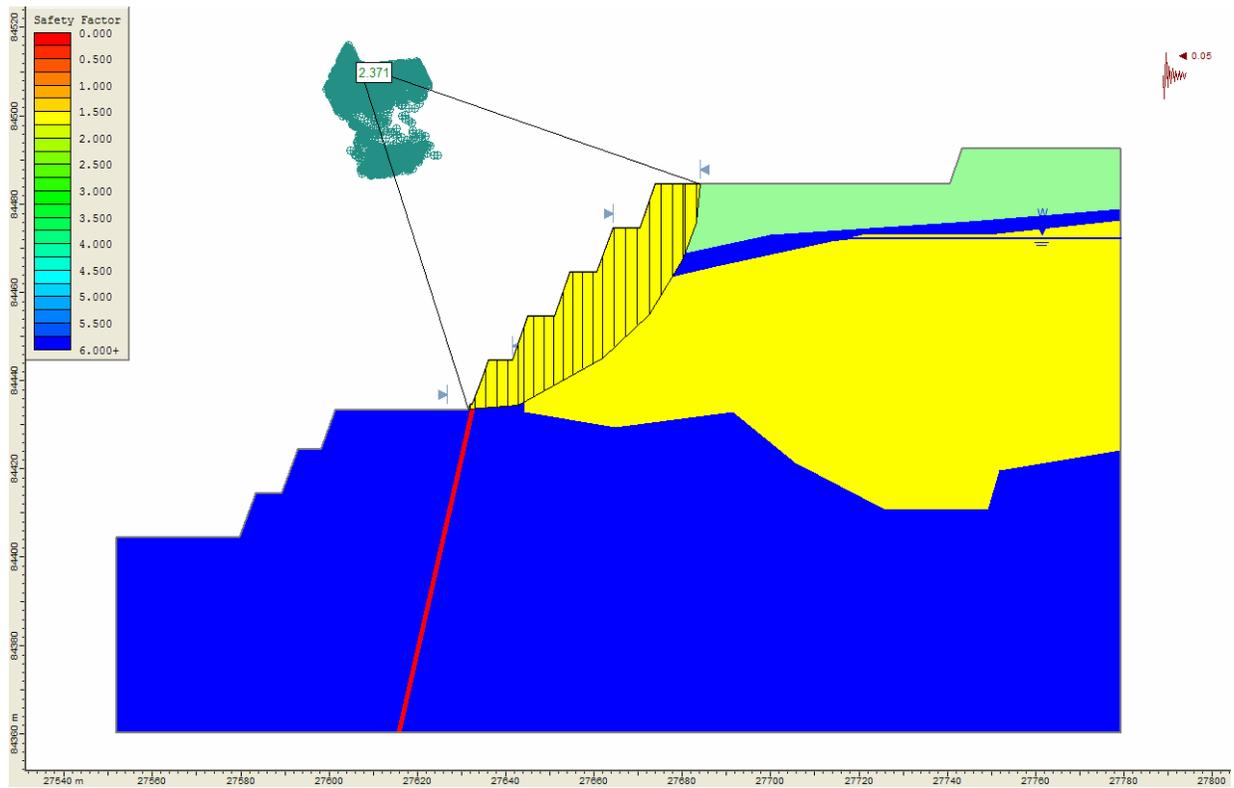


**Figura 3.35** Factor de Seguridad Inter-rampa entre bancos (4500-4450). Sección Geotécnica 03 – Año 2008 - condición estática. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis estático.



# **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO OPERACIONAL**

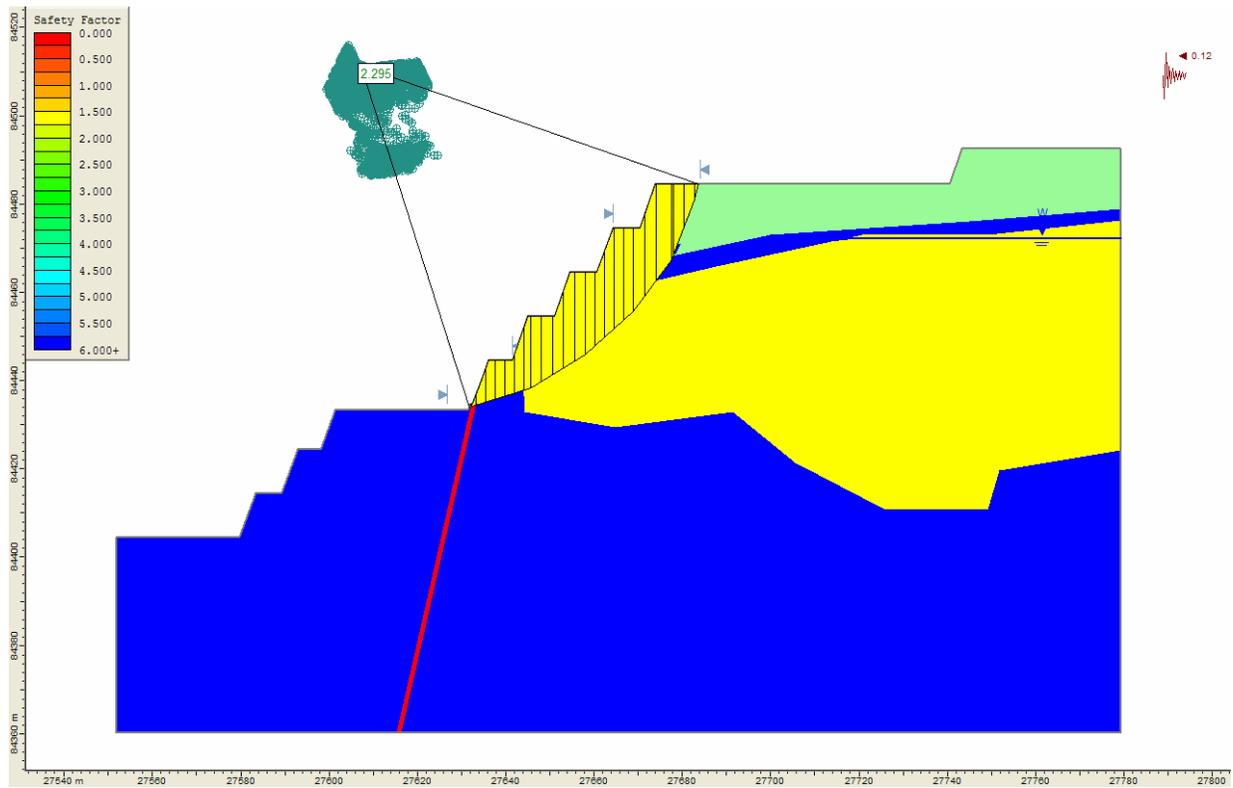


**Figura 3.36** Factor de Seguridad Inter-rampa entre bancos (4500-4450). Sección Geotécnica 03 – Año 2008 - condición de sismo Operacional. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis con sismo operacional.



# **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO MÁXIMO PROBABLE**



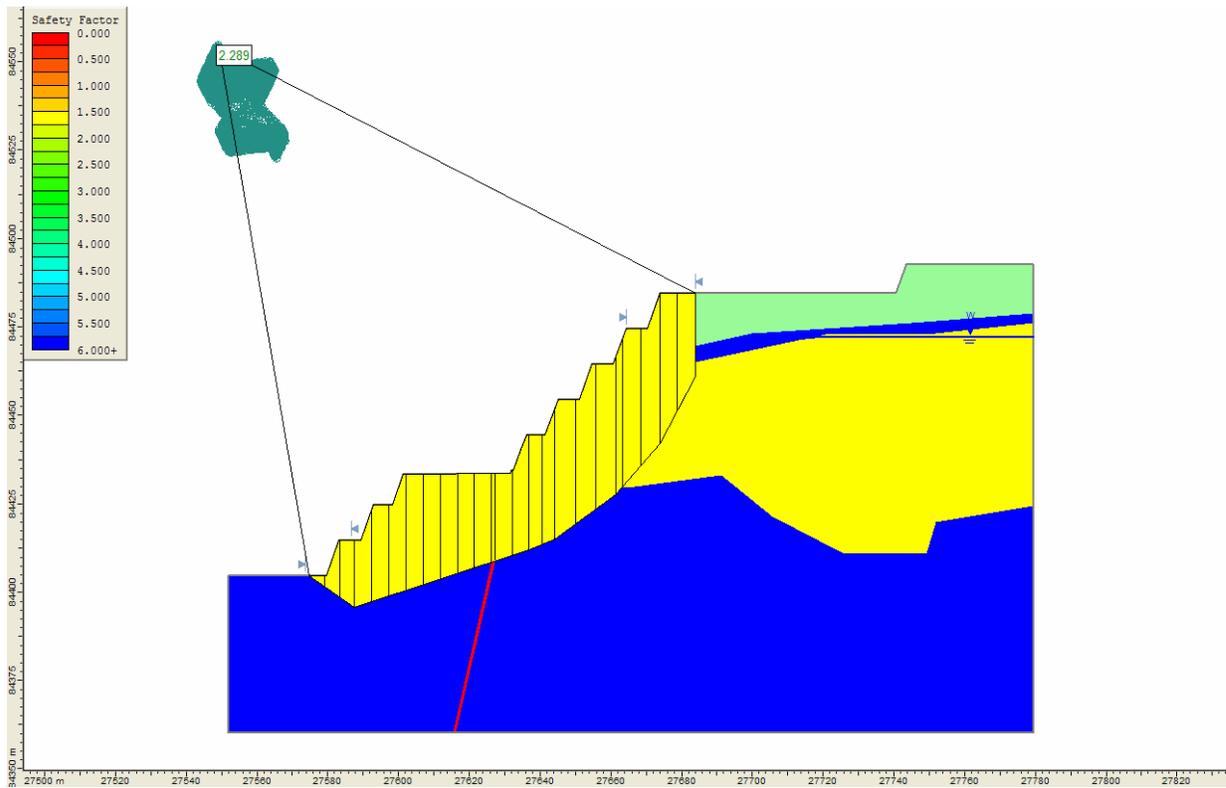
**Figura 3.37** Factor de Seguridad Inter-rampa entre bancos (4500-4450). Sección Geotécnica 03 – Año 2008 - condición de sismo máximo probable. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis con sismo máximo probable.



# **GLOBAL BANCOS 4500-4410**

## **ANÁLISIS ESTÁTICO**

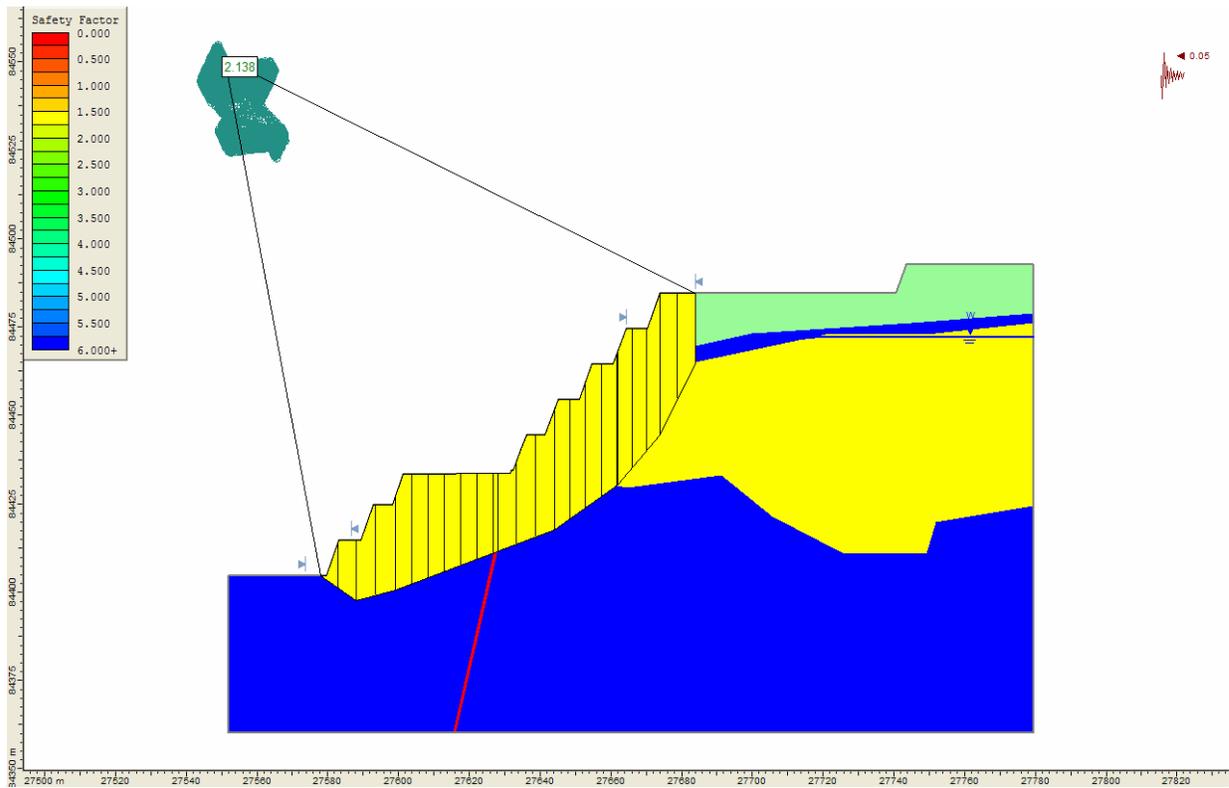


**Figura 3.38** Factor de Seguridad global entre bancos (4500-4410). Sección Geotécnica 03 – Año 2008 - condición estática. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis estático.



# **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO OPERACIONAL**

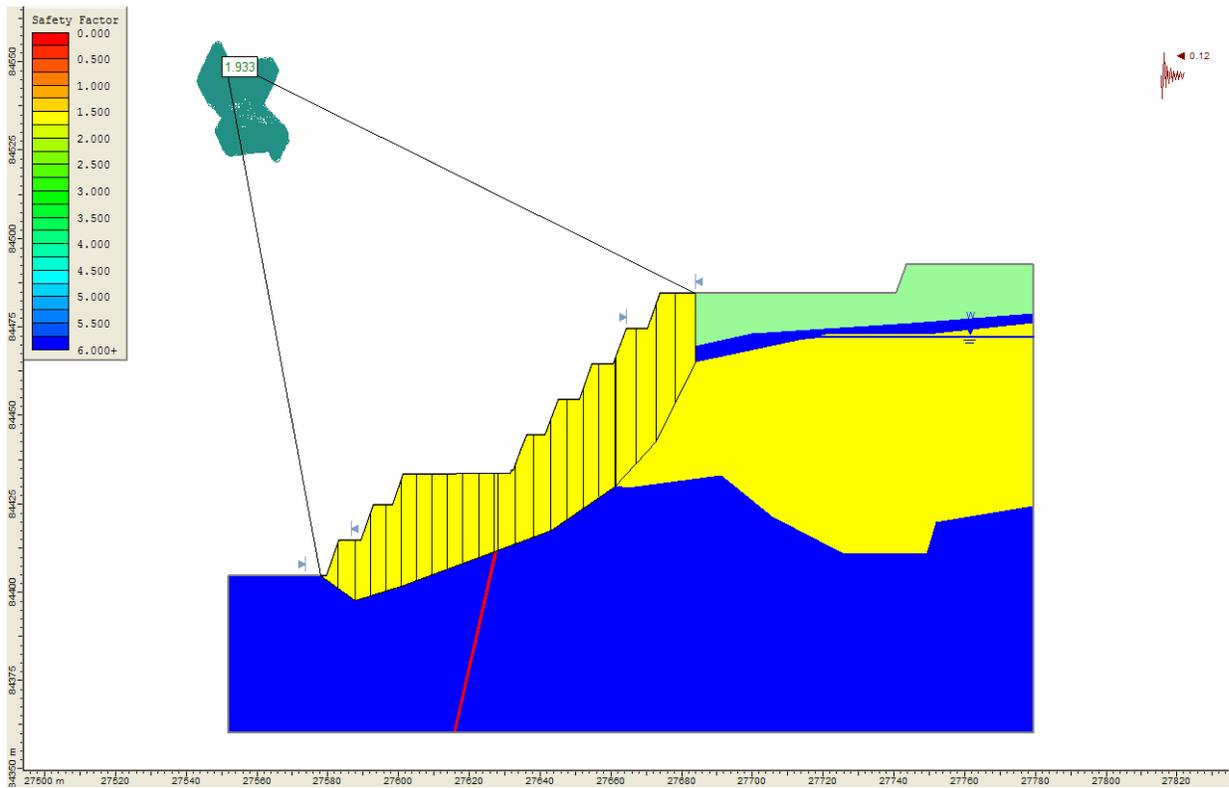


**Figura 3.39** Factor de Seguridad global entre bancos (4500-4410). Sección Geotécnica 03 – Año 2008 - condición de sismo Operacional. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis con sismo operacional.



# **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO MÁXIMO PROBABLE**



**Figura 3.40** Factor de Seguridad global entre bancos (4500-4410). Sección Geotécnica 03 – Año 2008 - condición de sismo máximo probable. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis con sismo máximo probable.



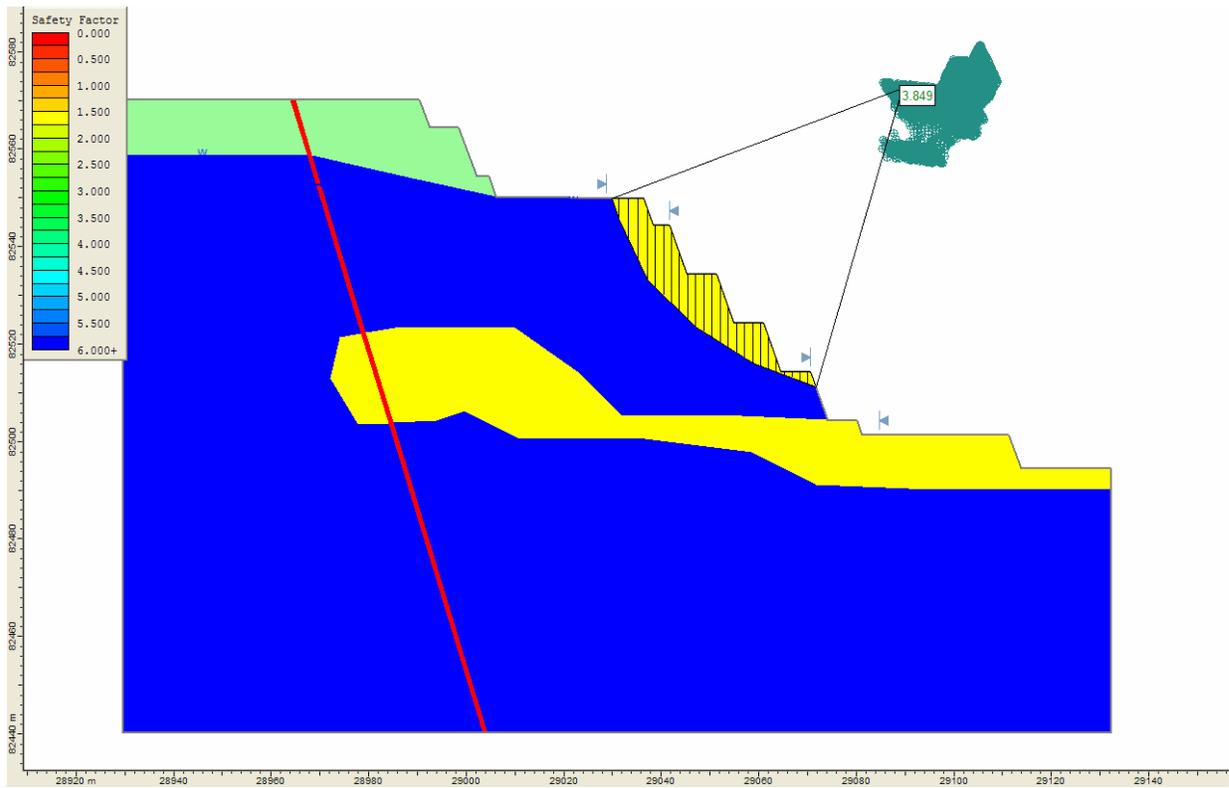
## **SECCIÓN GEOTÉCNICA SGO4**

### **RESULTADOS DE ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE ESTABILIDAD A ESCALA INTER-RAMPA**



# **AÑO 2008**

## **INTER-RAMPA BANCOS 4470-4420 ANÁLISIS ESTÁTICO**

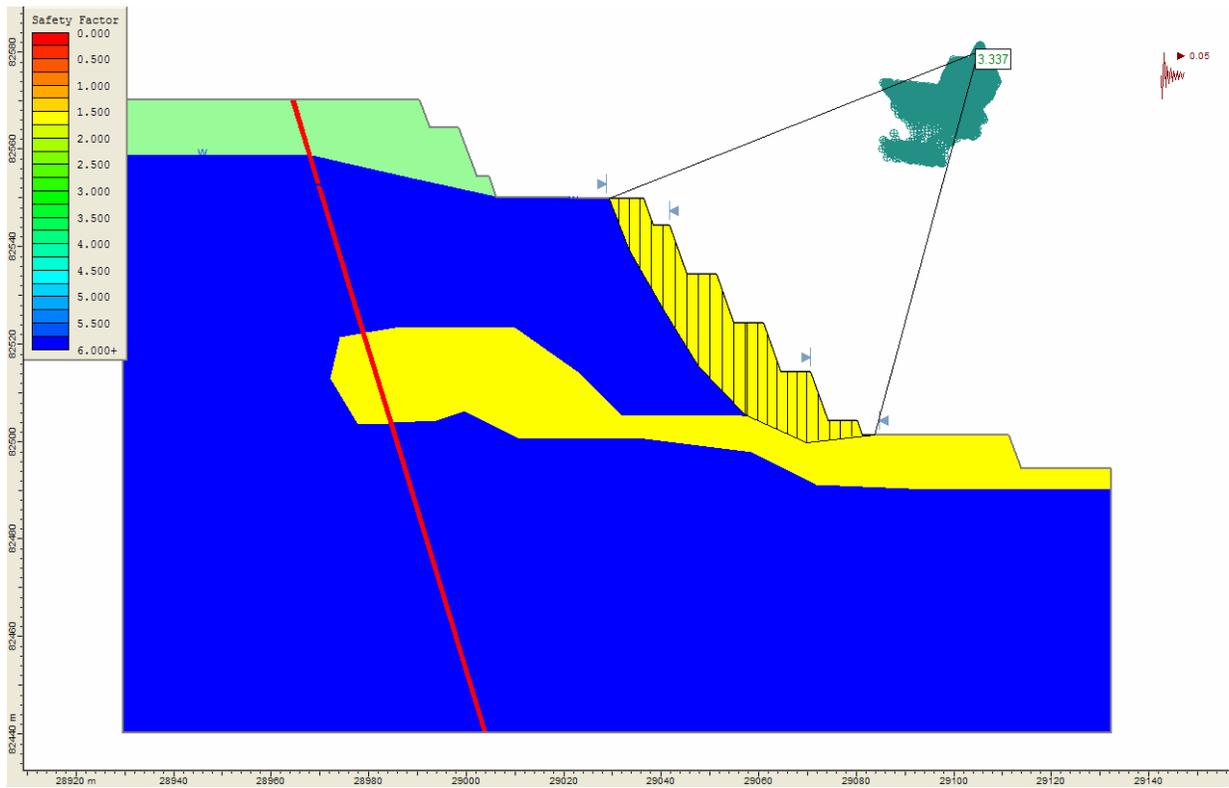


**Figura 3.41** Factor de Seguridad Inter.-rampa entre bancos (4470-4420). Sección Geotécnica 04 – Año 2008 - condición estática. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis estático.



# **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO OPERACIONAL**

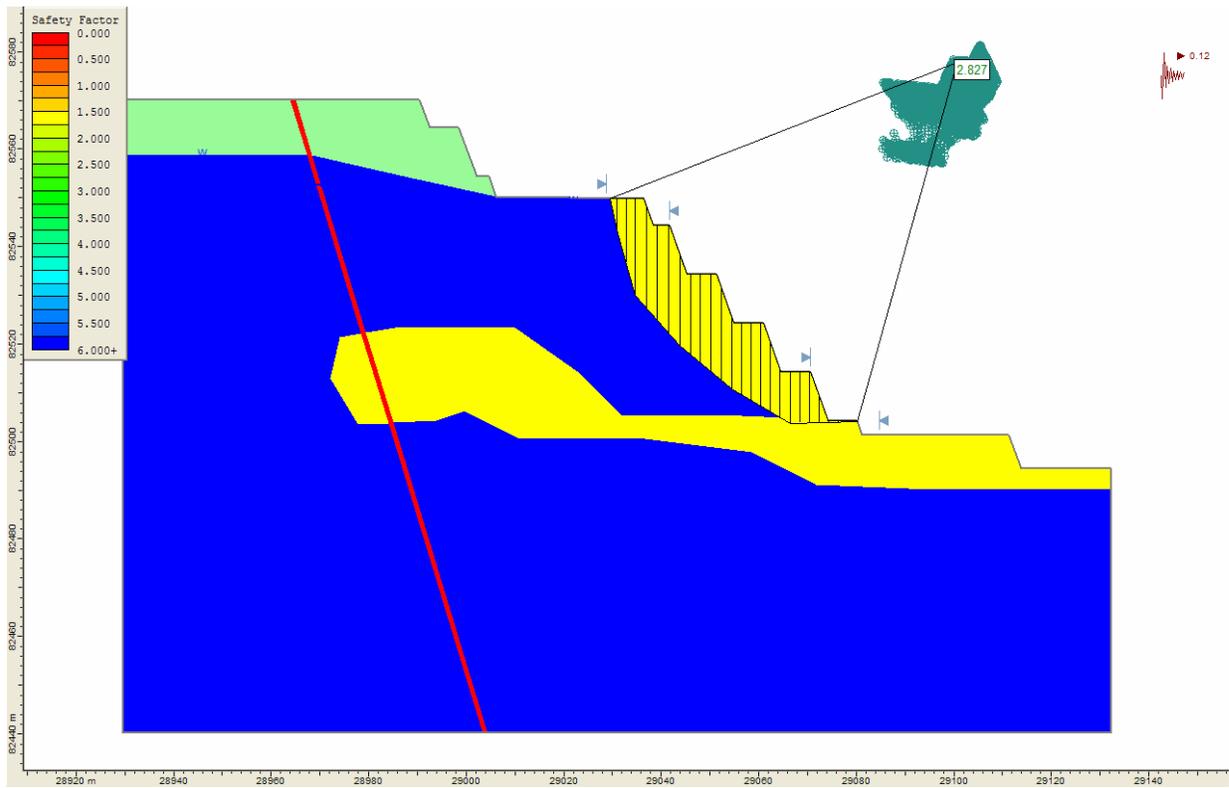


**Figura 3.42** Factor de Seguridad Inter.-rampa entre bancos (4470-4420). Sección Geotécnica 04 – Año 2008 - condición de sismo Operacional. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis con sismo operacional.



# **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO MÁXIMO PROBABLE**

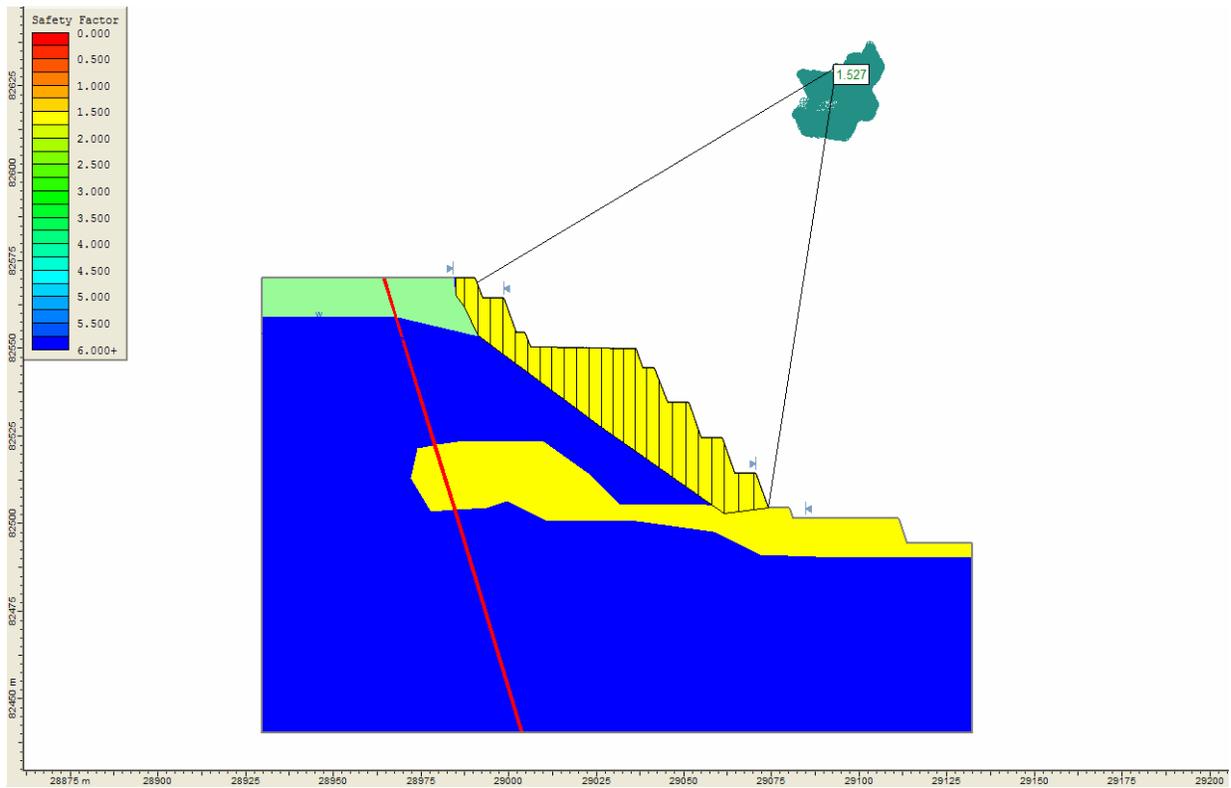


**Figura 3.43** Factor de Seguridad Inter.-rampa entre bancos (4470-4420). Sección Geotécnica 04 – Año 2008 - condición de sismo máximo probable. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis con sismo máximo probable.



# **GLOBAL BANCOS 4490-4420 ANÁLISIS ESTÁTICO**

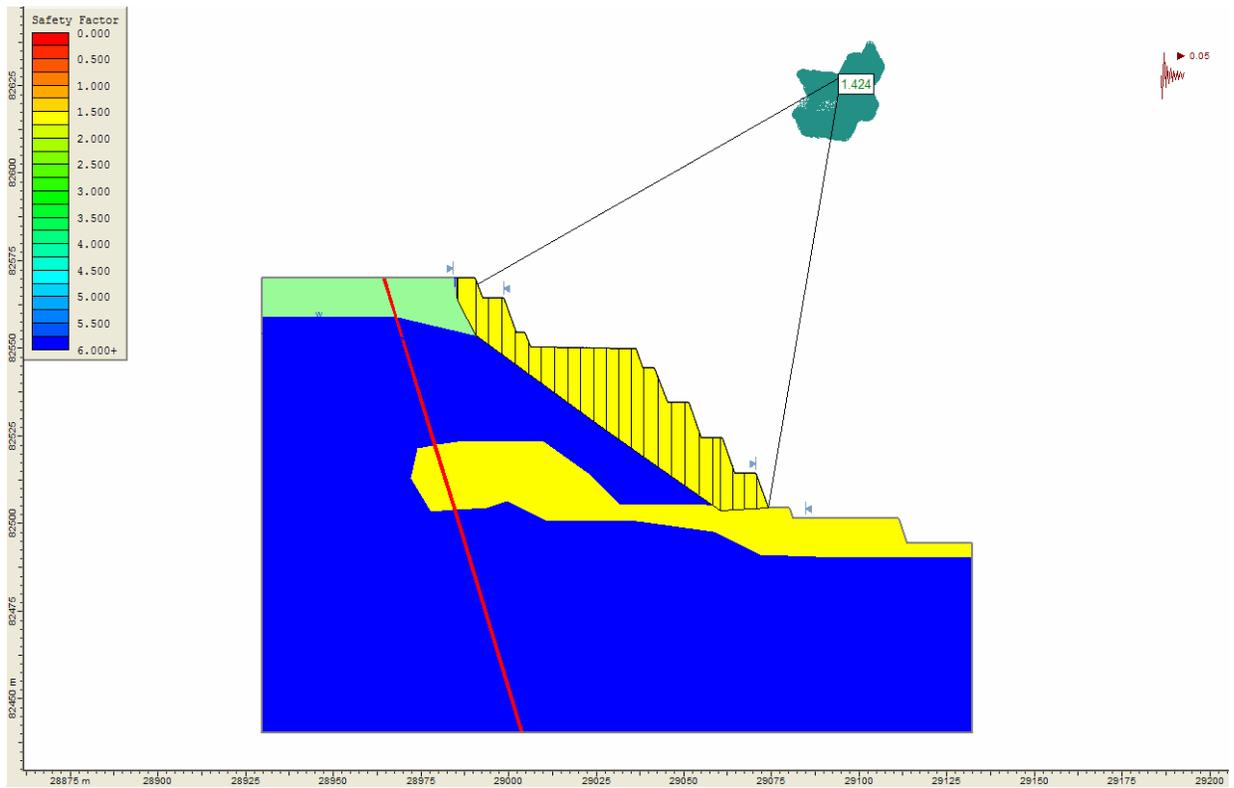


**Figura 3.44** Factor de Seguridad global entre bancos (4490-4420). Sección Geotécnica 04 – Año 2008 - condición estática. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis estático.



# **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO OPERACIONAL**

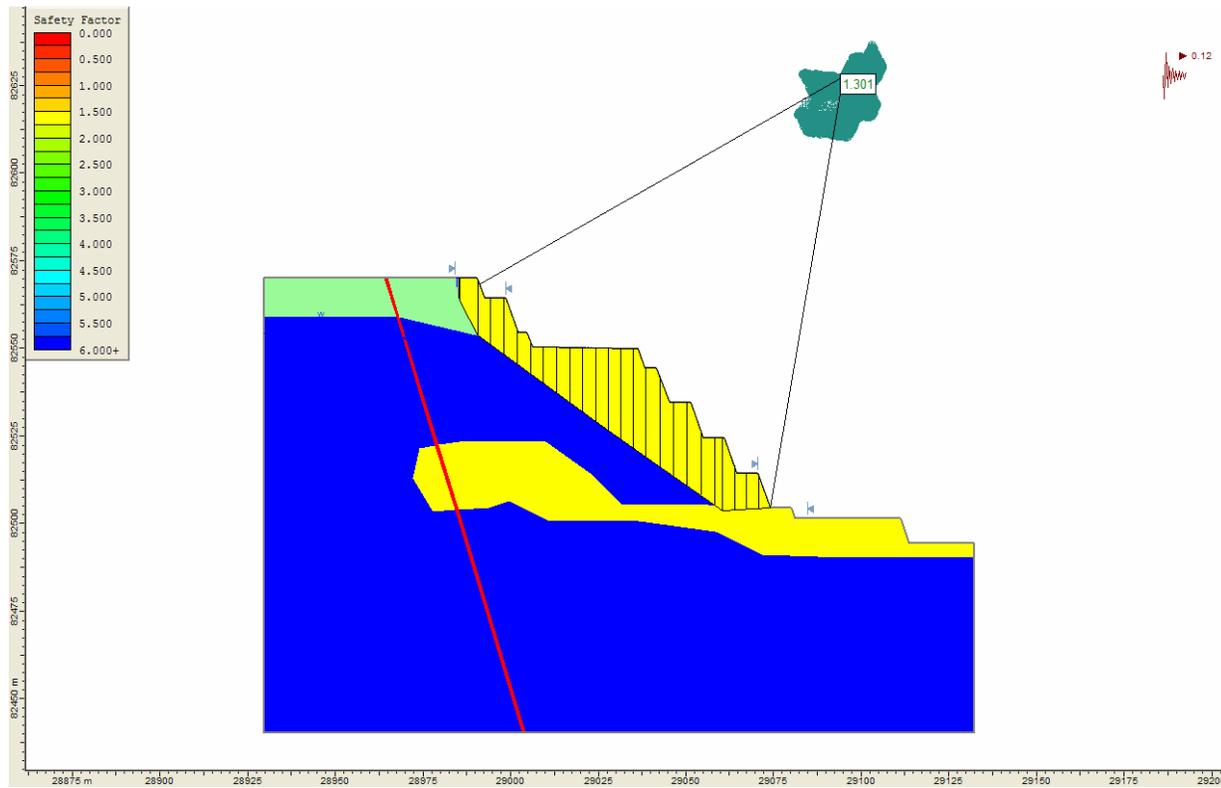


**Figura 3.45** Factor de Seguridad global entre bancos (4490-4420). Sección Geotécnica 04 – Año 2008 - condición de sismo Operacional. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.3. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.3. Todo lo anterior bajo un análisis con sismo operacional.



# **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO MÁXIMO PROBABLE**



**Figura 3.46** Factor de Seguridad global entre bancos (4490-4420). Sección Geotécnica 04 – Año 2008 - condición de sismo máximo probable. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.2. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.2. Todo lo anterior bajo un análisis con sismo máximo probable.



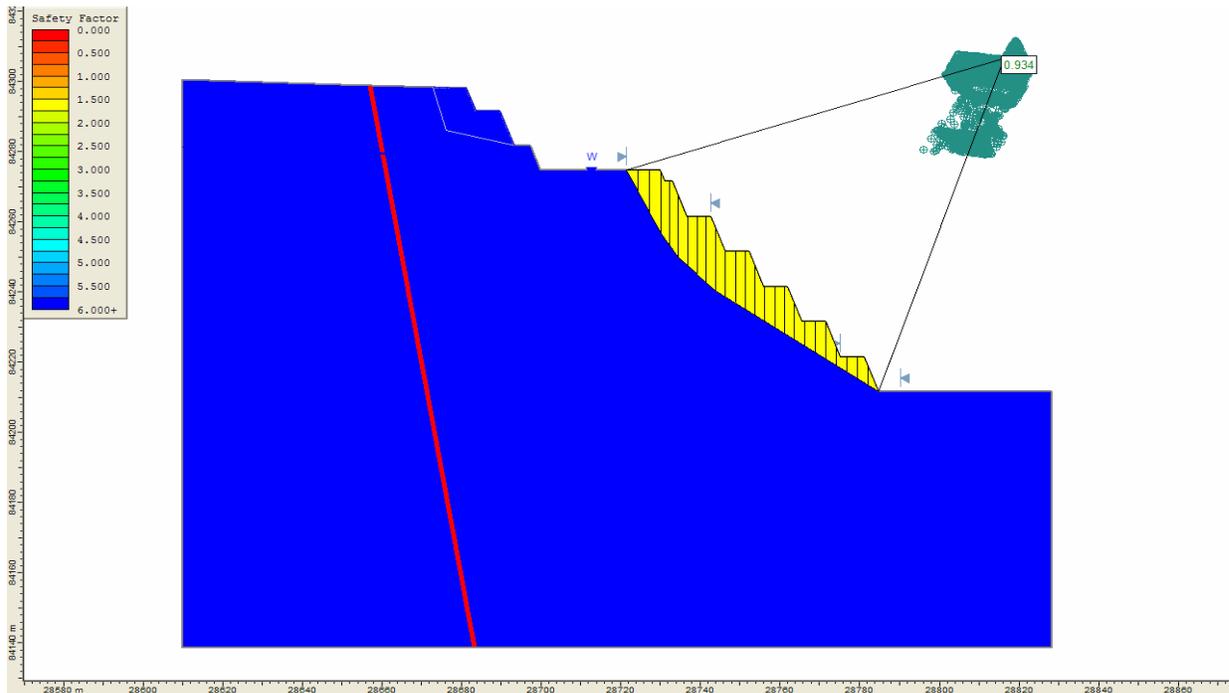
## **SECCIÓN GEOTÉCNICA SG05**

### **RESULTADOS DE ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE ESTABILIDAD A ESCALA INTER-RAMPA**

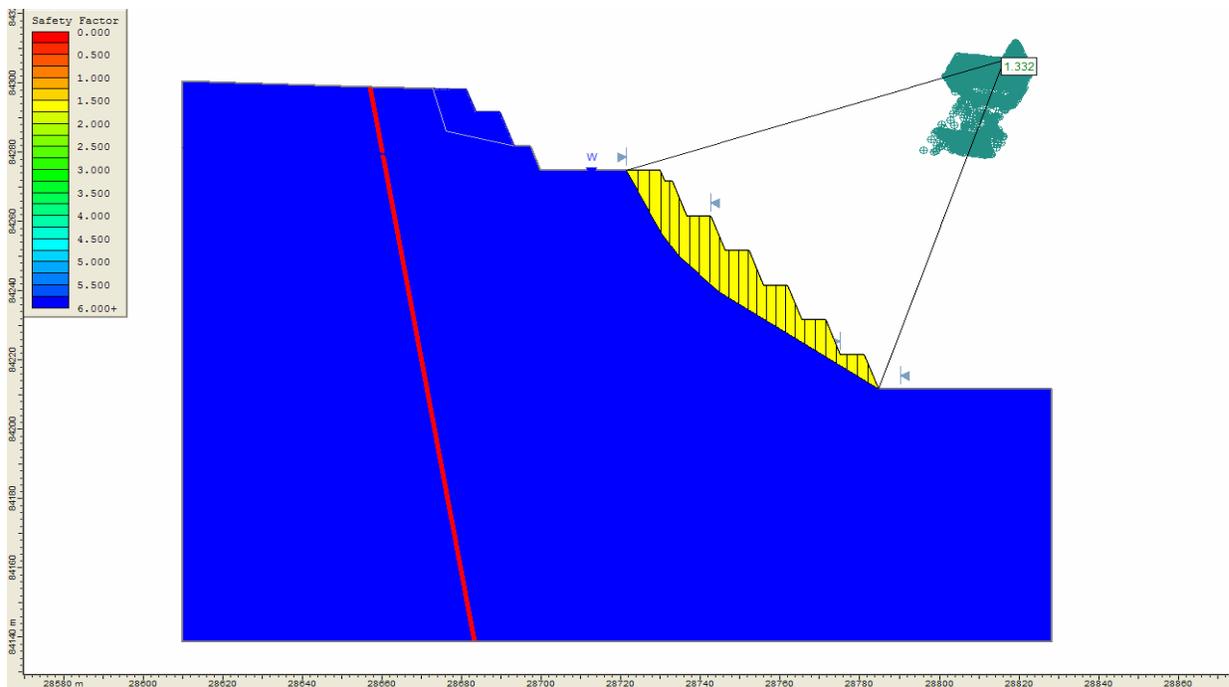


# **AÑO 2010**

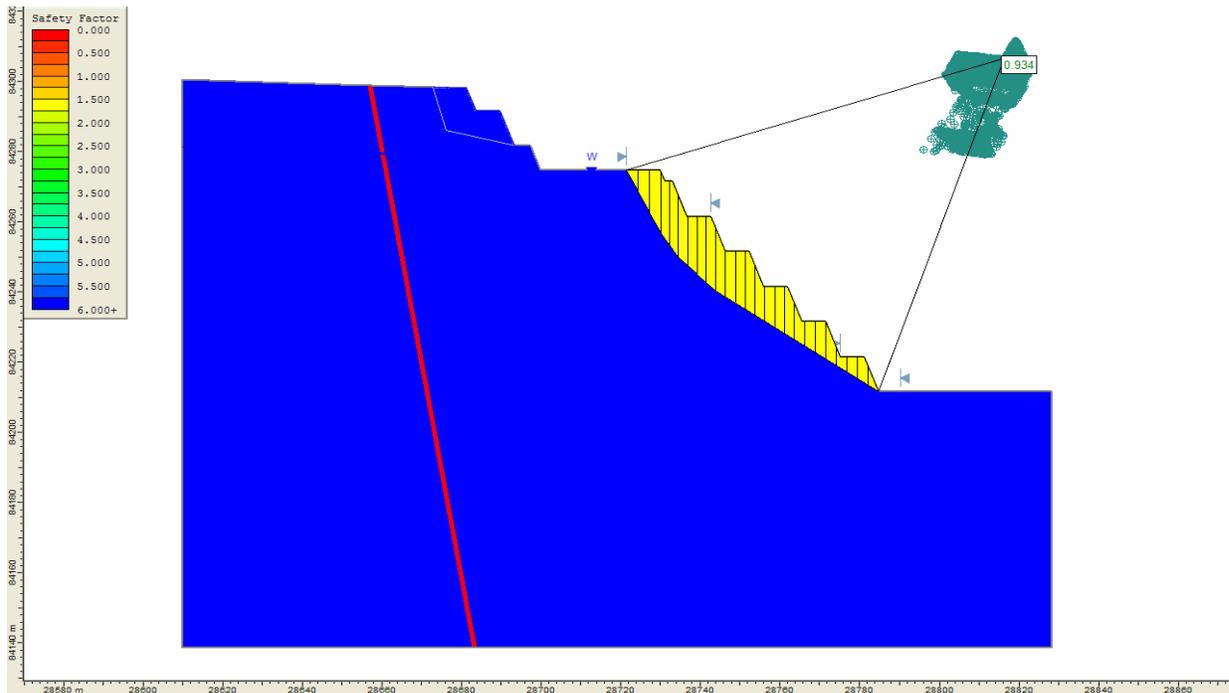
## **INTER-RAMPA BANCOS 4460-4390 ANÁLISIS ESTÁTICO**



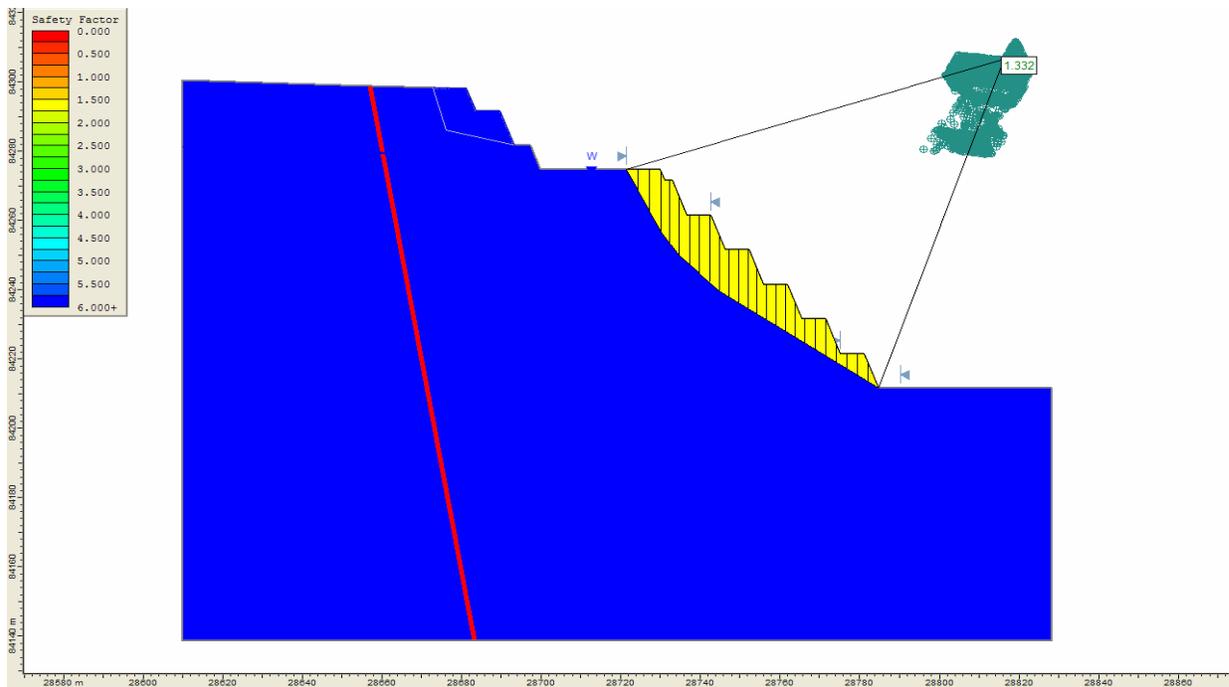
**Figura 3.47** Factor de Seguridad Inter.-rampa entre bancos (4460-4390). Sección Geotécnica 05 – Año 2010 - condición estática. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.



**Figura 3.1** Factor de Seguridad Inter.-rampa entre bancos (4460-4390). Sección Geotécnica 05 – Año 2010 - condición estática. Propiedades máximas de estructuras con máximas de macizo rocoso.



**Figura 3.48** Factor de Seguridad Inter.-rampa entre bancos (4460-4390). Sección Geotécnica 05 – Año 2010 - condición estática. Propiedades Mínimas de estructuras con máximas de macizo rocoso.



**Figura 3.49** Factor de Seguridad Inter.-rampa entre bancos (4460-4390). Sección Geotécnica 05 – Año 2010 - condición estática. Propiedades Máximas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.



# **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO OPERACIONAL**

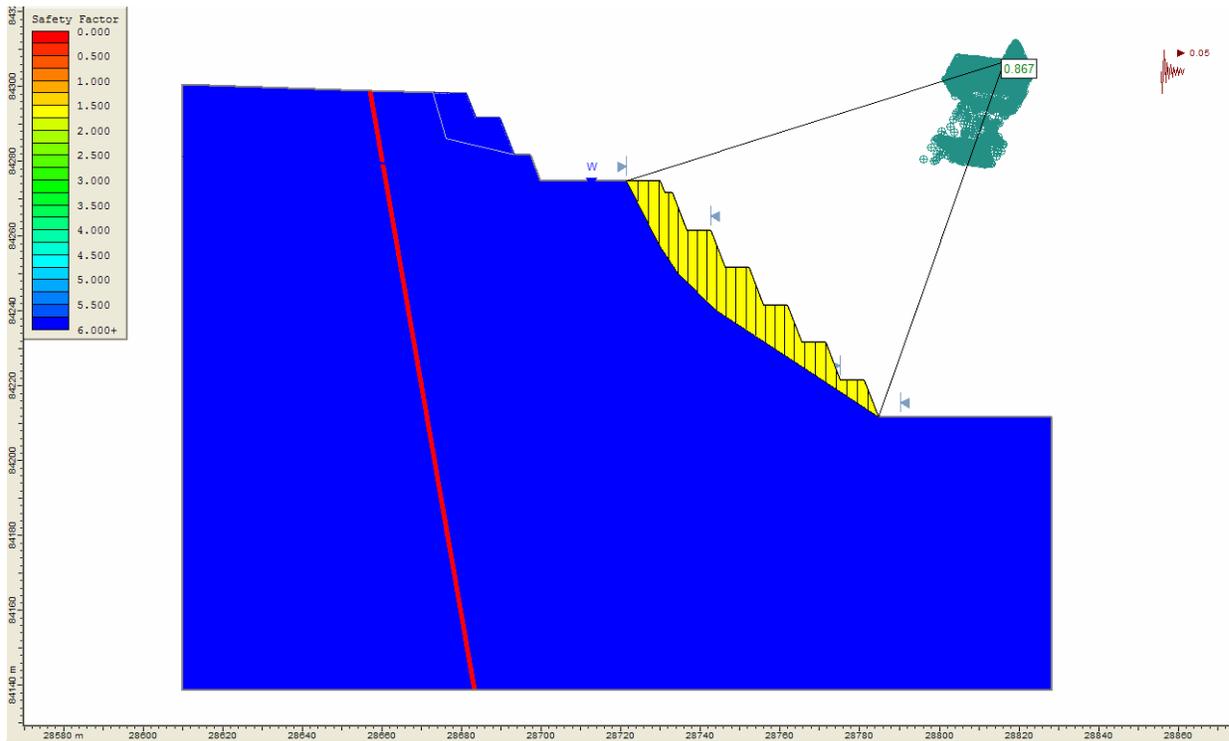


Figura 3.50 Factor de Seguridad Inter.-rampa entre bancos (4460-4390). Sección Geotécnica 05 – Año 2010 - condición de sismo Operacional. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

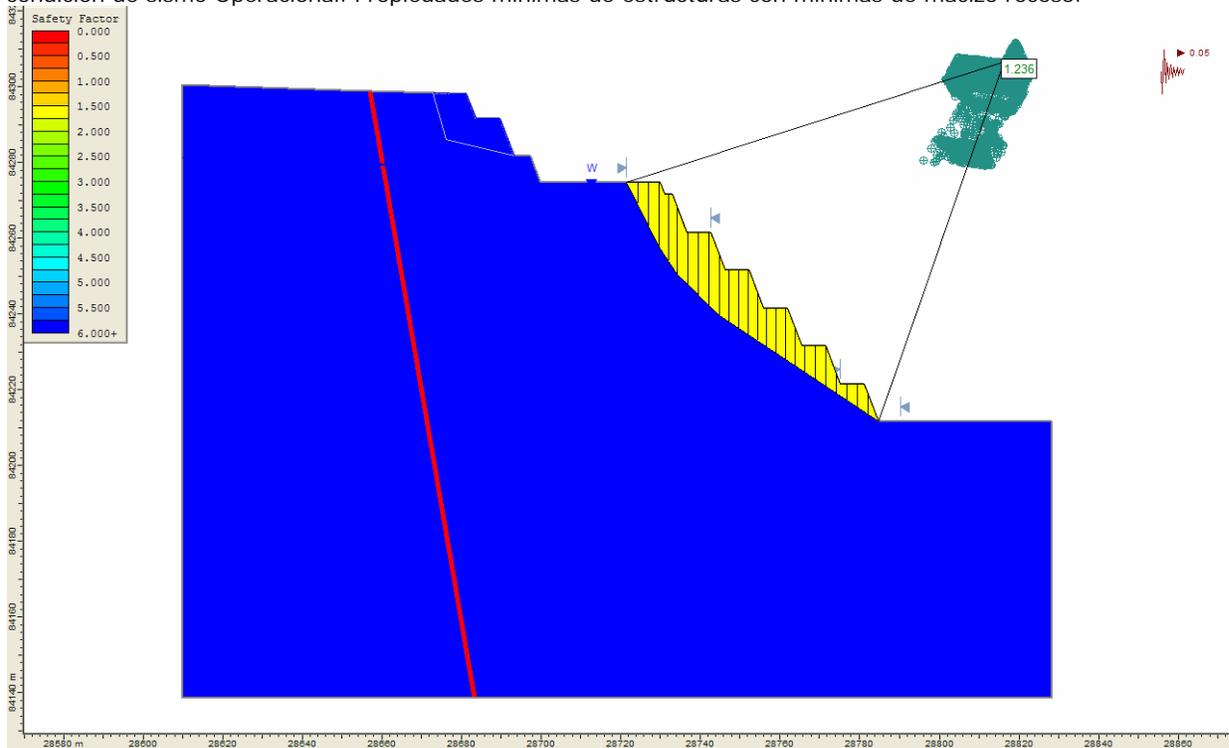
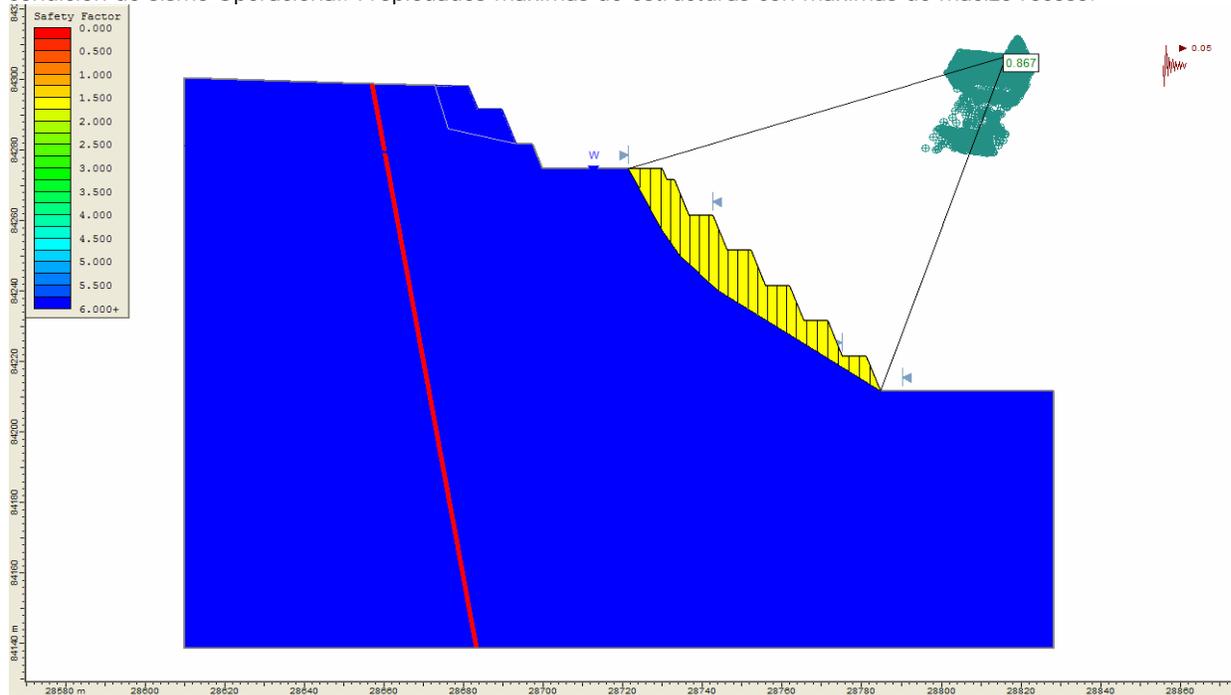


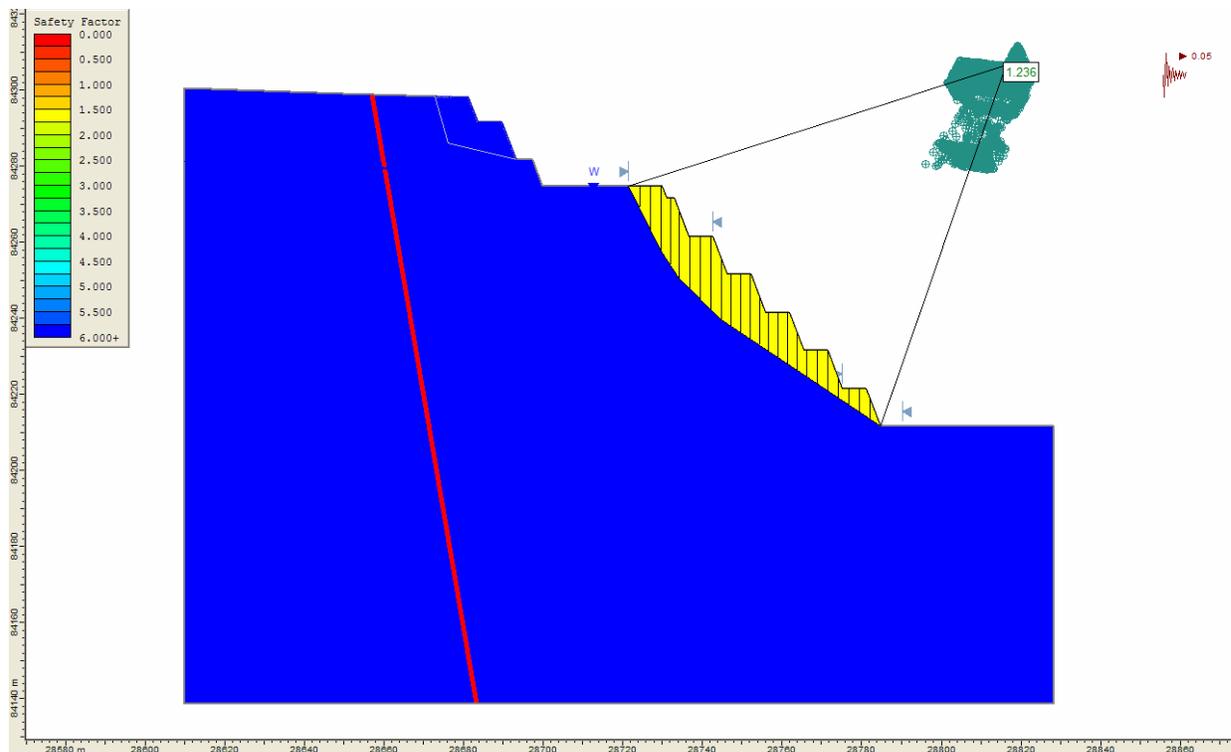
Figura 3.51 Factor de Seguridad Inter.-rampa entre bancos (4460-4390). Sección Geotécnica 05 – Año 2010 -



condición de sismo Operacional. Propiedades máximas de estructuras con máximas de macizo rocoso.



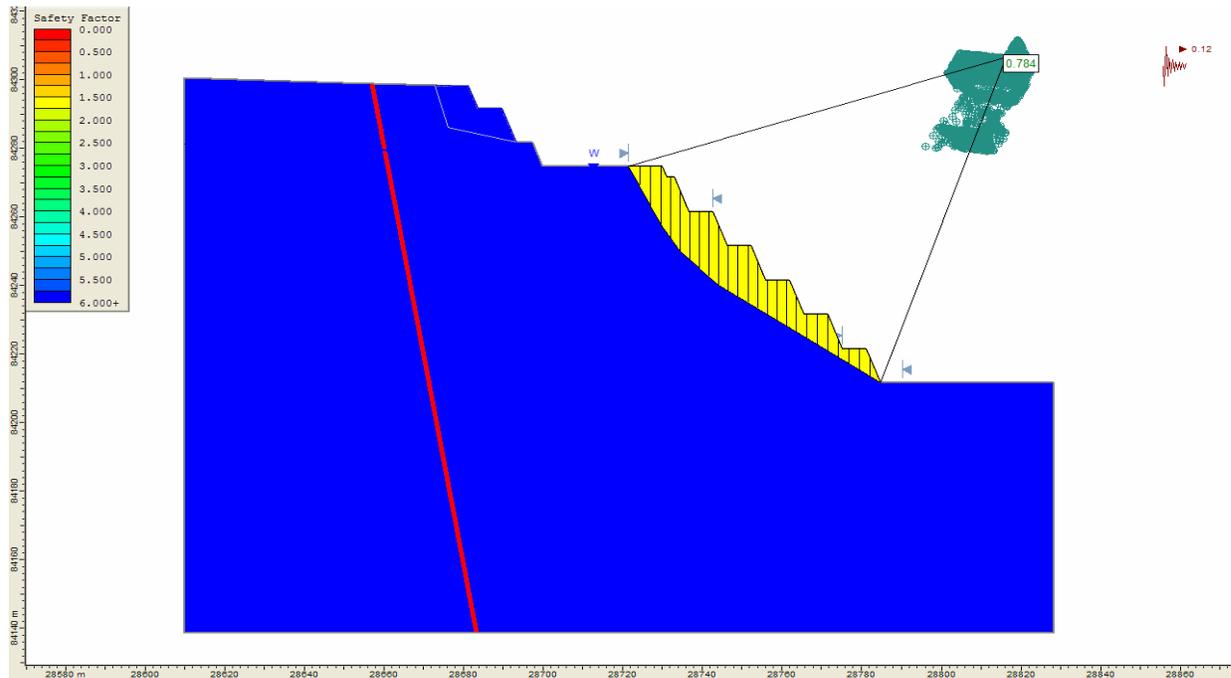
**Figura 3.52** Factor de Seguridad Inter.-rampa entre bancos (4460-4390). Sección Geotécnica 05 – Año 2010 - condición de sismo Operacional. Propiedades mínimas de estructuras con máximas de macizo rocoso



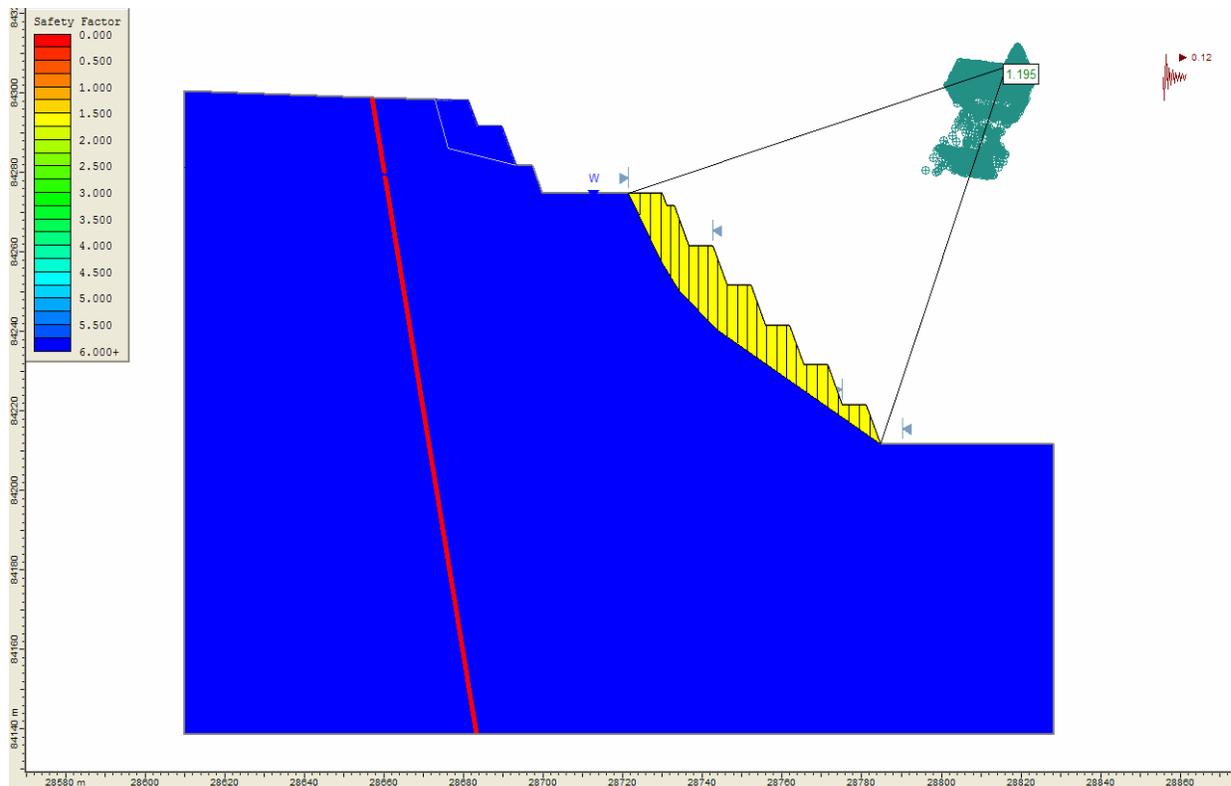
**Figura 3.53** Factor de Seguridad Inter.-rampa entre bancos (4460-4390). Sección Geotécnica 05 – Año 2010 - condición de sismo Operacional. Propiedades máximas de estructuras con mínimas de macizo rocoso



# **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO MÁXIMO PROBABLE**



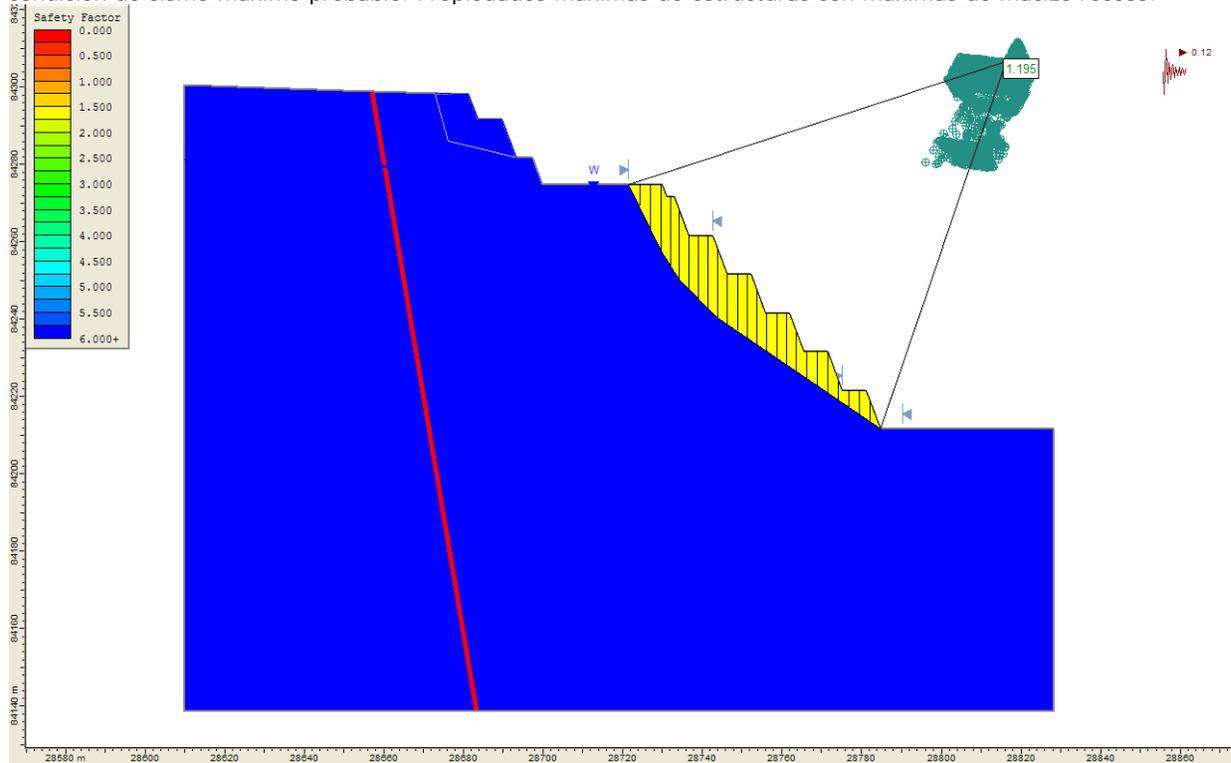
**Figura 3.54** Factor de Seguridad Inter.-rampa entre bancos (4460-4390). Sección Geotécnica 05 – Año 2010 - condición de sismo máximo probable. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.



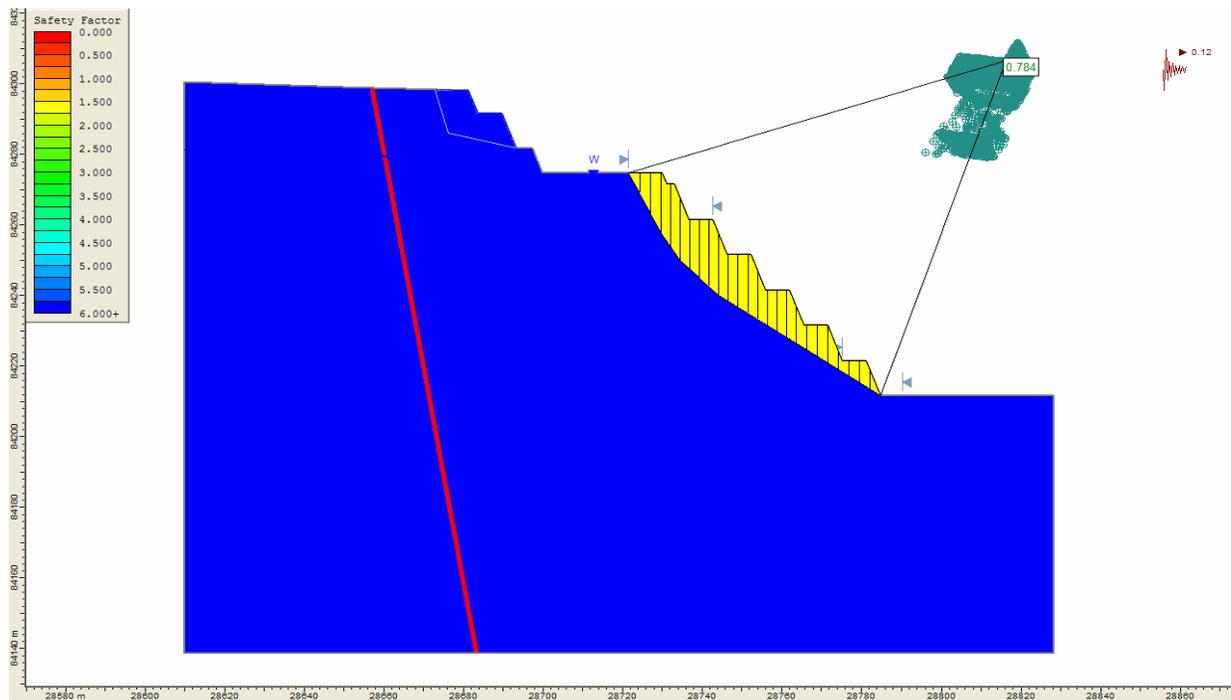
**Figura 3.55** Factor de Seguridad Inter.-rampa entre bancos (4460-4390). Sección Geotécnica 05 – Año 2010 -



condición de sismo máximo probable. Propiedades máximas de estructuras con máximas de macizo rocoso.



**Figura 3.56** Factor de Seguridad Inter.-rampa entre bancos (4460-4390). Sección Geotécnica 05 – Año 2010 - condición de sismo máximo probable. Propiedades máximas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

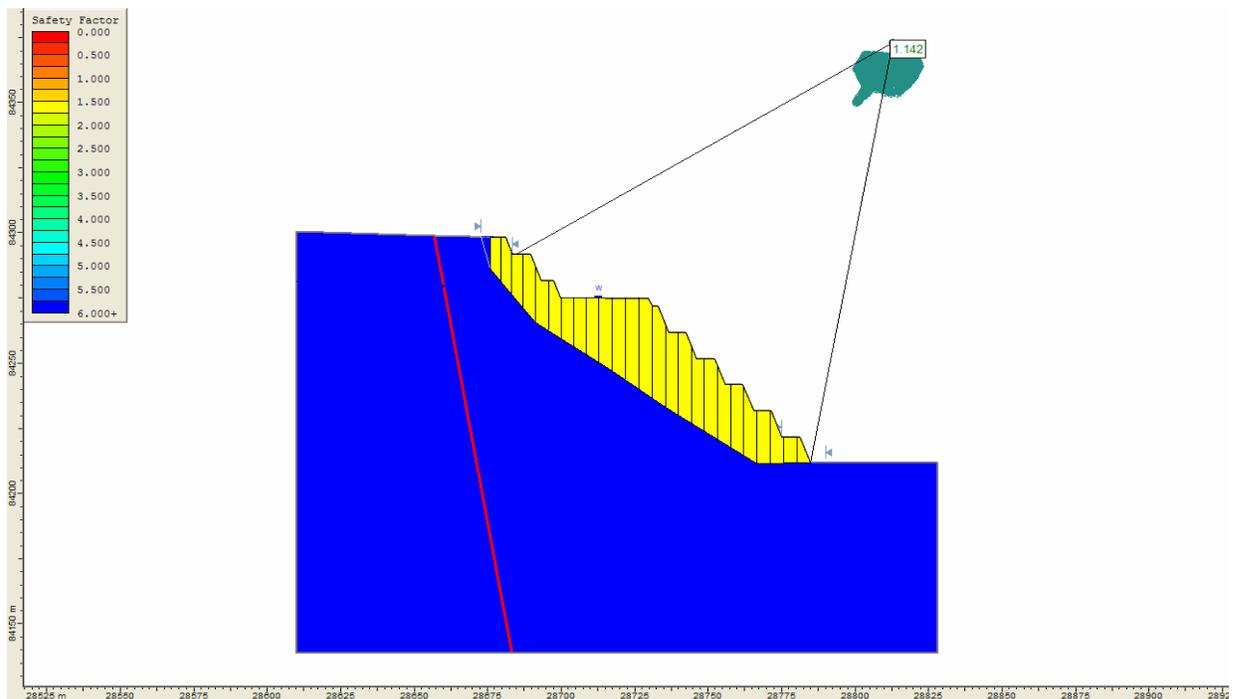


**Figura 3.57** Factor de Seguridad Inter.-rampa entre bancos (4460-4390). Sección Geotécnica 05 – Año 2010 - condición de sismo máximo probable. Propiedades mínimas de estructuras con máximas de macizo rocoso.

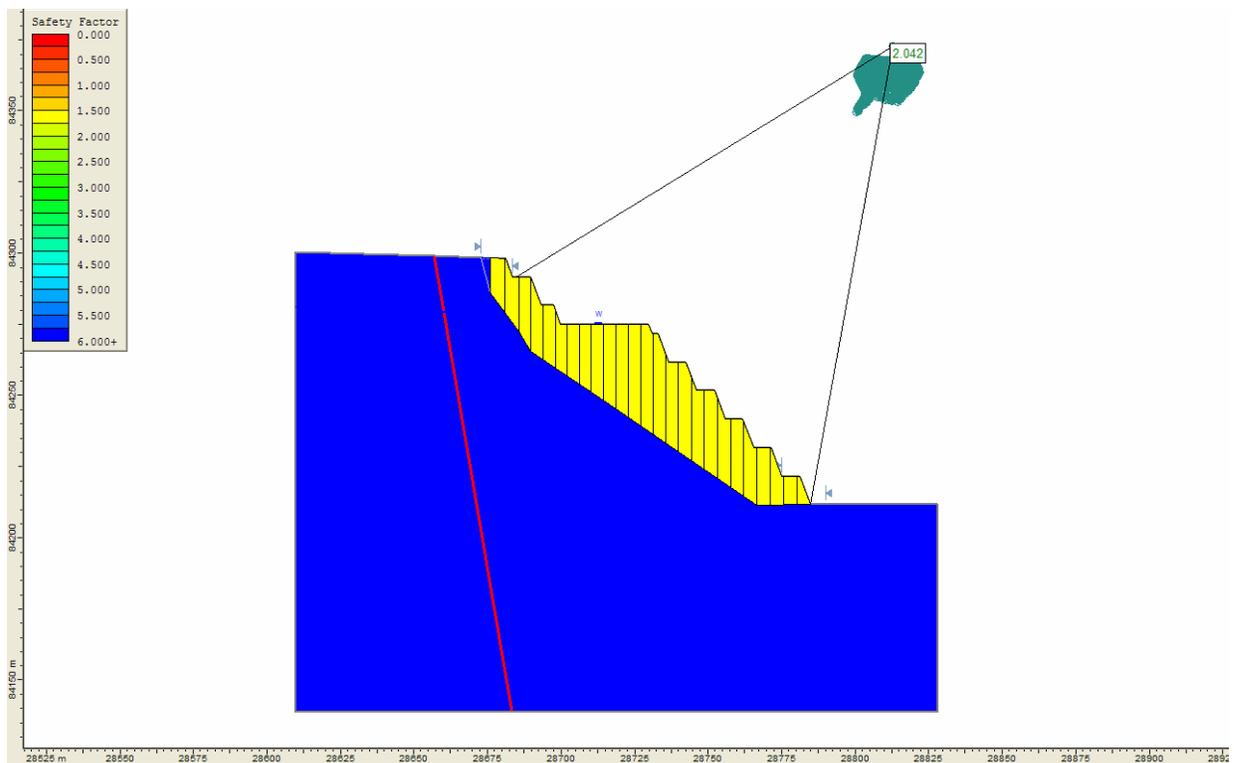


# **GLOBAL BANCOS 4500-4390**

## **ANÁLISIS ESTÁTICO**



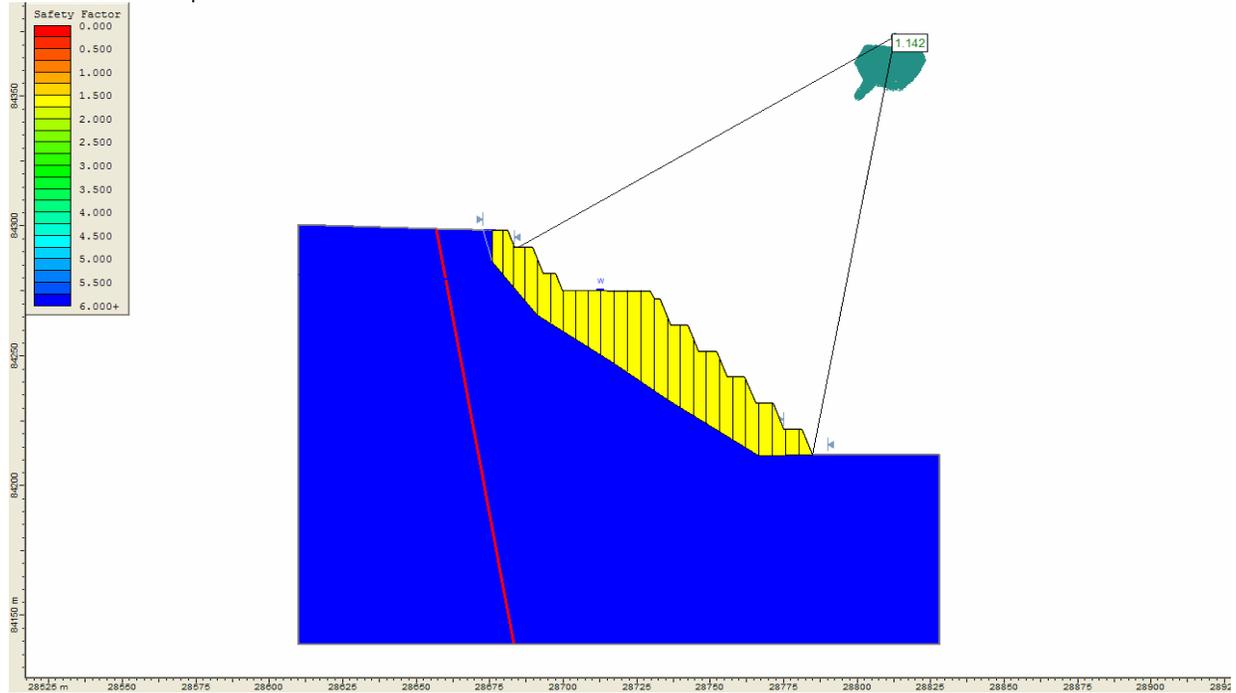
**Figura 3.58** Factor de Seguridad global entre bancos (4500-4390). Sección Geotécnica 05 – Año 2010 - condición estática. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.



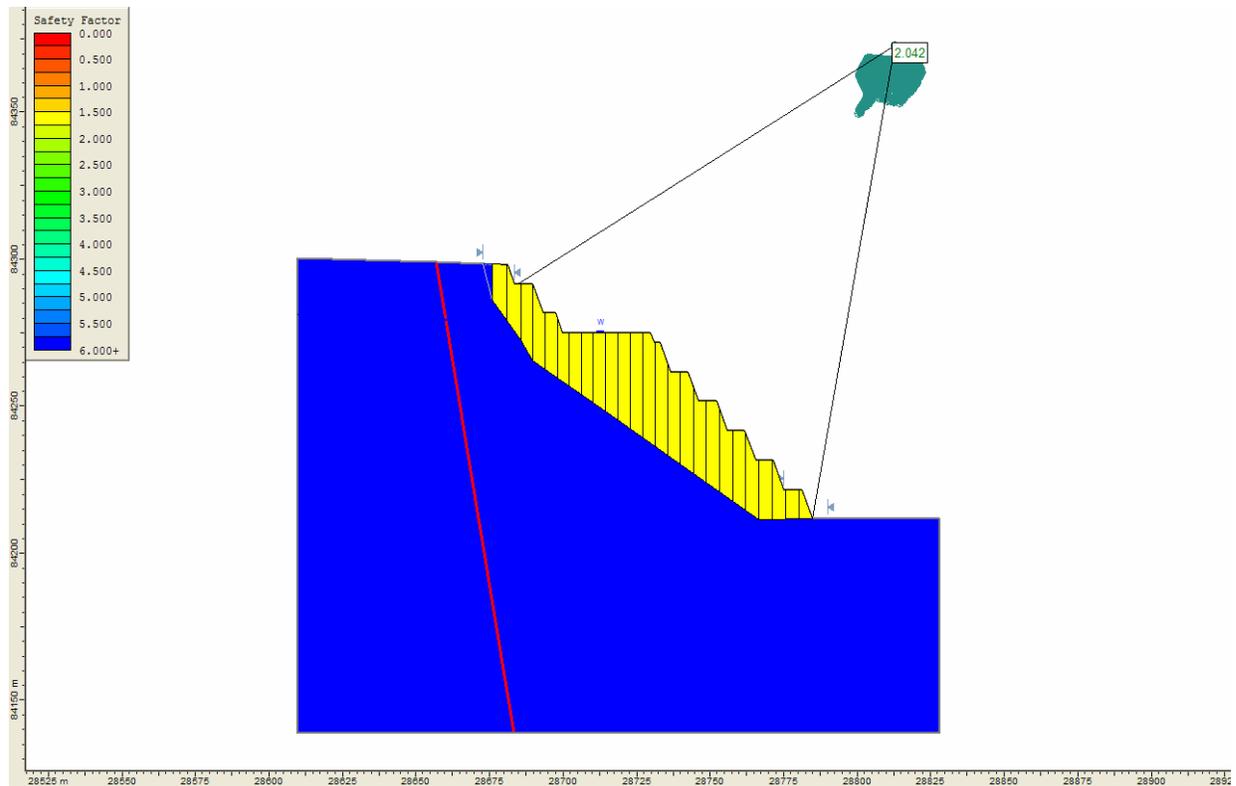
**Figura 3.59** Factor de Seguridad global entre bancos (4500-4390). Sección Geotécnica 05 – Año 2010 - condi-



ción estática. Propiedades máximas de estructuras con máximas de macizo rocoso.



**Figura 3.60** Factor de Seguridad global entre bancos (4500-4390). Sección Geotécnica 05 – Año 2010 - condición estática. Propiedades Mínimas de estructuras con máximas de macizo rocoso.





**Figura 3.61** Factor de Seguridad global entre bancos (4500-4390). Sección Geotécnica 05 – Año 2010 - condición estática. Propiedades Máximas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

## **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO OPERACIONAL**

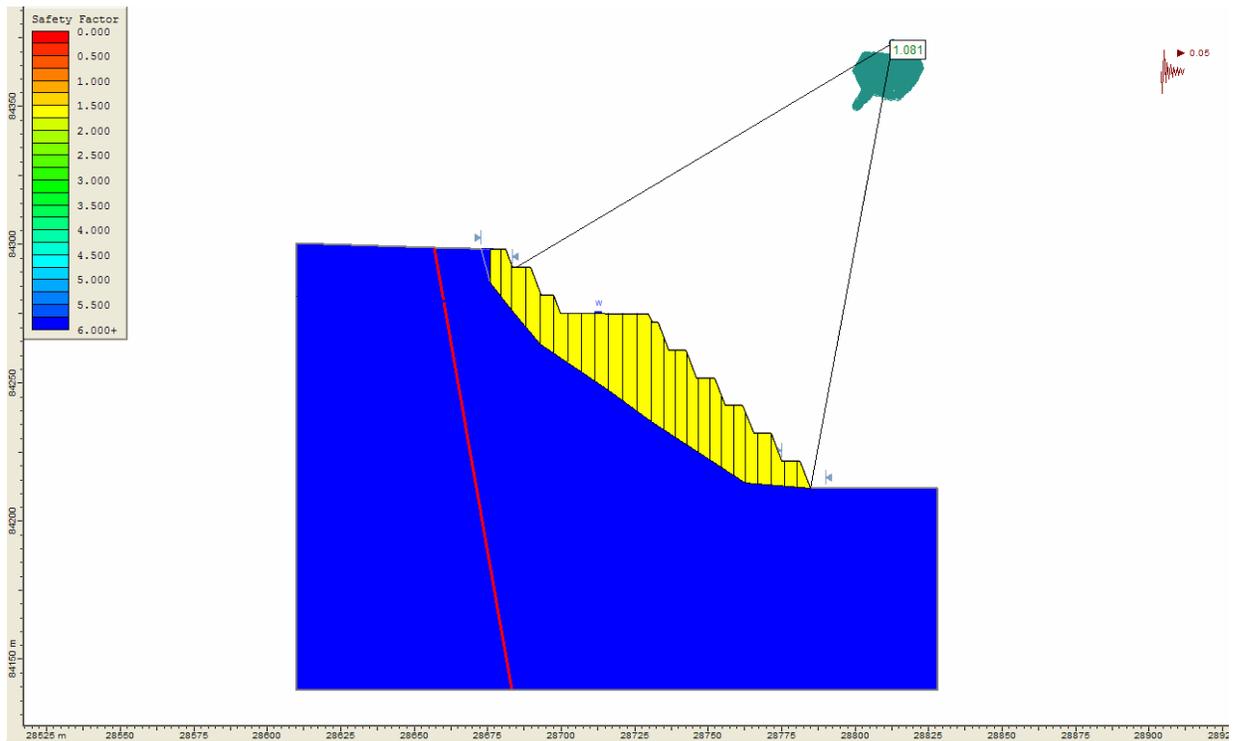


Figura 3.62 Factor de Seguridad global entre bancos (4500-4390). Sección Geotécnica 05 – Año 2010 - condición de sismo Operacional. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

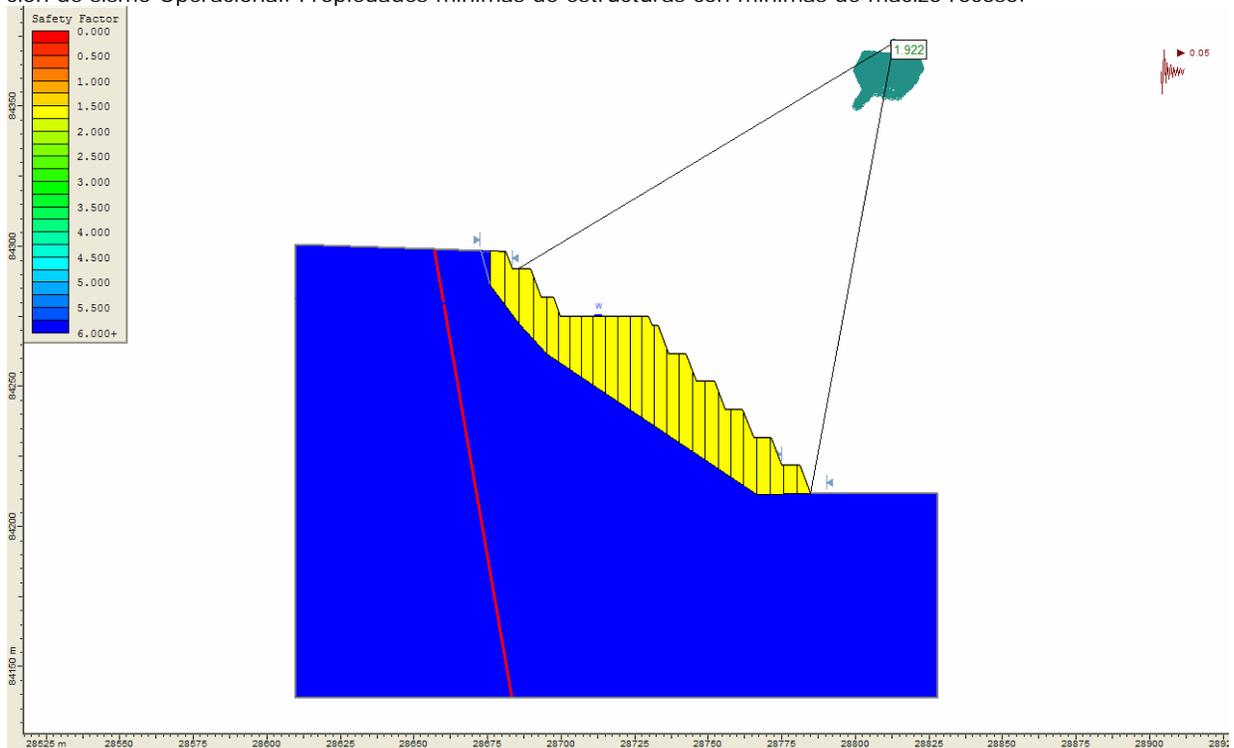
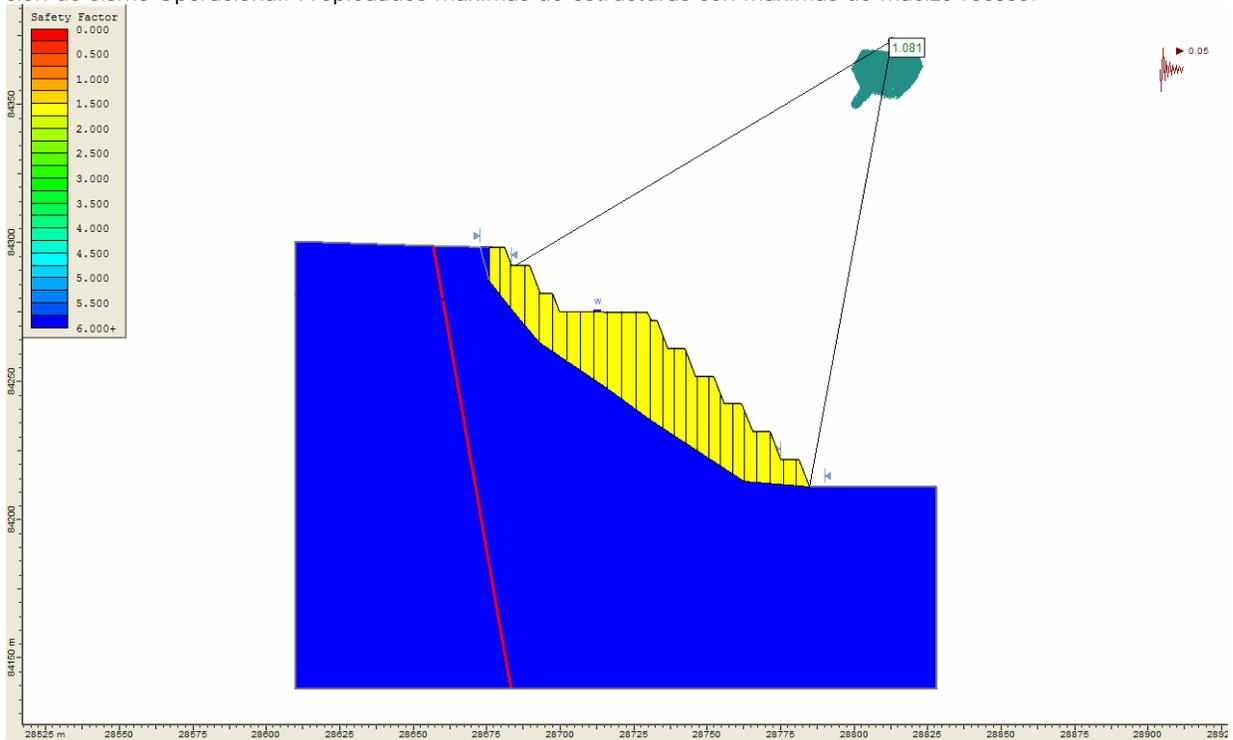


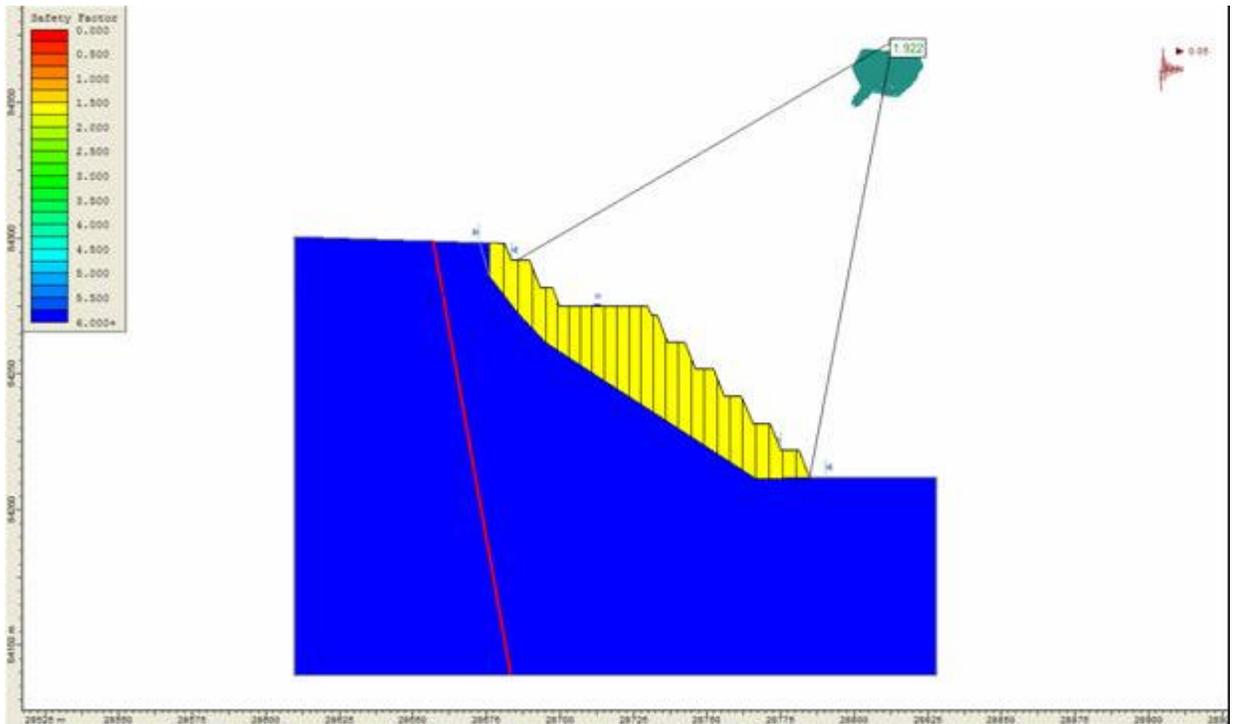
Figura 3.63 Factor de Seguridad global entre bancos (4500-4390). Sección Geotécnica 05 – Año 2010 - condi-



ción de sismo Operacional. Propiedades máximas de estructuras con máximas de macizo rocoso.



**Figura 3.64** Factor de Seguridad global entre bancos (4500-4390). Sección Geotécnica 05 – Año 2010 - condición de sismo Operacional. Propiedades mínimas de estructuras con máximas de macizo rocoso

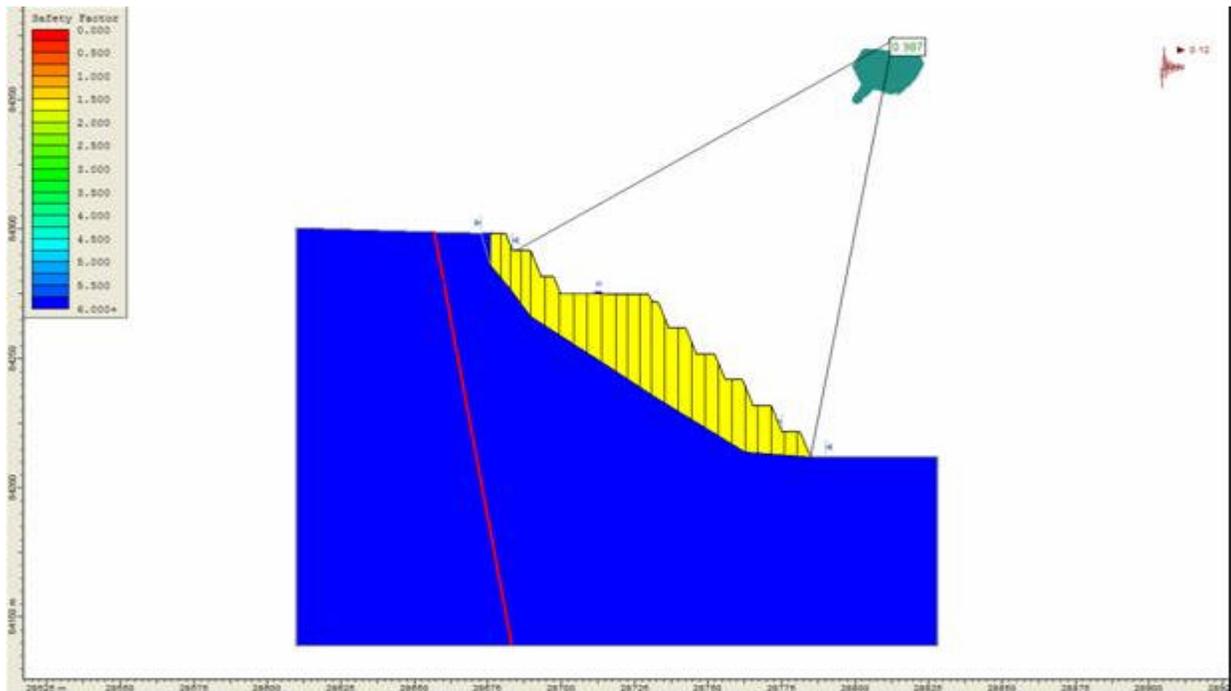


**Figura 3.65** Factor de Seguridad global entre bancos (4500-4390). Sección Geotécnica 05 – Año 2010 - condi-

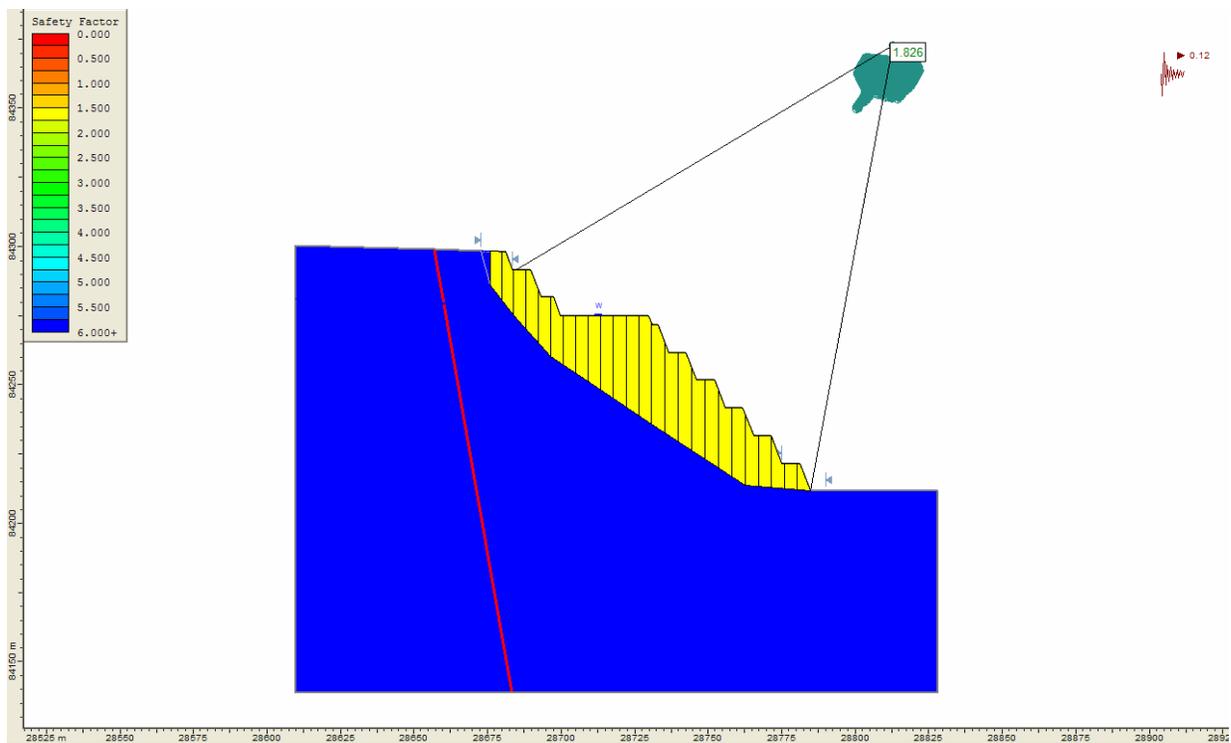


ción de sismo Operacional. Propiedades máximas de estructuras con mínimas de macizo rocoso

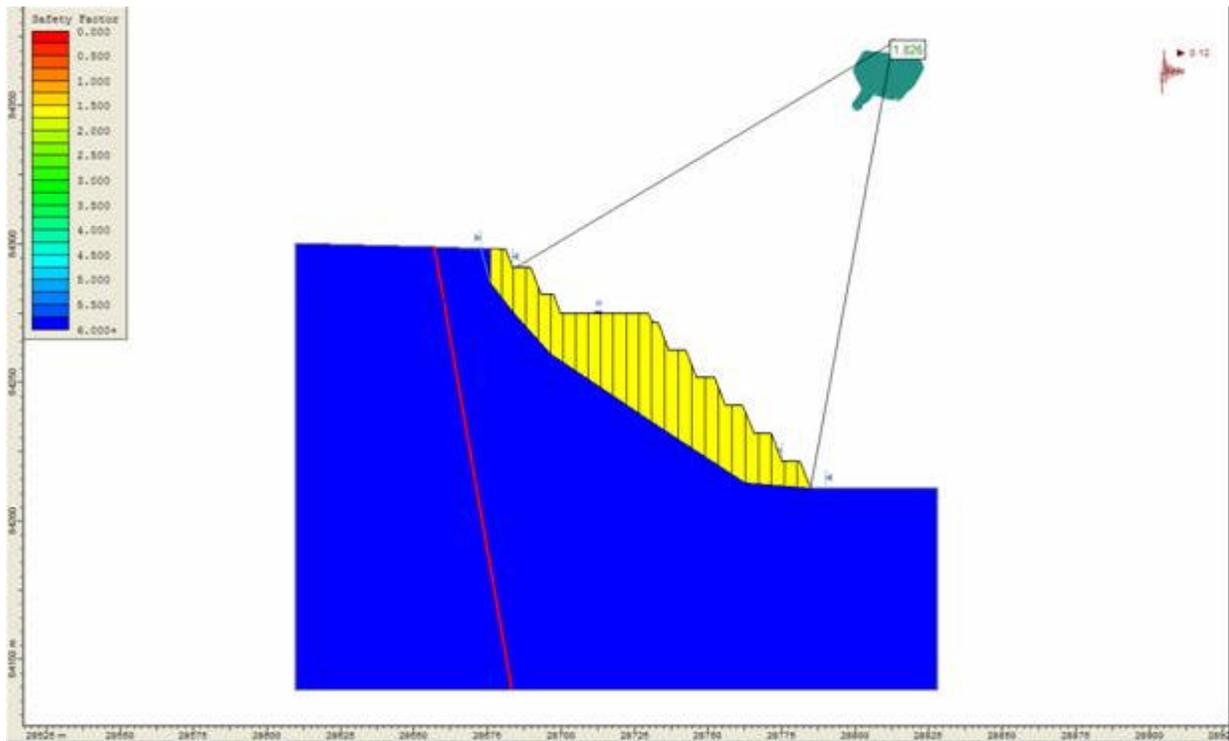
## **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO MÁXIMO PROBABLE**



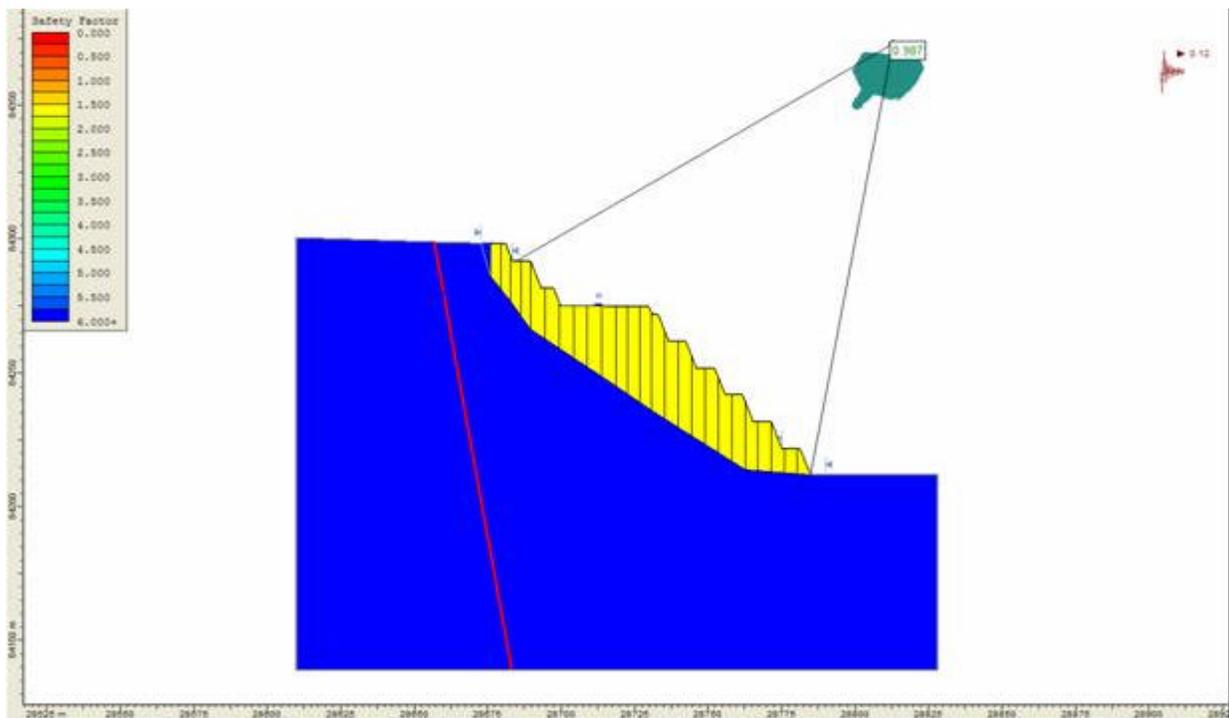
**Figura 3.66** Factor de Seguridad global entre bancos (4500-4390). Sección Geotécnica 05 – Año 2010 - condición de sismo máximo probable. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.



**Figura 3.67** Factor de Seguridad global entre bancos (4500-4390). Sección Geotécnica 05 – Año 2010 - condición de sismo máximo probable. Propiedades máximas de estructuras con máximas de macizo rocoso.



**Figura 3.68** Factor de Seguridad global entre bancos (4500-4390). Sección Geotécnica 05 – Año 2010 - condición de sismo máximo probable. Propiedades máximas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.



**Figura 3.69** Factor de Seguridad global entre bancos (4500-4390). Sección Geotécnica 05 – Año 2010 - condición de sismo máximo probable. Propiedades mínimas de estructuras con máximas de macizo rocoso.



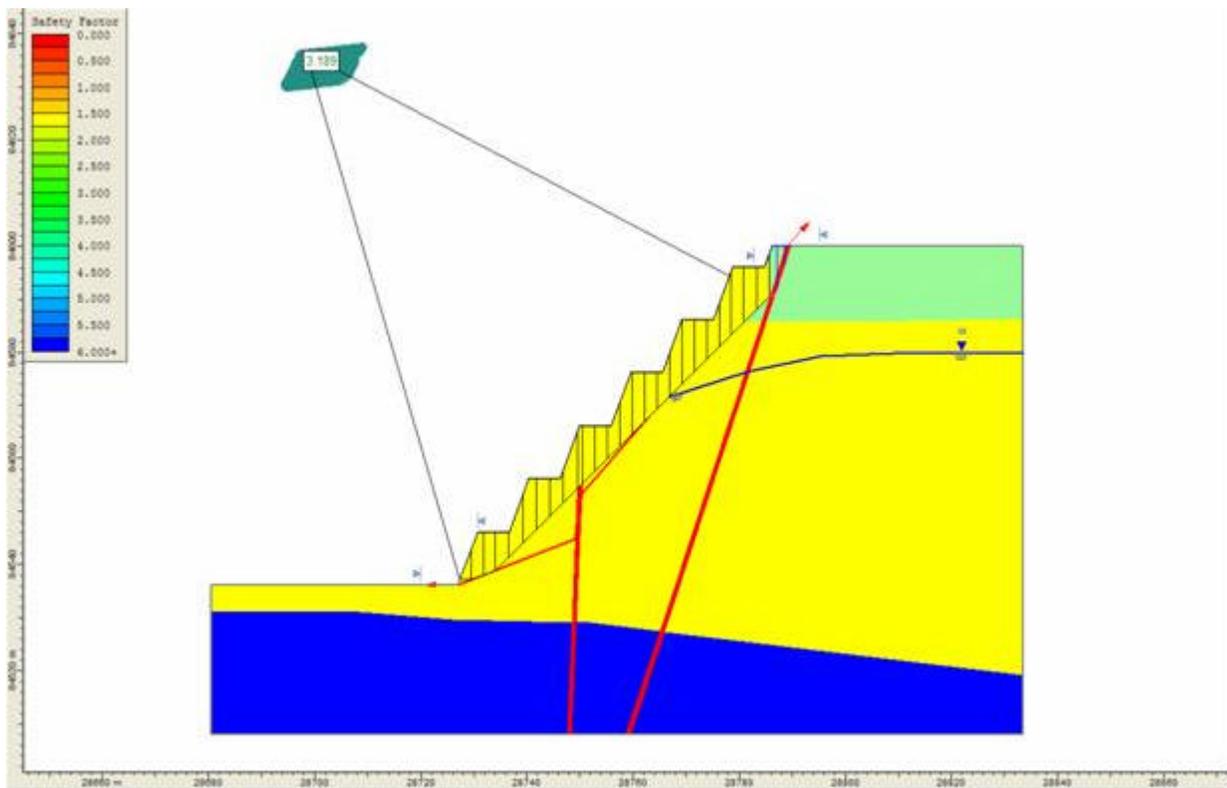
## **SECCIÓN GEOTÉCNICA SG06**

### **RESULTADOS DE ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE ESTABILIDAD A ESCALA INTER-RAMPA**



# **AÑO 2009**

**GLOBAL  
BANCOS 4510-4450  
ANÁLISIS ESTÁTICO**

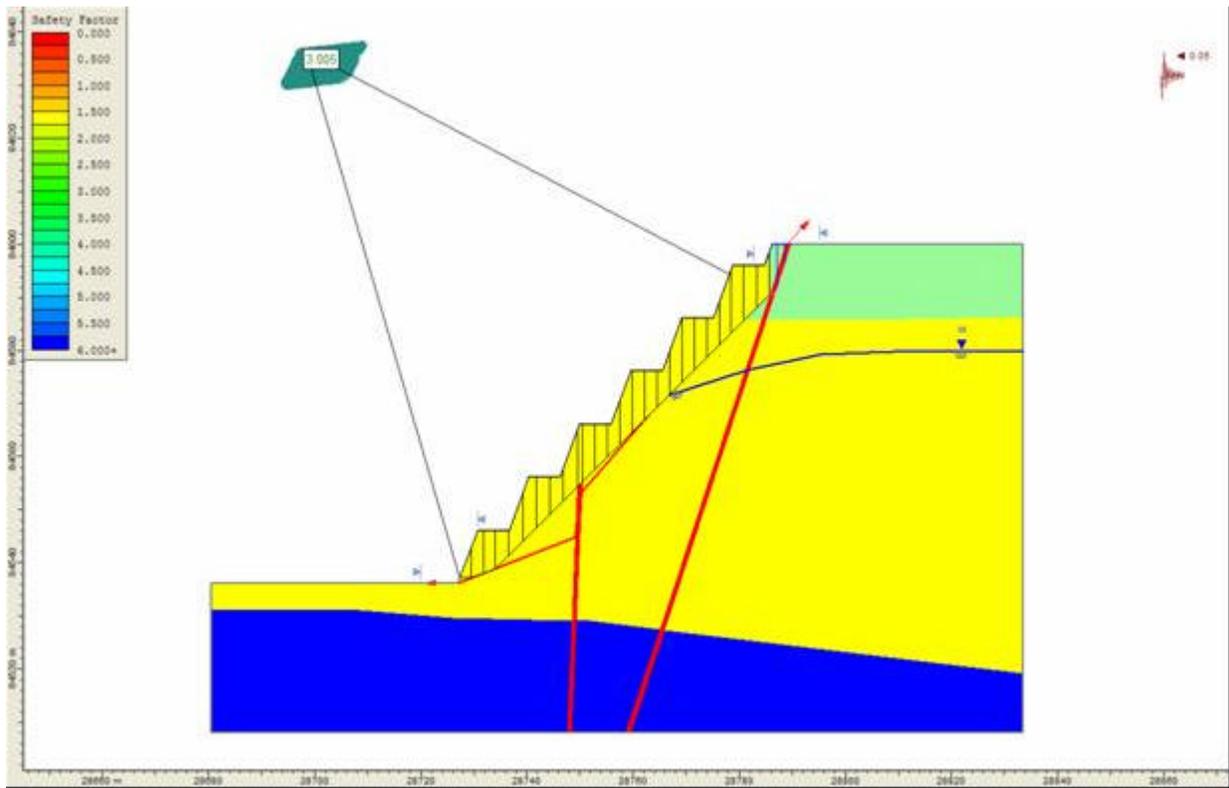


**Figura 3.70** Factor de Seguridad global entre bancos (4510-4450). Sección Geotécnica O6 – Año 2009 - condición estática. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis estático.



# **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO OPERACIONAL**

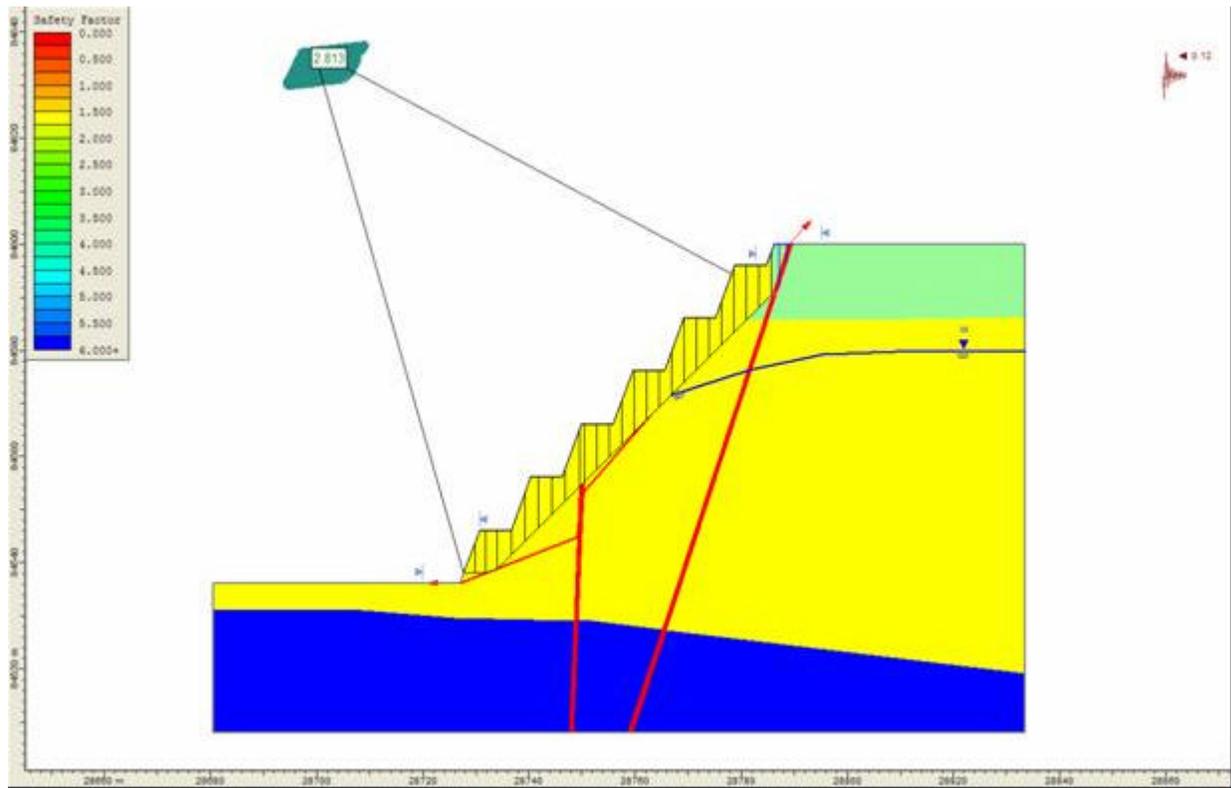


**Figura 3.71** Factor de Seguridad global entre bancos (4510-4450). Sección Geotécnica O6 – Año 2009 - condición de sismo Operacional. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis con sismo operacional.



# **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO MÁXIMO PROBABLE**



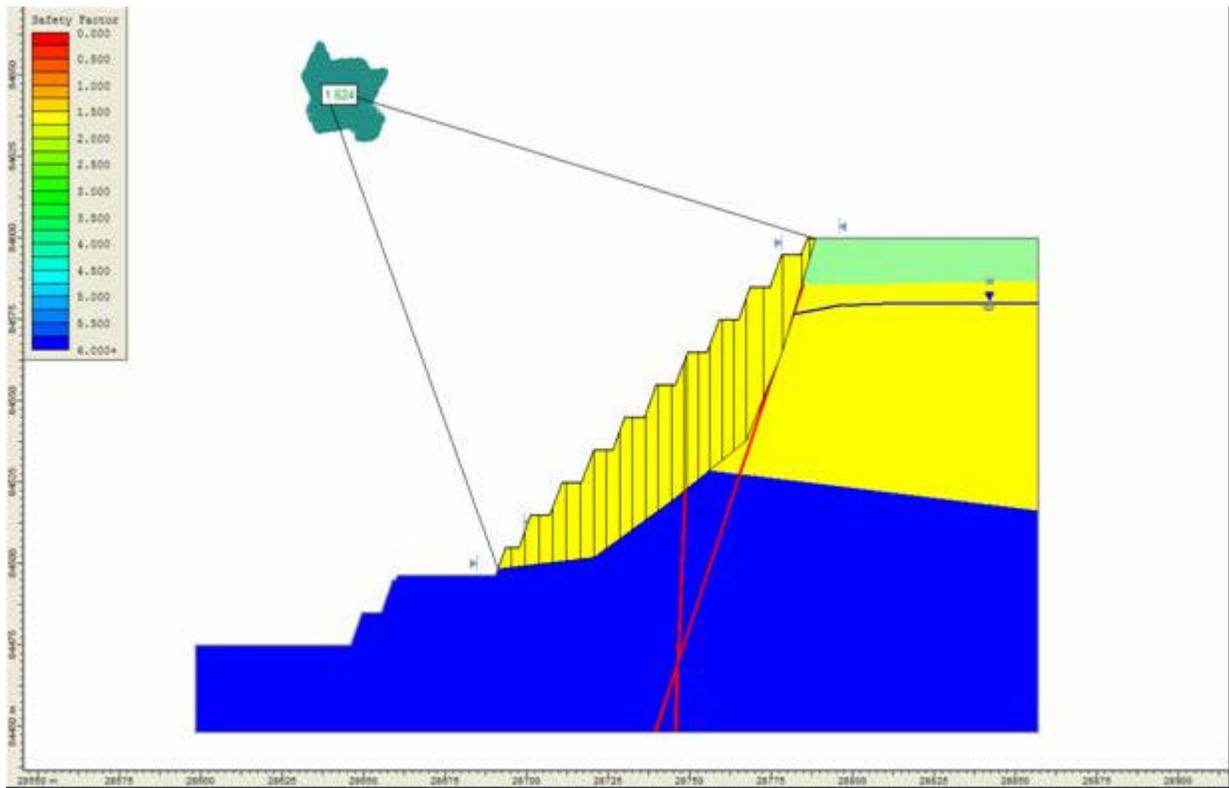
**Figura 3.72** Factor de Seguridad global entre bancos (4510-4450). Sección Geotécnica O6 – Año 2009 - condición de sismo máximo probable. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis con sismo máximo probable.



# **Año 2010**

## **INTER-RAMPA BANCOS 4530-4430 ANÁLISIS ESTÁTICO**

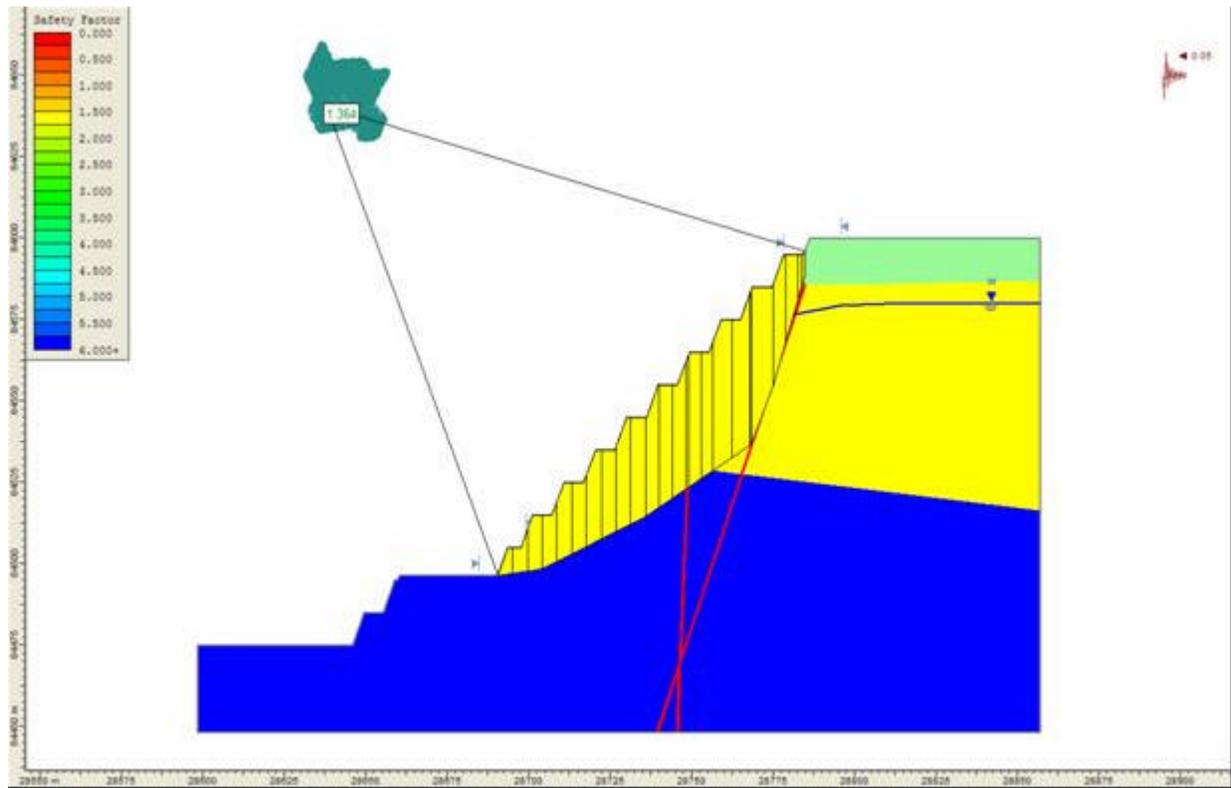


**Figura 3.73** Factor de Seguridad Inter.-rampa entre bancos (4530-4430). Sección Geotécnica 06 – Año 2010 - condición estática. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis estático.



# **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO OPERACIONAL**

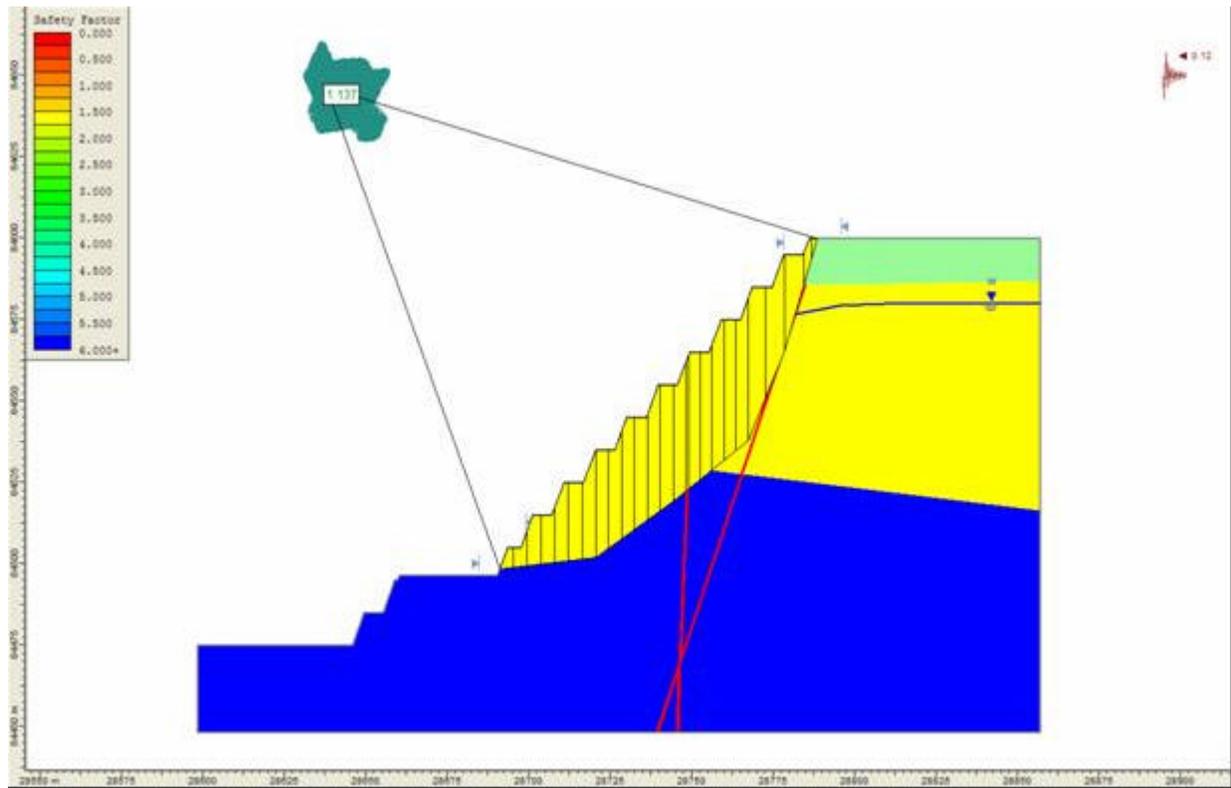


**Figura 3.74** Factor de Seguridad Inter.-rampa entre bancos (4530-4430). Sección Geotécnica 06 – Año 2010 - condición de sismo Operacional. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.3. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.3. Todo lo anterior bajo un análisis con sismo operacional.



# **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO MÁXIMO PROBABLE**

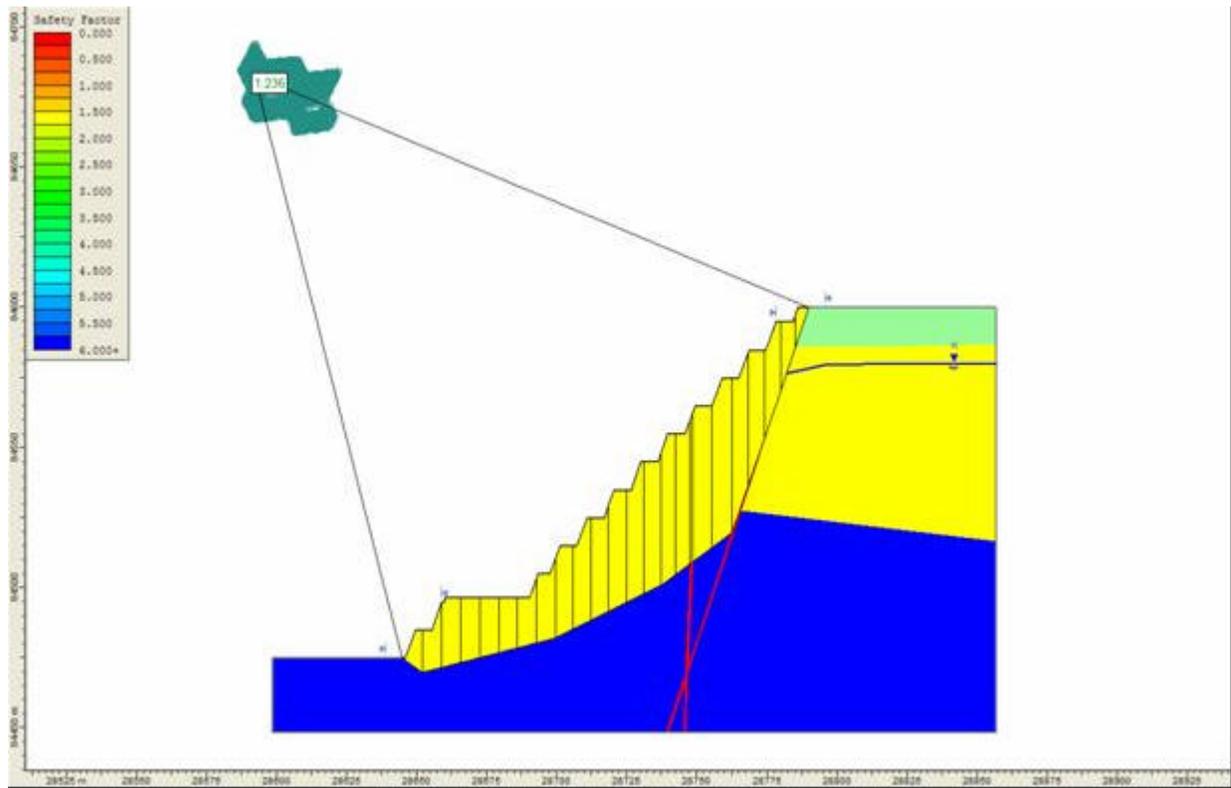


**Figura 3.75** Factor de Seguridad Inter.-rampa entre bancos (4530-4430). Sección Geotécnica 06 – Año 2010 - condición de sismo máximo probable. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.1. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.1. Todo lo anterior bajo un análisis con sismo máximo probable.



# **GLOBAL BANCOS 4530-4420 ANÁLISIS ESTÁTICO**

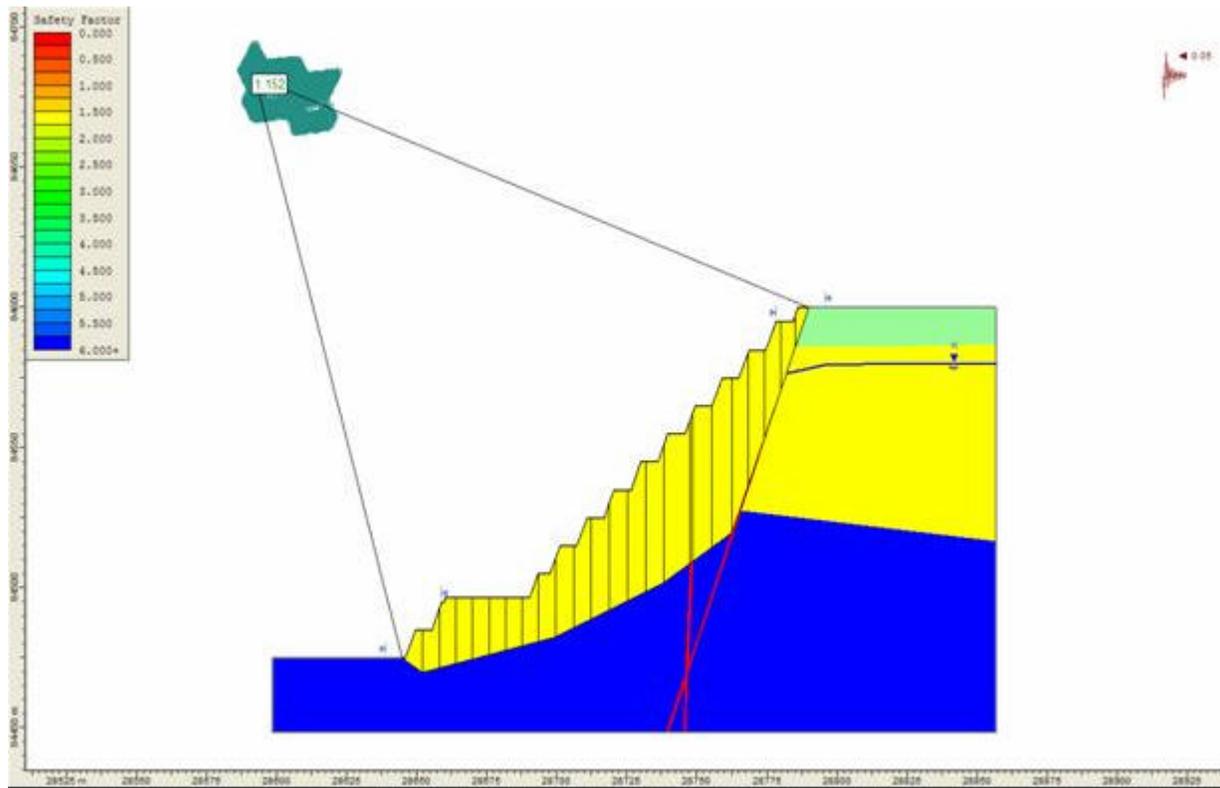


**Figura 3.76** Factor de Seguridad global entre bancos (4530-4420). Sección Geotécnica O6 – Año 2010 - condición estática. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis estático.



# **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO OPERACIONAL**

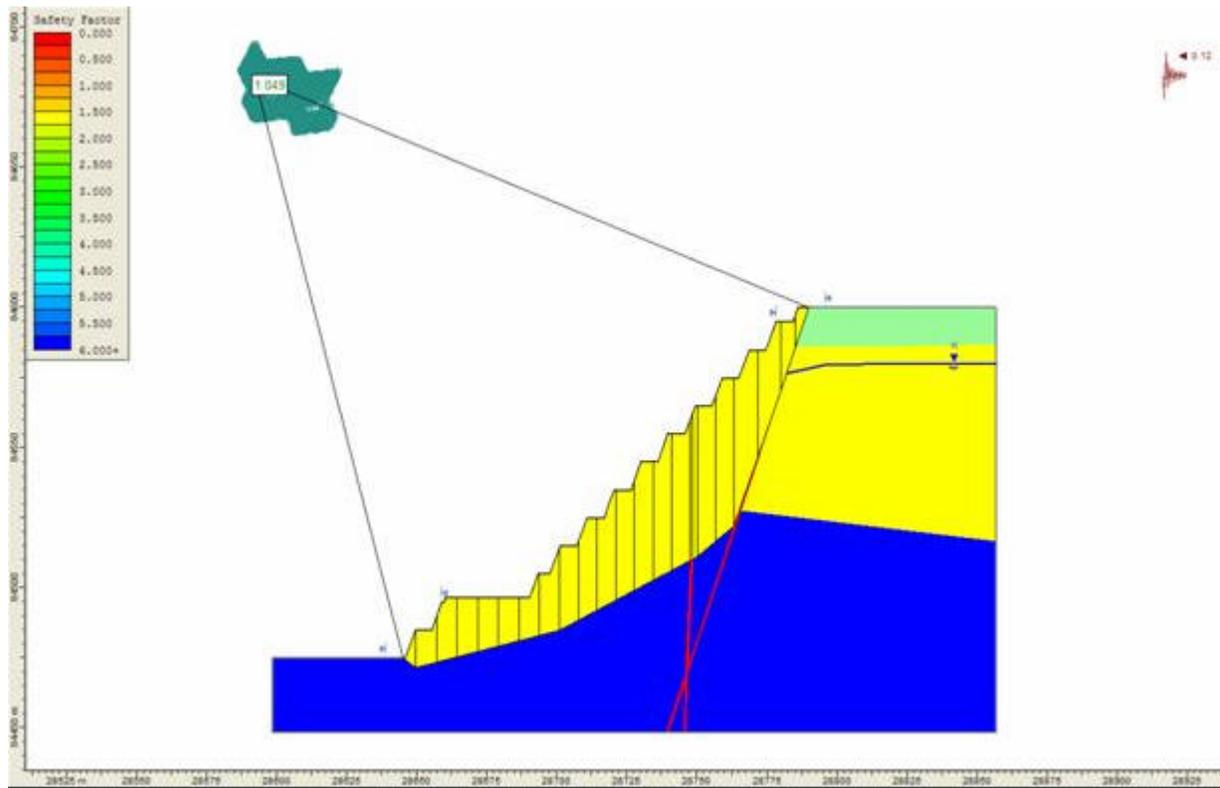


**Figura 3.77** Factor de Seguridad global entre bancos (4530-4420). Sección Geotécnica O6 – Año 2010 - condición de sismo Operacional. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.1. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.1. Todo lo anterior bajo un análisis con sismo operacional.



# **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO MÁXIMO PROBABLE**



**Figura 3.78** Factor de Seguridad Inter.-rampa entre bancos (4530-4420). Sección Geotécnica 06 – Año 2010 - condición de sismo máximo probable. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.05. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.05. Todo lo anterior bajo un análisis con sismo máximo probable.



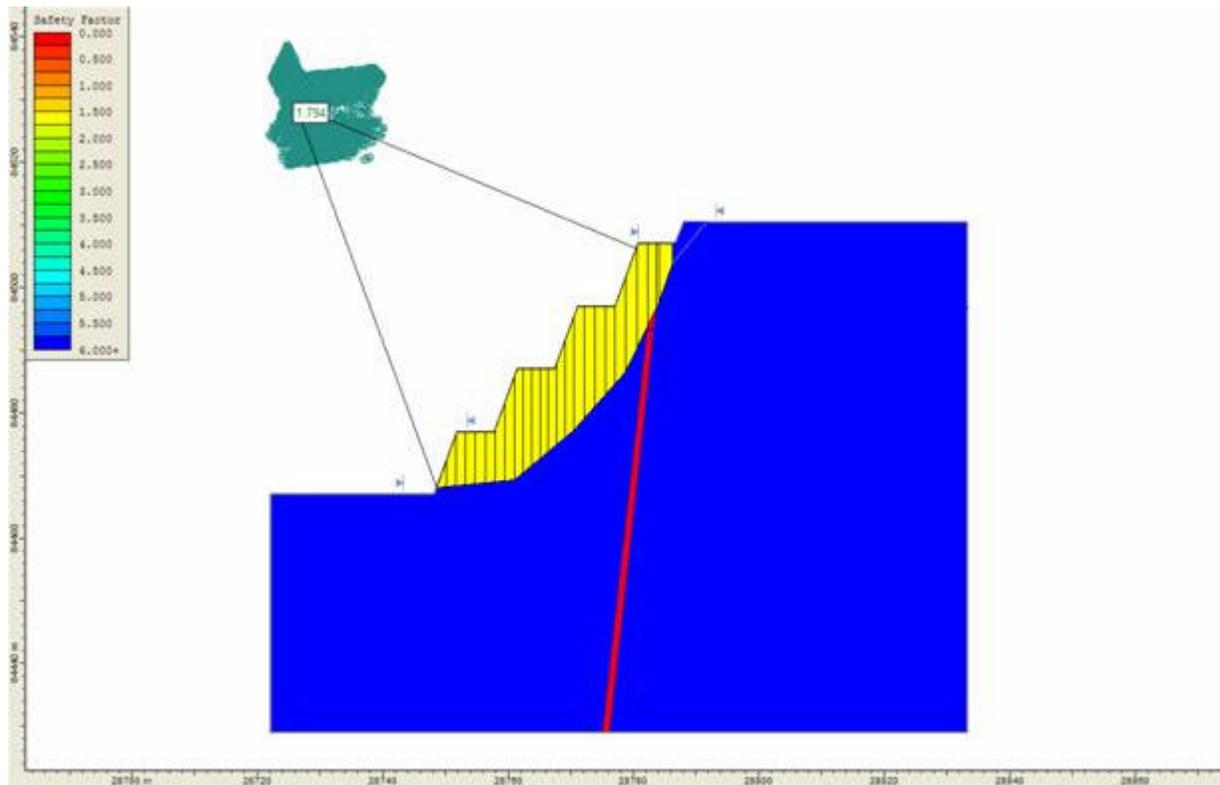
## **SECCIÓN GEOTÉCNICA SGO7**

### **RESULTADOS DE ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE ESTABILIDAD A ESCALA INTER-RAMPA**



# **AÑO 2010**

**GLOBAL  
BANCOS 4510-4430  
ANÁLISIS ESTÁTICO**

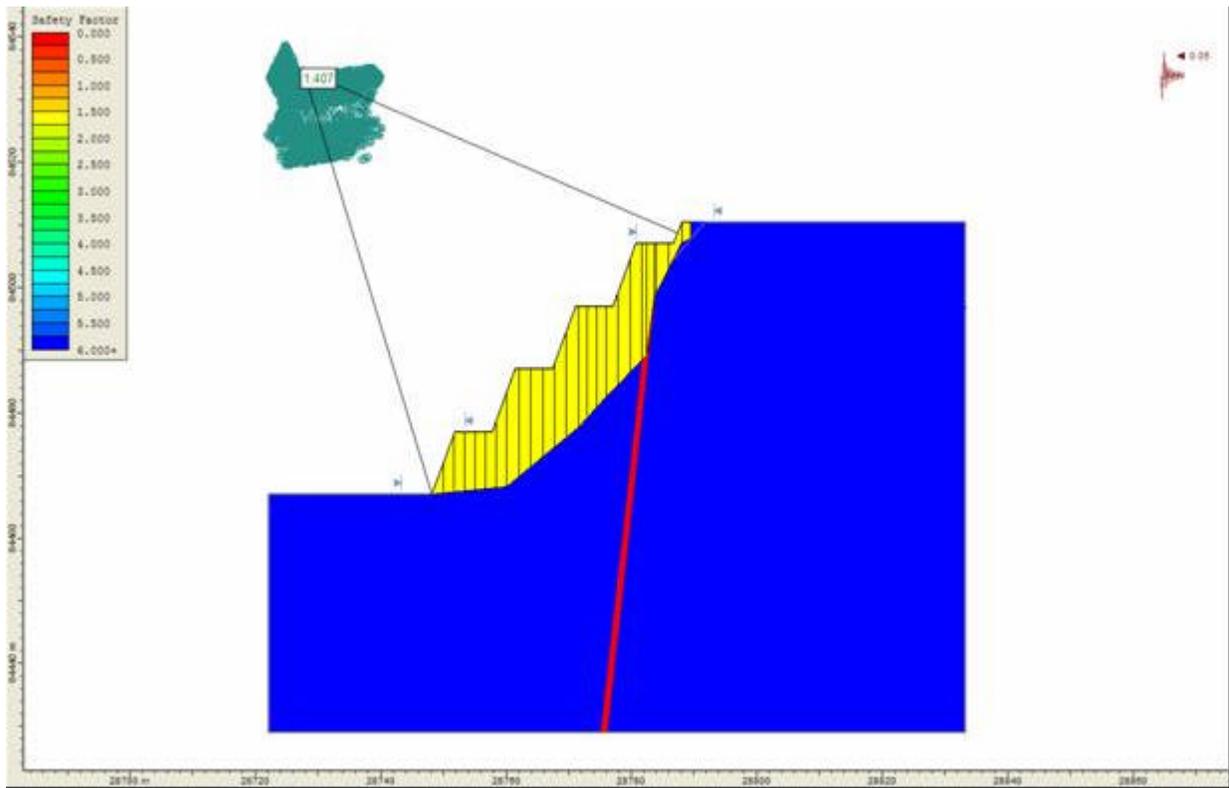


**Figura 3.79** Factor de Seguridad global entre bancos (4510-4430). Sección Geotécnica 07 – Año 2010 - condición estática. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.5. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.5. Todo lo anterior bajo un análisis estático.



# **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO OPERACIONAL**

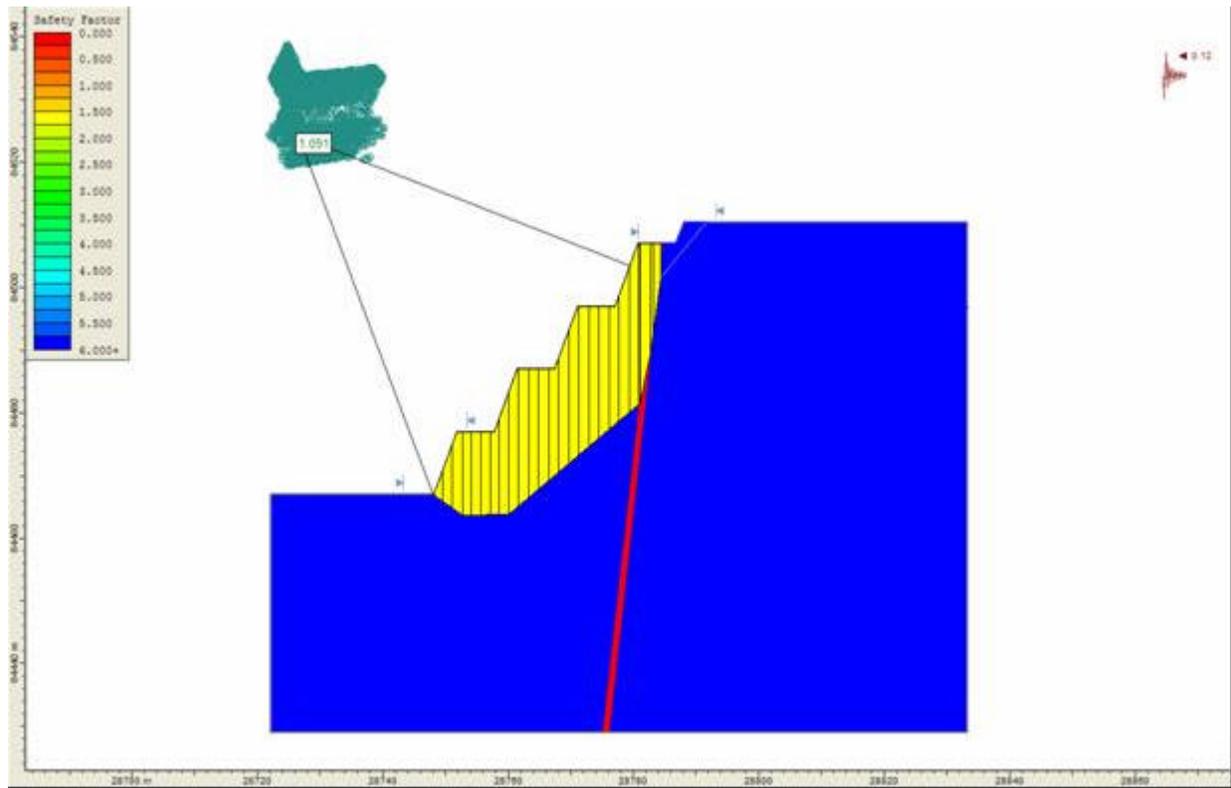


**Figura 3.80** Factor de Seguridad global entre bancos (4510-4430). Sección Geotécnica 07 – Año 2010 - condición de sismo Operacional. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.4. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.4. Todo lo anterior bajo un análisis con sismo operacional.



# **ANÁLISIS CUASI-ESTÁTICO SISMO MÁXIMO PROBABLE**



**Figura 3.81** Factor de Seguridad global entre bancos (4510-4430). Sección Geotécnica 07 – Año 2010 - condición de sismo máximo probable. Propiedades mínimas de estructuras con mínimas de macizo rocoso.

Debido a que el Factor de Seguridad obtenido bajo la condición más desfavorable de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso es mayor que 1.05. Se concluye que el Factor de Seguridad para las restantes combinaciones de propiedades resistentes tanto de estructuras como de macizo rocoso será de igual forma mayor que este valor, es decir, mayor que 1.05. Todo lo anterior bajo un análisis con sismo máximo probable.



**ANEXO B**

**PROCEDIMIENTO DEPÓSITO DE MATERIAL ESTÉRIL EN RAJOS  
ABANDONADOS**



**Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi S.C.M.**

**Procedimiento Específico  
“Depósito de Material Estéril en Rajos Abandonados”  
Superintendencia de Geotecnia**

**SGOPC0010**

<b>Revisión</b>	<b>Fecha</b>	<b>Preparó</b>	<b>Revisó</b>	<b>Aprobó</b>	<b>Autorizó</b>
1	01.08.07	Mario Peña P.	Eugenio Santander Fernanda Gallardo	Antonio Bonani	Jorge Camacho

## **1. INTRODUCCIÓN**

Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM, de acuerdo a sus necesidades operativas y a su compromiso con el Control de Pérdidas y el Medio Ambiente, ha establecido el presente procedimiento que normará la forma en que debe ejecutarse el control en el vaciado de material estéril en rajos en desuso o que hayan sido abandonados.

## **2. OBJETIVO**

Establecer la metodología de vaciado de los materiales estériles depositados en rajos en desuso o abandonados, en base al Plan Minero de Largo Plazo de la Compañía (LOM) que define los sectores autorizados para estos efectos en los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) de Collahuasi, tomando en cuenta los compromisos medioambientales de uso de suelo y de manejo de aguas en el área de rajos y botaderos.

Esta actividad debe cumplir con altos estándares, de manera tal que asegure la Calidad, Seguridad y cuidado del Medio Ambiente.

## **3. ALCANCE**

Este procedimiento involucra a todo el personal propio y ESED que realiza y/o ejecuta las actividades de vaciado de material en faenas de Collahuasi, como también a aquellos encargados del control de dicha actividad.

## **4. RESPONSABILIDADES**

Lo responsables de velar por el cumplimiento de este procedimiento serán las áreas de Ingeniería Minas, Geotecnia, Operaciones Mina, Control de Pérdidas y Medio Ambiente.

## **5. INSTRUCTIVO**

### **5.1 Vaciado de Material en Interior de Rajos en Desuso o Abandonados**

- 5.1.1 Tomado en consideración la normativa vigente que regula el cierre de faenas mineras, DS 132/2002 que modifica el reglamento de Seguridad Minera, se hace necesario primeramente que el área de Control de Pérdidas y Medio Ambiente apruebe la depositación de material estéril dentro de los rajos en desuso o que hayan sido abandonados en faena Collahuasi.

- 5.1.2 Definido el punto anterior, las áreas de Ingeniería Minas y Geotecnia deberán evaluar, en base a los antecedentes de diseño como de terreno, aquellos puntos de vaciado que conjuguen por un lado distancias mínimas de acarreo y por otro, condiciones de estabilidad. Además se deberá considerar si el botadero cubrirá afloramientos de agua o áreas de bofedal, caso en el cual la base de éste tendrá que ser preparada previamente según los criterios internos definidos con anterioridad, los que en términos generales indican una capa de al menos 1 m de espesor de material químicamente neutro y lo suficientemente competente como para resistir el peso del botadero. Esta capa aislará la base del botadero del material orgánico del piso.
- 5.1.3 En base a lo anterior, Operaciones Mina deberá generar las condiciones de trabajo que permita poder realizar la actividad de vaciado de material estéril en forma segura y con un mínimo de impacto al Medio Ambiente.
- 5.1.4 Se debe contar con los equipos de apoyo necesarios para preparar y construir las plataformas iniciales de vaciado de material para los camiones de extracción, en aquellos sectores o zonas del rajo más estables desde el punto de vista geotécnico, es decir, zonas que no presenten evidentes agrietamientos en los bordes del rajo abandonado, sectores de éste que impliquen alturas no elevadas del talud (un mínimo de paquete de bancos), ángulos de inter-rampa lo más cercanos al de reposo (36°-39°), material competente en la base de la zona de vaciado (topografía) y en lo posible sin estructuras paralelas y/o sub-horizontales a los bancos, de manera de no permitir el quiebre o deslizamiento de equipos que trabajen o transiten sobre dicho sector.
- 5.1.5 Para los inicios de la actividad de depositación de material estéril en el interior del rajo en desuso o abandonado, el vaciado del material efectuado por los camiones de extracción debe realizarse a piso y alejado del borde, y luego empujado dicho material con tractor oruga en la dirección de avance, con el objeto de evitar exponer innecesariamente a las personas y/o equipos de transporte.
- 5.1.6 Toda vez que en el avance del botadero en interior del rajo abandonado experimente un cambio brusco en la altura de vaciado, el Supervisor de Operaciones Mina Collahuasi y/o de empresa ESED, deberá aplicar los resguardos establecidos en el punto 5.1.5.; independiente de las comunicaciones y coordinaciones que deberá establecer con el Supervisor de Geotecnia de Turno, el cual también tendrá la obligación de inspeccionar frecuentemente el desarrollo de dicho botadero y orientar los trabajos.
- 5.1.7 La altura de vaciado en interior del rajo abandonado variaran, según la etapa de desarrollo y las condiciones operacionales, hasta un máximo de 90 m. Estas consideraciones se basan en análisis y back-análisis realizados a algunos sectores de vaciado tanto en Rosario como Huinquintipa, calidad de los materiales presentes y el comportamiento real mostrado en la mayoría de los botaderos construidos hasta el momento en faena Collahuasi.

- 5.1.8 Para realizar un trabajo seguro en el vaciado de materiales estériles en el interior del rajo abandonado, con una altura de vaciado máxima de 90 m, se debe asegurar que la pata del material derramado alcance piso estable antes de avanzar con el botadero desde el borde de bancos superiores. Una vez generada esta condición, se podrá avanzar en un principio con una plataforma de 35 m de largo, para posteriormente vaciar en todas las direcciones en el botadero en desarrollo [Ver Figura 1].

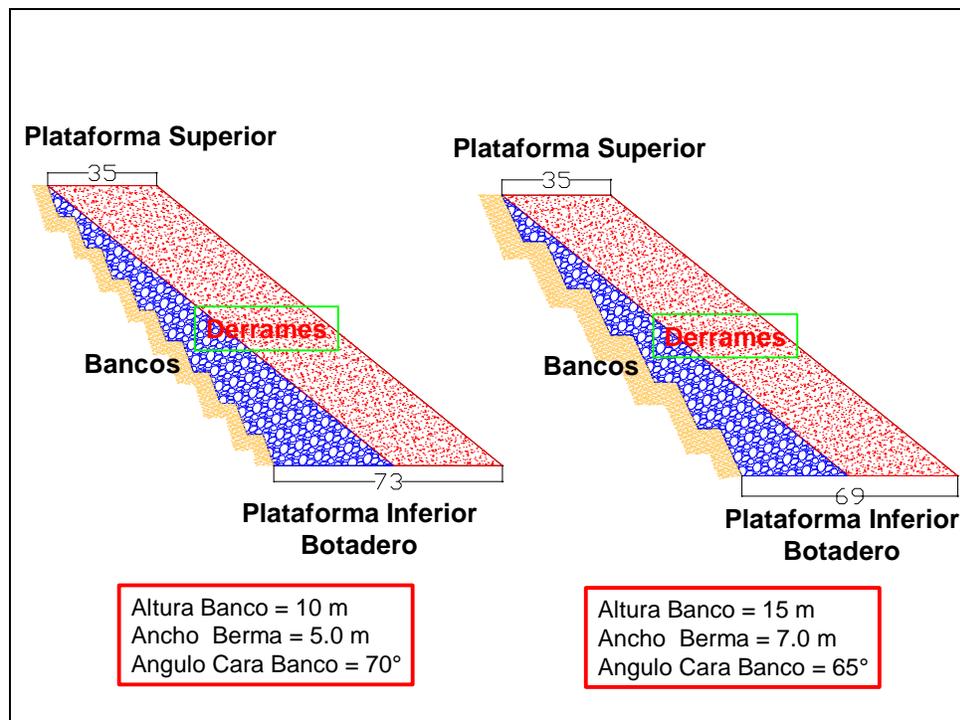


Figura 1. Diseños de Vaciado en Botadero de Rajos en Desuso o Abandonados

- 5.1.9 Se debe cumplir estrictamente las indicaciones dadas por el operador del equipo de apoyo (tractor oruga), mientras se realiza la operación de vaciado en el área.
- 5.1.10 Se debe procurar durante el avance y crecimiento del botadero interior mina, el vaciar en diferentes puntos para evitar concentraciones mayores de materiales de una misma característica, que podrían afectar la estabilidad de dicho botadero.
- 5.1.11 Es deber del Supervisor de Operaciones Mina Collahuasi y/o ESED inspeccionar las crestas de los botaderos regularmente en búsqueda de grietas de tracción o asentamientos diferenciales. Si fuera así el caso, debe inmediatamente aislar el sector y avisar al Supervisor de Geotecnia sobre la anomalía, el cual deberá evaluar la situación y recomendar los pasos a seguir: reparación de la zona afectada si es menor, o proponiendo la construcción de una base de soporte (empaquetamiento) si así se requiriese y fuese posible.

- 5.1.12 En turno de noche, donde no siempre se podrá contar con Supervisor de Geotecnia, el Supervisor de Operaciones Mina Collahuasi y/o ESED, definirá si es posible depositar a piso las cargas de material, alejado del sector afectado, o bien detener temporalmente el vaciado del material estéril hasta contar con la evaluación y recomendaciones del Supervisor de Geotecnia.
- 5.1.13 La operación de aculatado del camión de extracción en el vaciado, debe ser de izquierda a derecha, en el sentido de los punteros del reloj y manteniendo una distancia mínima de 10 m respecto al pretil de seguridad, mientras que el vaciado debe ser en forma perpendicular a dicho pretil.
- 5.1.14 En ningún momento, y por seguridad, se debe acular impactando con los neumáticos del camión al pretil de seguridad del botadero, ya que éste es sólo un punto de referencia.

## **6. ESTÁNDARES**

### **6.1 Especificaciones Botadero Interior Mina**

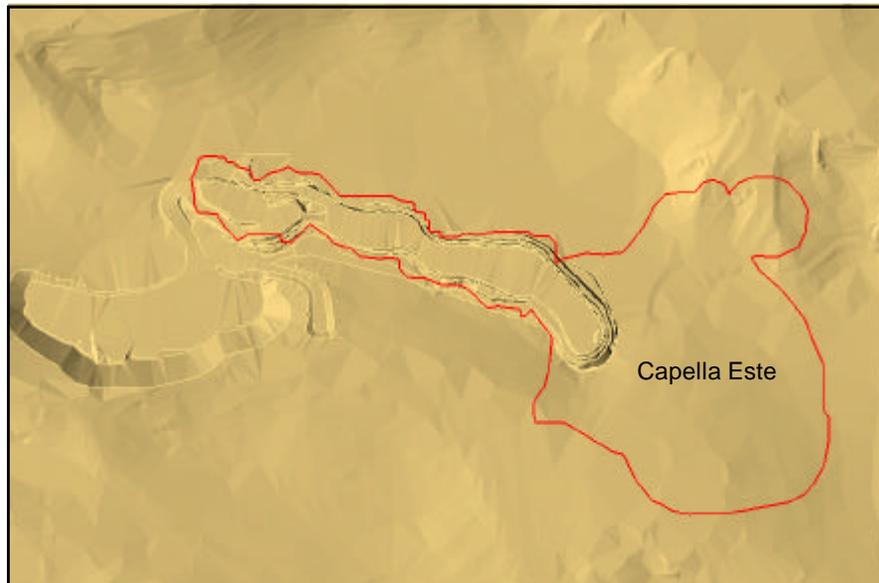
- ? Altura de vaciado : = 90 m con talud natural.
- ? Dimensiones mínimas área vaciado : 35 x 35 m.
- ? Pendiente del piso de vaciado : 3% positivo en sentido de avance.
- ? Pretil guía : Altura igual a un medio del neumático del Camión de extracción (2.0 metros)
- ? Los caminos de acceso y salida deben tener un ancho mínimo de 35 metros.



## **ANEXO C**

# **ESTUDIO PRELIMINAR DE LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL SECTOR DEL RAJO HUINQUINTIPA ESTE FASE V (CAPELLA ESTE), DISTRITO ROSARIO**

**ESTUDIO PRELIMINAR DE LA DISTRIBUCIÓN DEL  
AGUA SUBTERRÁNEA EN EL SECTOR DEL RAJO  
HUINQUINTIPA ESTE FASE V (CAPELLA ESTE),  
DISTRITO ROSARIO**



**Preparado por: Área Hidrogeología  
Gerencia de Geología**

**Septiembre de 2007**

## Resumen

En el sector de Huiniquitipa Este Fase V, existen 44 pozos de exploración mineral en los cuales se midieron las cargas hidráulicas totales con el objetivo de interpretar la posición de la superficie freática. Además, asumiendo parámetros hidráulicos se estimó el caudal pasante por el sector.

Se modeló la superficie freática que corresponde a un manto deprimido entre 2 y 65 m bajo la superficie, el que pareciera estar controlado por estructuras geológicas de orientación NW-SE. La depresión de la superficie está zonificada en áreas subparalelas de sentido NW-SE en las cuales es posible diferenciar una Zona Central, cuyo promedio es 37 m bajo la superficie del terreno actual, 2 áreas denominadas Zona Intermedia, subparalelas a la Central y con una depresión de 23 m bajo la superficie. Finalmente en el sector SW del pit se halla la Zona Periférica cuya depresión sólo alcanza 5 m bajo la superficie.

En base a las isopiezas se determinó un gradiente general de 6%, valor que junto a una conductividad hidráulica estimada en  $5 \times 10^{-5}$  cm/s y  $5 \times 10^{-6}$  cm/s permitió calcular un caudal pasante que podría variar entre 0.2 y 2 l/s aproximadamente.



## 2.- Metodología

La metodología que se utilizó fue revisar la geología del sector en una sección (Figura 2) y luego generar un mapa piezométrico (Figura 3) con las cargas hidráulicas registradas en 44 pozos de exploración disponibles y modeladas en el sector del pit Huinquentipa Este Fase V. La base topográfica corresponde a un mapa de escala 1:50.000. Posteriormente se observó la relación del nivel freático y la geología buscando predecir la cota a la cual podrían surgir problemas para la operación mina durante su desarrollo.

En el mapa de isopiezas se puede ver que el gradiente hidráulico es concordante con el gradiente topográfico, no interceptan ninguna curva topográfica, lo que evidencia que el agua no aflora en ningún sector del área de estudio. La superficie freática está ubicada en profundidades variables entre 2 y 65 m bajo la superficie topográfica actual.

### Sección geológica N-7.681.175

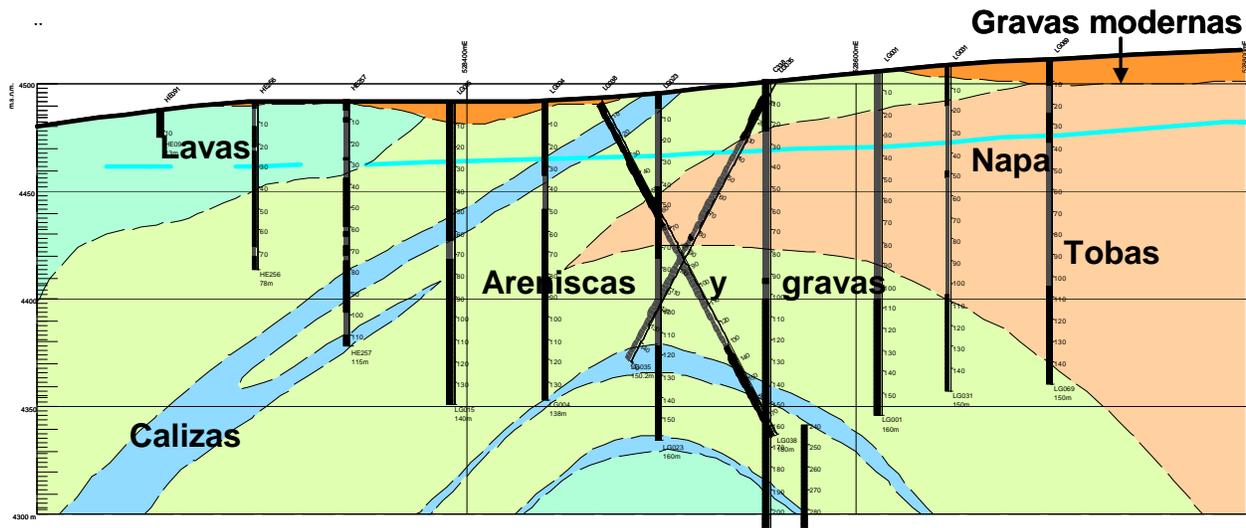


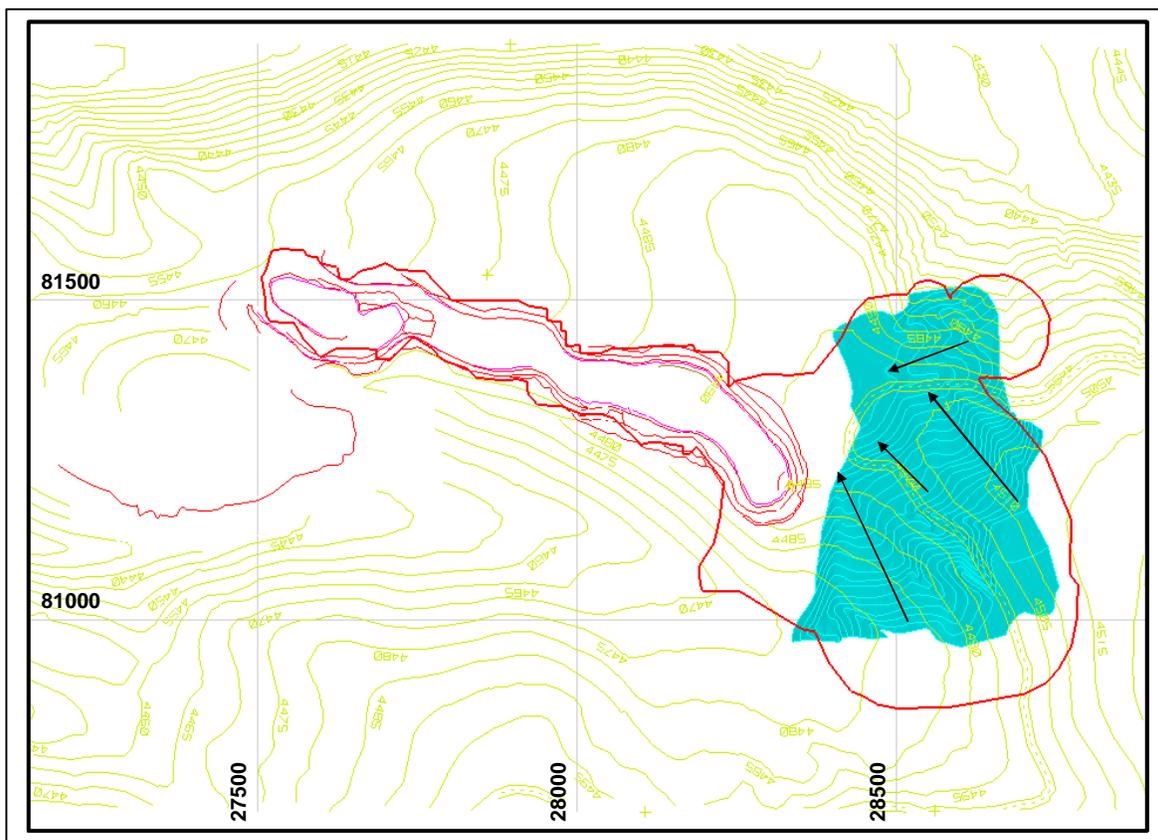
Figura 2. Sección geológica N-7.681.175, ubicada en el centro del pit Huinquentipa Este Fase V.

En la figura 2 se presenta la geología en el centro del pit. Se caracteriza por una potente secuencia sedimentaria, aparentemente plegada, formada por rocas clásticas tipo ariscas y gravas, y lentes de calizas. Además presenta intercalaciones de tobas, posiblemente sinsedimentarias y secuencias volcánicas dispuestas concordantemente tanto en el techo como en el piso de dicha secuencia clástica. Sobreyace discordantemente a este conjunto estratificado, una delgada y discontinua capa de gravas modernas semiconsolidadas.

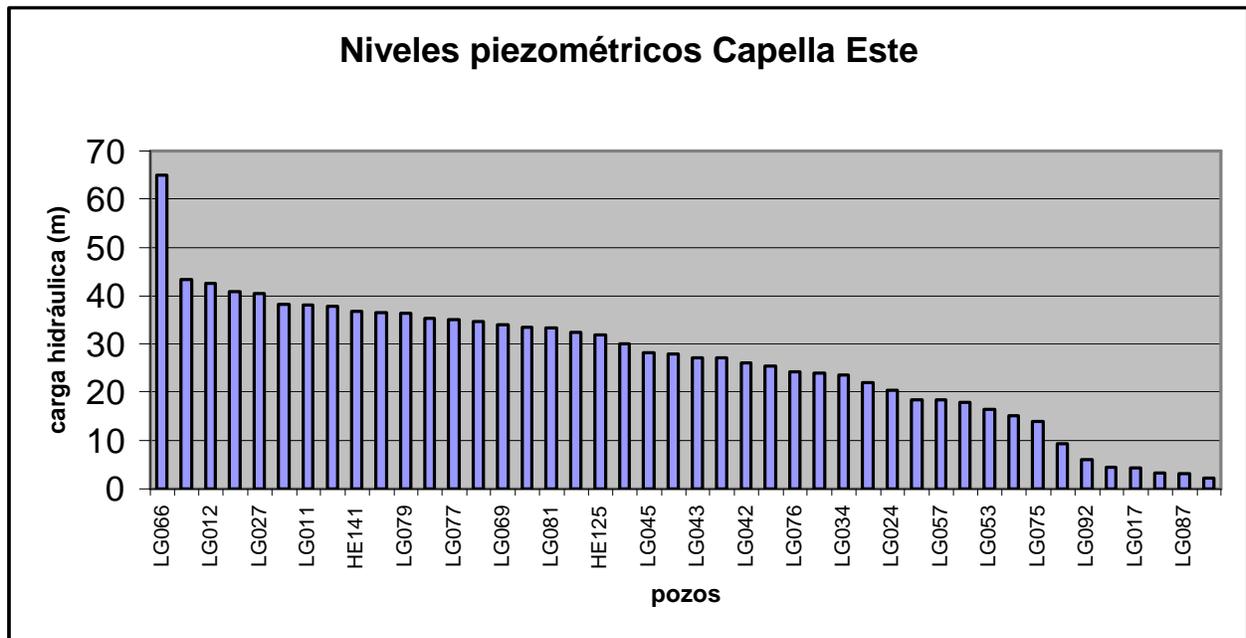
En la figura 2 se puede observar la disposición de la superficie freática y su relación con las unidades clásticas y volcánicas. Aparentemente el cambio litológico no es relevante para la distribución del agua en el sector.

## Modelamiento de la superficie freática

La construcción de la napa se realizó correlacionando la carga hidráulica de 44 pozos de exploración mineral y posteriormente se llevó a un cuerpo 3D utilizando Vulcan 6.0. La misma técnica se aplicó para el sólido que representa la superficie del terreno (figuras 3).



**Figura 3.** Relación de la superficie freática modelada para Huinquantipa Este Fase V (manto celeste) y la topografía original. Flechas: gradientes hidráulicos NW-SE



De la información de niveles piezométricos se desprende que existen 3 poblaciones en las cuales el nivel piezométrico promedio bajo la superficie es 37 m.; 23m y 5 m.

**Zona Central:** Nivel promedio 37 m

Contiene 19 pozos y se distribuye en la zona central del pit, formando una sola unidad, continua y orientada en sentido NW-SE

**Zona Intermedia:** Nivel promedio 23 m

Contiene 18 pozos y se distribuye paralelamente a la Zona Central tanto hacia el norte como hacia el sur, formando 2 cuerpos alargados en sentido NW-SE.

**Zona Periférica:** Nivel promedio 5

Contiene 7 pozos. Estos pozos se ubican en el extremo suroeste del pit, inmediatamente al sur de la Zona Intermedia, manteniendo el paralelismo con las zonas Central e Intermedia.

Esta distribución sugiere una anisotropía hidrogeológica de sentido NW-SE, la cual se correlaciona con los gradientes hidráulicos estimados previamente.

#### **Determinación del caudal pasante por el rajo Huinquentipa Este Fase V.**

Para determinar este flujo se aplicó la ecuación de Darcy:

$$Q = K * i * A,$$

Considerando los siguientes valores:

**K:** Rango estimado en base a las características litológicas del acuífero, gravas semiconsolidadas a consolidadas sobreyacentes al basamento volcánico fracturado y con alteración mineralógica leve a moderada. No existen datos de K determinados en este terreno. Un valor referencial usado fue  $10^{-6}$  m/s y se ejercitaron los cálculos para valores de  $5 \times 10^{-6}$  cm/s, considerando valores similares a los slug test realizados en el actual pit Huinquentipa Este Fase II..

**i:** Gradiente hidráulico, calculado en base a la distribución de cargas hidráulicas (isopiezas) medidas en los pozos de observación, arroja valores que oscilan entre 3 y 7%. Un valor representativo del sector de referencia es 6%.

**A:** área donde se calculará el flujo pasante. El área estimada es 500 m largo por 120 m de alto =  $60,000 \text{ m}^2$

Por lo tanto, el resultado promedio estimado para estas variables indica que el caudal pasante por una sección NE-SW en el rajo es de 0.2 l/s o su equivalente  $16 \text{ m}^3/\text{d}$ . Si K es aumentada en un orden de magnitud, esto es,  $K=5 \times 10^{-5}$  cm/s, el caudal aumenta a 1.8 l/s, equivalente a  $156 \text{ m}^3/\text{d}$ . En ambos casos se obtienen valores razonables para lo observado en el rajo Rosario y en las inmediaciones del sector y puntos de control que Collahuasi mantiene vigentes.

Si el caudal pasante estimado podría ser del orden de 2 l/s para el sector, un adecuado sistema de desagado será la solución para una operación minera en condiciones lo más secas posibles. Este sistema deberá considerar piscinas temporales interior-exterior al rajo, canalización de aguas lluvias en la parte oriental al rajo, posibles pozos de bombeo y monitoreo permanente de niveles freáticos en pozos de observación para actualizar la piezometría aquí presentada.