

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA  
MINERA Y METALÚRGICA**

**ESCUELA DE MINAS**



**CARACTERISTICAS GEOMETRICAS Y  
PROPIEDADES GEOTECNICAS DEL DEPOSITO  
DE DESMONTE “PIEDRA GRANDE II”  
U.P. TAMBOJASA**

**INFORME DE INGENIERÍA  
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO DE MINAS**

**PRESENTADO POR:**

**SERGIO GREGORIO VARGAS ORTIZ**

**LIMA – PERU**

**2007**

# **Dedicatoria**

A mis queridos y siempre recordados padres  
Don Florencio Vargas Berrospi  
Doña Mercedes Ortiz Cruz  
que me inculcaron los valores morales  
y espirituales para ser una persona de bien.

# **Agradecimiento**

A mis hermanas, mis cuñados y hermanos mi agradecimiento por el Apoyo y comprensión para la culminación de mis estudios.

A mi querida Alma Mater la UNI representada por los docentes, en especial los de FIGMM por contribuir en mi formación académica con la orientación y enseñanzas de los conocimientos de mi profesión.

# INDICE

## CAPITULO I

INTRODUCCIÓN	1
1.1 GENERALIDADES	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.3 METODOLOGIA	2
1.3.1 Trabajo de Campo	2
1.3.2. Trabajo de Gabinete	2

## CAPITULO II

RESUMEN DE LA LINEA BASE	3
2.0 INTRODUCCION	3
2.1 TOPOGRAFÍA Y FISIOGRAFÍA	3
2.2 CLIMA Y METEOROLOGÍA	3
2.2.1. Información Meteorológica del Área	4
2.2.2. Temperatura	4
2.2.3. Humedad Relativa Media Anual (%)	4
2.2.4. Vientos	4
2.2.5. Precipitación	4
2.3 GEOLOGÍA REGIONAL	4
2.3.1. Geología Local y Económica	5

## CAPITULO III

### HIDROLÓGICA

3.1. GENERALIDADES	7
3.2. PRECIPITACION	7
3.2.1. Cálculo de Escorrentía de Superficie.	8
3.2.2. Precipitación Máxima en 24 Horas (PMD)	9
3.2.3. Caudal de Escorrentia Superficial	10
3.3. HIDROGEOLOGIA	13

## CAPITULO IV

ASPECTOS SISMICOS DEL AREA	14
4.1 GENERALIDADES	14
a) Zonificación Sísmica	14
b) Intensidad	14



4.2	EVALUACION SISMICA	15
4.3.	CARACTERISTICAS DE SISMOS MAXIMO Y BASICO DE DISEÑO	19

## **CAPITULO V**

	INVESTIGACIONES GEOTECNICAS	20
5.1	GENERALIDADES	20
5.2	INVESTIGACIONES GEOTECNICAS DE CAMPO	20
5.2.1	SondajesDPL	20
5.2.2	Calicatas-Trincheras	21
5.2.3	Registros de Investigación de los Suelos	22
5.2.4	Ensayos in situ	22
5.2.5	Resultados de Ensayos de Penetración DPL	23
5.2.6	Determinación de la Profundidad del Nivel Freático	23
5.3	INVESTIGACIONES Y ENSAYOS DE LABORATORIO	23
5.3.1	Ensayos de Laboratorio	23
5.3.2.	Clasificación de Suelos	24
5.3.3.	Perfil del suelo	25
5.3.4	Ensayos Especiales	25
5.3.4.1	Ensayo de Corte Directo	25
5.3.4.2	Ensayo de Corte Directo en roca en discontinuidad simulada	26
5.3.4.3	Ensayo de Compresión Simple en roca	26
5.3.4.4.	Ensayo de permeabilidad	26

## **CAPITULO VI**

	CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES EN EL AREA	28
	DEL DEPÓSITO DE DESMONTE "PIEDRA GRANDE II"	28
6.1	MATERIALES GEOTECNICOS DEL DEPÓSITO DE DESMONTE	28
6.2	MATERIALES DEL CUERPO DEL DEPÓSITO DE DESMONTE	28
6.3	DETERMINACION DE LOS PARAMETROS GEOTECNICOS	29
6.3.1.	Material de fundación (Suelo Natural).	29
6.3.2.	Material de desmonte	29
6.3.3.	Macizo Rocoso.	30
6.3.4.	Estimación de la propiedad de la masa de la roca.	31
6.3.5.	Muro Gabión	32

## **CAPITULO VII**

ANALISIS DE ESTABILIDAD FISICA Y DISEÑO DE TALUDES	33
7.1 METODO DE CÁLCULO	33
7.2 FACTORES DE SEGURIDAD MINIMOS	34
7.3 CONDICIONES DE ANALISIS	35
7.4. ANALISIS DEL TALUD DEL DEPÓSITO DE DESMONTE	36
7.5. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS FINALES	37

## **CAPITULO VIII**

MEMORIA DESCRIPTIVA DE LAS OBRAS PARA GARANTIZAR LA ESTABILIDAD DEL DEPÓSITO DE DESMONTE	39
8.1. GENERALIDADES	39
8.2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE ESTABILIDAD FÍSICA	39
8.2.1. Estructuras de contención	39
8.2.2. Conformación de taludes de estabilidad	40
8.3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRAULICAS	40
8.3.1 Generalidades	40
8.3.2. Canal de Coronación	41
8.3.3. Canal de Recolección	42

## **CAPITULO IX**

PROGRAMA DE MONITOREO GEOTECNICO	44
9.1. GENERALIDADES	44
9.2. MONITOREO DE ESTABILIDAD FISICA	44
9.2.1. Introducción	44
9.2.2. Objetivos	45
9.2.3. Alcances	45
9.2.4. Monitoreos propuestos	46

## **CAPITULO X**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
10.1. CONCLUSIONES	48
10.2. RECOMENDACIONES	49
REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS	50

## **ANEXOS**

Anexo A: Datos Meteorológicos

Anexo B: Cálculos hidrológicos

Anexo C: Sondajes DPL

Anexo D: Sondajes de suelo

Anexo E: Resultados de ensayos del Laboratorio Geotécnico del CISMID-  
Universidad Nacional de Ingeniería.

Anexo F: Resultados de ensayos del laboratorio de Mecánica de Rocas de la  
Pontificia Universidad Católica del Perú – PUCP

Anexo G: Cuadro resumen de ensayos de laboratorio,

Anexo H: Reportes de los análisis de estabilidad del programa SLIDE.

Anexo I: Memoria de cálculo y justificación de las dimensiones del muro gavión.

## **FOTOGRAFÍAS**

### **PLANOS**

Lámina N° 01: Plano de Ubicación.

Lámina N° 02: Plano Hidrológico.

Lámina N° 03 Investigaciones geotécnicas.

Lámina N° 04, Disposición General.

Lámina N° 05, Sección Típica.

Lámina N° 06: Monitoreo Geotécnico.

# **CARACTERISTICAS GEOMETRICAS Y PROPIEDADES GEOTECNICAS DEL DEPOSITO DE DESMONTE “PIEDRA GRANDE II” U.P. TAMBOJASA**

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **1.1 GENERALIDADES**

La U.P. Tambojasa, ubicada en el paraje Tambojasa de los distrito de Huanuhuanu y Cháparra, provincia de Caravelí, departamento de Arequipa, está cubierta por el derecho minero Tambojasa 20-A; en coordenadas UTM 8'273,000.00 N 618,000.00 E y 8'270,000.00 N, 616,000.00 E; dentro de la U.P. Tambojasa se efectúa una actividad minera compatible con el desarrollo sostenible, está siendo realizada en forma técnica y económicamente eficiente, minimizando al mismo tiempo sus impactos ambientales. (Ver lámina N° 01: Plano de Ubicación).

La Compañía Minera Caravelí S.A.C.; es la propietaria de esta mina y de acuerdo a sus reservas geológicas y minables de mineral y teniendo en cuenta el ritmo de producción y exploración, se estima que se seguirá sus labores mineras hasta el año 2,010.

#### **Acceso**

El acceso desde la ciudad de Lima, se realiza por la Carretera Panamericana Sur hasta el km. 610.7, (cerca al distrito de Chala ubicada en el km. 613), de este punto se sigue por un desvío a través de una carretera afirmada sobre la Qda Chala - Tocota que va hacia Huanuhuanu pasando por los pueblos de Chala Viejo, Tocota, Huanuhuanu, con un recorrido de 35 km., para llegar a la Planta de Cianuración “Chacchuille”.

Desde esta instalación metalúrgica de Chacchuille, se sigue 11 km., sobre la misma carretera que va hacia la localidad de Huanuhuanu para luego tomar un desvío a la altura de la Qda. Angostura y recorrer 20.5 km. de trocha carrozable, posteriormente pasamos a la Qda. Huaccyaco, y continuar 10.5 km. más para llegar a la Mina Tambojasa, totalizando 31 km. de carretera afirmada – trocha carrozable

## **1.2 OBJETIVOS**

El presente estudio tiene como objetivo determinar las características geométricas finales y las propiedades geotécnicas del depósito de desmonte denominado “Piedra Grande II”, ubicado entre los niveles 2830 y 2890, al costado SW de la veta del mismo nombre y que ha sido producido por el desarrollo por exploración de la indicada veta.

## **1.3 METODOLOGIA**

### **1.3.1 Trabajo de Campo**

Se ha realizado inicialmente una inspección ocular para verificar las condiciones físicas del Depósito de Desmontes “Piedra Grande II”, objeto del presente informe.

Posteriormente, se realizó la evaluación geotécnica para determinar las características físico-mecánico de la cimentación y del material de desmonte, empleando diversos métodos de investigación de campo. Uno de los principales métodos se basa en la medida de la resistencia que ofrece el suelo al avance del sondaje de Penetración Dinámica Ligera (DPL), así como también se realizó las excavaciones de calicatas-trincheras con la finalidad de evaluar las características del suelos y el material de desmonte *in-situ*; así mismo se tomaron las correspondientes muestras para llevar a cabo las pruebas de laboratorio y determinar los parámetros geotécnicos. Se realizó ensayos *in-situ*, tanto en el suelo de cimentación como en el desmonte, a través del método del Cono de Arena y peso volumétrico, para determinar la densidad natural del material, se realizó además Ensayos de penetración Ligera (DPL).

### **1.3.2. Trabajo de Gabinete**

Comprende la recopilación y clasificación sistemática de la información de campo, ensayos en laboratorio de suelos y de rocas, elaboración de planos, evaluación de los resultados de los ensayos geotécnicos de los materiales del desmonte, análisis de estabilidad del talud y propuesta de monitoreo de la estabilidad física.

## **CAPITULO II**

### **RESUMEN DE LA LINEA BASE**

#### **2.0 INTRODUCCION**

A continuación se resume las características de la línea base de la U.P. Tambojasa, que servirán para enmarcar el presente informe.

#### **2.1 TOPOGRAFÍA Y FISIOGRAFÍA**

La zona de Tambojasa está comprendida en el flanco occidental del Batolito de la costa (Cordillera de los Andes), en un área netamente eriaza, propia de un singular desierto.

La operación minera de Tambojasa, se ubica entre 2,250 m.s.n.m. y 3,250 m.s.n.m., localizándose en la Región Quechua, que se extiende entre los 1,500 m.s.n.m. hasta los 3,500 m.s.n.m.

Específicamente, el depósito de desmonte se ubica en una ladera del cerro Tambojasa, con una inclinación aproximada de 35° a 40°.

#### **2.2 CLIMA Y METEOROLOGÍA**

En general el clima de la región es variado, se debe a la diferencia de altura, que se relaciona también con la distancia al océano. Igualmente, juega un papel importante la configuración del terreno y las diferentes estaciones del año.

La Región Quechua, se caracteriza por ser una zona seca y de clima templado durante el día, en los meses de invierno y primavera, existe fuerte insolación, mientras que durante la noche, la temperatura desciende bruscamente

Entre los 1,200 y 1,800 m.s.n.m., se presentan nubes del tipo estratocúmulo que cubren toda el área dificultando la visibilidad.

En las peniplanicies situadas entre 1,800 y 3,000 m.s.n.m., el clima es seco, constituyendo una zona árida, donde las lluvias se restringen en los meses de Enero a Marzo.

Encima de los 3,000 m.s.n.m., que es la altura media de la Mina Tambojasa, el clima es frío, un invierno seco con una temperatura baja y el frío es intenso durante la noche y un verano con rara presencia de lluvias.

### **2.2.1. Información Meteorológica del Área**

La zona de Tambojasa, carece de una estación meteorológica pluviométrica y climática, cercana en funcionamiento.

Según la información del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI, funcionaban 04 estaciones meteorológicas próxima al área minera de Tambojasa. En la actualidad se encuentran paralizadas o canceladas, siendo las siguientes: Yauca –Climatológica- paralizada en 1,987; Atiquita –Climatológica- cancelada en 1,981; Cháparra –Climatológica- cancelada en 1,981 y Lomas de Atiquipa –Pluviométrica- cancelada en 1,968;

### **2.2.2. Temperatura**

La temperatura es el elemento meteorológico más variado y disminuye con relación a la altura hacia los Andes.

En la clasificación de Holdridge, la temperatura se calcula como biotemperatura (media diaria, media mensual o media anual). El concepto de biotemperatura es una de las innovaciones más significativas de dicho sistema de clasificación.

Según el Diagrama Bioclimático de Holdridge la biotemperatura media anual varía entre 12°C y 18°C., el resultado de la medición realizada durante un periodo de 24 horas, el mes de Julio del 2004, registró una temperatura promedio 14.75°C alcanzando una temperatura **máxima** de 19,5°C y mínima de 10°C.

### **2.2.3. Humedad Relativa Media Anual (%)**

La humedad ambiental de cualquier lugar está determinada por la interrelación de dos factores: biotemperatura y precipitación, por consiguiente, si la cantidad de agua almacenada en el suelo es lo suficientemente adecuada, la tasa de evapotranspiración será cada vez

... mayor cuando más alta sea la biotemperatura.

- La humedad relativa media anual es 80%
- La humedad relativa media, 24 hr 83%

#### **2.2.4. Vientos**

La zona de Tambojasa se encuentra a una altura media de 3,000 m.s.n.m, el viento dominante procede del nor-nor-oeste (NNW) a sur-sur-este (SSE), con una velocidad promedio entre 1.4 a 14.9 km./hora.

#### **2.2.5. Precipitación**

En el ítem 2.2.1, se indicó que en el área de estudio, las estaciones meteorológicas han sido desactivadas, razón por la cual se ha tomado datos de precipitación total mensual, desde 1995 hasta 2004, de la estación Yanaquihua, que está a la altura de 3,130 msnm, y que se adjunta en el Anexo A del presente Informe.

En el cuadro 3.01 se aprecia que los meses con precipitación son enero, febrero y marzo, siendo en los demás meses escaso y nulo. el promedio de precipitación anual durante esos 10 años es de 175.86 mm.

### **2.3 GEOLOGÍA REGIONAL**

En los derechos mineros integrantes de la U.E.A. Tambojasa, predominan rocas intrusivas plutónicas del Batolito de la Costa, Super Unidad Tiabaya: gabrodiorita-diorita cuarcífera, tonalitas y granodioritas y de las super- unidad Linga: Monzonita cuarcífera y granito

#### **2.3.1. Geología Local y Económica**

Las Unidades Litológicas que afloran en el área de estudio, son rocas intrusivas de la Superunidad Tiabaya, pertenecientes al segmento del Batolito de la Costa del Cretáceo Superior – Terciario Inferior.



Las rocas intrusivas son de composición granodiorítica, tonalita, dioritas y gabrodiorita. En estas rocas se encuentran emplazadas las vetas denominadas: Disputada, Tiwinza, Sara, Lomada, Bufalo y Seis Horas.

## CAPITULO III

### HIDROLOGIA

#### 3.1. GENERALIDADES

Los únicos cursos fluviales de la zona de Tambojasa (Mina Tambojasa) están dados por las cuencas de las Qdas. Angostura y Huaccyacu, se encuentran prácticamente secas en todas las estaciones del año, de acuerdo a la versión de los lugareños, solo en época de verano y en forma ocasional discurre agua por estas quebradas.

Así mismo, la cuenca de la Qda. Huanuhuanu aledaña a la zona de Tambojasa, generalmente esta seca y corre escasa agua, solo en épocas de verano.

El depósito de desmonte "Piedra Grande II", se encuentra ubicado en la ladera del Cerro Tambojasa y este cerro está delimitado por la quebrada Huaccyacu y la quebrada Tambojasa, (Ver Lámina N° 02: Plano Hidrológico).

La micro cuenca hidrográfica que se encuentra en las cabeceras del depósito de desmonte y que sería el área aportante en el caso extremo de producirse una lluvia, inusual para el sitio, se define de la siguiente manera:

- Area de la microcuenca hidrográfica = 8.6 hás.
- Perímetro de la microcuenca hidrográfica = 1.3 Km.
- Longitud de la microcuenca (largo) = 0.6 Km.
- Pendiente de la microcuenca = 30%

#### 3.2. PRECIPITACION

Como ya se indicó, en el área de estudio, las estaciones meteorológicas han sido desactivadas, razón por la cual se ha tomado datos de precipitación total mensual, desde 1995 hasta 2004, de la estación Yanaquihua, que está a la altura de 3,130 msnm, y que se adjunta en el Anexo A del presente Informe.

En cuadro 3.01 se aprecia que los meses con precipitación son enero, febrero y marzo, siendo en los demás meses escaso y nulo, el promedio de precipitación anual

durante esos 10 años es de 175.86 mm. (176 mm.).

En dicho cuadro, se aprecia el promedio mensual de precipitación durante los 10 años de observación en la estación meteorológica de Yanaquihua, la única más cercana y de igual altitud del depósito de desmonte y que puede correlacionarse para este informe;

**Cuadro 3.01 Promedio de la precipitación mensual.**

<b>Mes</b>	<b>Precipitación Promedio Estimada (mm)</b>
Enero	53
Febrero	64
Marzo	43
Abril	3
Mayo	2
Junio	3
Julio	13
Agosto	12
Septiembre	6
Octubre	3
Noviembre	0
Diciembre	7
Promedio Anual	176

**3.2.1. Cálculo de Escorrentía de Superficie.**

El dimensionamiento de los caudales de escorrentía de superficie que afectarán del depósito de desmonte, se basa en los eventos máximos probables en la zona. Para áreas de drenajes pequeñas, los flujos picos utilizados para dimensionar los componentes de drenaje se estima empleando un modelo de lluvia – escorrentía, luego la descarga pico mayor, se calcula utilizando algunos modelos matemáticos.

### 3.2.2. Precipitación Máxima en 24 Horas (PMD)

Si asumimos el 10% de la precipitación total como la precipitación máxima en 24 horas (PMD), estaríamos dando un buen margen de seguridad en el diseño de canales. (Ver Anexo B: Cálculos hidrológicos)

- **Precipitación Máxima en 24 horas para diferentes períodos de retorno**

Los datos de precipitación máxima en 24 horas se ajustan a la distribución probabilística Gumbel. Se ha calculado las precipitaciones para los diferentes periodos de retorno como se observa en el cuadro siguiente. Para el presente diseño se tomara la precipitación máxima correspondiente a un periodo de retorno de 500 años.

**Cuadro 3.02. Precipitaciones Máximas en 24 horas para Diferentes Períodos de Retorno**

<b>PERIODO DE RETORNO (Años)</b>	<b>Zona del proyecto (mm)</b>
2	9.48
10	17.63
50	24.46
100	27.35
200	30.23
<b>500</b>	<b>34.03</b>
1000	36.90
10000	46.42

Estos valores son conservadores, para el diseño de los canales en el depósito de desmonte.

- **Intensidades Máximas**

En base a los valores obtenidos de las precipitaciones se han generado las intensidades máximas mediante la expresión del Soil Conservation Service (SCS).

La intensidad de las lluvias para diferentes períodos de retorno y tiempos de concentración se calculó mediante la siguiente expresión, según el Soil Conservation Service (SCS):

$$I_{TR} = \frac{0.280049 * Pp_{TR}}{T_C^{0.6}}$$

Donde:

- $I_{TR}$  : Intensidad de lluvia para un tiempo de retorno, mm/hr
- $Pp_{TR}$  : Precipitación máxima 24 horas para un  $T_r$ , mm.
- $T_c$  : Tiempo de concentración, horas.

Para el presente caso en que la geomorfología de zona predomina en taludes y cauces con pendientes pronunciadas, el tiempo de concentración ha sido evaluado con fórmulas aplicables al predominio de flujo, resultando un tiempo de concentración promedio de 10 minutos.

La intensidad de lluvia para una precipitación máxima 24 horas, con un tiempo de retorno igual a 500 años de 34.06 mm de precipitación y tiempo de concentración igual a 10 minutos, será:

$$I_{500} = 27.92 \text{ mm/hr}$$

En el Anexo B, se adjunta la memoria de cálculo de este capítulo.

### 3.2.3.. Caudal de Escorrentia Superficial

Los flujos máximos debidos a tormentas descendiendo desde las laderas adyacentes fueron calculados utilizando el método racional, dada la poca extensión de las áreas de drenaje, como se indica a continuación:

El concepto básico del Método Racional, asume que el máximo porcentaje de escurrimiento de una cuenca pequeña ocurre cuando la intensidad de tal cuenca está contribuyendo el escurrimiento y que el citado porcentaje de escurrimiento es igual a un porcentaje de la intensidad de lluvia promedio. Lo anterior en forma de ecuación resulta:

$$Q = 0.278 * C * I * A$$

Donde:

- Q : caudal de diseño en m<sup>3</sup>/seg.
- C : coeficiente de escorrentía.
- I : intensidad de la lluvia en mm/hr.
- A : área de la cuenca en Km<sup>2</sup>.

En base a las características físicas del área de drenaje, se determinaron de los cuadros 3.03, 3.04 y 3.05, tres coeficientes de escurrimiento, los cuales se promediaron para obtener el definitivo a utilizar. En este caso el coeficiente de escurrimiento C se tomó igual a 0.60.

**Cuadro 3.03. Coeficiente de Escorrentía C del Método Racional  
Tabla A**

FACTORES DE CLASIFICACION		VALORES c' *
TOPOGRAFIA	Terreno plano, con pendiente de 0.15%	0.30
	Terreno ondulado, con pendiente de 0.35%	0.20
	Terreno accidentado, con pendiente de 4.00%	0.10
SUELOS	Arcilloso - firme	0.10
	Arcillo - arenoso	0.20
	Arcillo - arenoso suelto	0.40
COBERTURA	Terrenos cultivados	0.10
	Bosques	0.20

\* El coeficiente de escurrimiento C se obtiene restando a la unidad la suma de los c' para cada uno de los tres factores

### 3.04. Coeficiente de Escorrentía C del Método Racional

Tabla B

TOPOGRAFIA	DESCRIPCION DE SUELOS O TIPOS DEL SCS	COBERTURA	COEFICIENTE
LLANA	Arcilloso firme impenetrable (D)	Cultivo	0.50
		Bosque	0.40
	Arcillo - arenoso firme (C y B)	Cultivo	0.40
		Bosque	0.30
	Arcillo - arenoso abierto (A)	Cultivo	0.20
		Bosque	0.10
ONDULADA	Arcilloso firme impenetrable (D)	Cultivo	0.60
		Bosque	0.50
	Arcillo - arenoso firme (C y B)	Cultivo	0.50
		Bosque	0.40
	Arcillo - arenoso abierto (A)	Cultivo	0.30
		Bosque	0.20
ACCIDENTADA	Arcilloso firme impenetrable (D)	Cultivo	0.70
		Bosque	0.60
	Arcillo - arenoso firme (C y B)	Cultivo	0.60
		Bosque	0.50
	Arcillo - arenoso abierto (A)	Cultivo	0.40
		Bosque	0.30

### Cuadro 3.05. Coeficiente de Escorrentía C del Método Racional

Tabla C

TIPOS DE SUELOS SEGÚN U.S.S.C.S.	(P <sub>24h</sub> ) mm	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA PARA AREAS EN Km <sup>2</sup>				
		= 0.1	0.1 - 1.0	1.0 - 10	10 - 100	< 100
TIPO (D)	= 80	0.60	0.70	0.65	0.65	0.60
	81 - 150	0.90	0.85	0.80	0.80	0.80
	151 - 200	0.95	0.90	0.90	0.90	0.90
	> 200	0.95	0.95	0.95	0.90	0.90
TIPO (C)	= 80	0.70	0.60	0.55	0.50	0.45
	81 - 150	0.85	0.80	0.75	0.65	0.65
	151 - 200	0.85	0.85	0.80	0.70	0.70
	> 200	0.90	0.90	0.80	0.75	0.75
TIPO (B)	= 80	0.55	0.55	0.40	0.35	0.20
	81 - 150	0.65	0.63	0.56	0.45	0.30
	151 - 200	0.75	0.70	0.65	0.55	0.40
	> 200	0.80	0.75	0.70	0.65	0.50
TIPO (A)	= 80	0.35	0.28	0.20	0.20	0.15
	81 - 150	0.45	0.35	0.25	0.25	0.20
	151 - 200	0.55	0.45	0.40	0.35	0.30
	> 200	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40

En el siguiente cuadro se muestran los caudales de escorrentía superficial calculados para el dimensionamiento de los canales en el depósito de desmontes.

**Cuadro 3.06. Caudales de Escorrentía Superficial**

Zona	Área (Km <sup>2</sup> )	I (mm/hr)	Q (m <sup>3</sup> /s)
Canal de Recolección 1 (Banco superior)	0.0013	27.92	0.006
Canal de Recolección 2 (Banco inferior)	0.0010	27.92	0.005
Canal de Coronación	0.0760	27.92	0.354

En el anexo B se presenta los cálculos respectivos.

### 3.3. HIDROGEOLOGIA

En el área del proyecto, zona de Tambojasa, existen rocas granodioríticas, con escasa cobertura de suelo residual y no existen aguas subterráneas, la ausencia de estos cuerpos de aguas, se deduce, que es consecuencia de la topografía (70%) y a la ubicación del área del proyecto. Esto se comprueba por la inexistencia de agua dentro de los socavones excavados en la exploración del proyecto.

Distante a 5 km. en línea recta de las operaciones de la mina Tambojasa, en las Qdas. Huanuhuanu y Chala se ha determinado la presencia de acuíferos subterráneos del tipo no confinado, cuyo manto freático estaría incluido en la arena y gravas con porosidad entre 25 y 30%, el drenaje alrededor del 30%, con resistividad baja y un potencial alto.



## CAPITULO IV

### ASPECTOS SISMICOS DEL AREA

#### 4.1 GENERALIDADES

El Perú es considerado como una de las regiones de más alta actividad sísmicas. Forma parte del cinturón circumpacífico, y es una de las zonas sísmicas más activas del mundo, de esta forma es necesario considerar la influencia sobre la estabilidad de los taludes del Depósito de Desmonte.

##### a) Zonificación Sísmica

Dentro del territorio peruano se ha establecido diversas zonas sísmicas, las cuales presentan diferentes características de acuerdo a la mayor o menor ocurrencia de los sismos. Según el Mapa de Zonificación Sísmica propuesto por la nueva Norma de Diseño sismorresistente E-030 del Reglamento Nacional de Construcciones (1997), presentado en la **Figura 4.1**, el área de estudio se encuentra comprendida en la zona 3 clasificada como zona de alta sismicidad.

##### b) Intensidad

Según el análisis sismo tectónico, existen en el mundo dos zonas muy importantes de actividad sísmica conocidas como el Circulo Alpino Himalayo y el Circulo Circumpacífico. En esta última, donde se localiza el Perú, han ocurrido el 80% de los eventos sísmicos en el mundo. Por lo tanto, nuestro país esta comprendido entre una de las regiones de más alta actividad sísmica.

La fuente de datos básica de intensidades sísmicas que describe los principales eventos sísmicos ocurridos en el Perú, ha sido presentada por Silgado (1978). En la Figura 4.2 se muestra el mapa de distribuciones de máximas intensidades sísmicas observadas (Alva et al. , 1984), de acuerdo a esta información, se concluye que según la historia sísmica del área de

estudio (400 años), han ocurrido sismos de intensidades altas hasta de VIII en la escala Mercalli Modificado, para la confección de este mapa se ha basado en treinta isosistas de sismos peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y sismos recientes.

## 4.2 EVALUACION SISMICA

El sismo producido, el 23 de Junio del 2001, en Arequipa, fue un movimiento brusco debido a que la Placa Continental estaba ejerciendo mucha presión sobre alguna área de placa que no la dejaba avanzar normalmente. Luego se produjo la ruptura del atascamiento y se produjo el sismo.

La sismicidad en el sur del Perú, entendida por la distribución de los focos sísmicos en el espacio y en el tiempo muestra que existen dos grupos de eventos generados en zonas bien definidas.

Primeramente la actividad asociada a la subducción, que disipa más del 95% de la energía y cuyos focos se distribuyen en una zona de Wadatti – Bernioff, inclinada 30° al este hasta profundidades de más de 600 Km. y sus eventos alcanzan magnitudes de 7.5+, con una frecuencia de ocurrencia alta.

La Sismicidad cortical, de profundidad superficial, se detecta en las cercanías de las fallas activas y que liberan los esfuerzos tectónicos concentrados en la corteza de los Andes y sus márgenes. Las magnitudes también alcanzan valores altos (7+), aunque la ocurrencia es relativamente baja, estos sismos son muy peligrosos y destructivos por ser superficiales.

Los datos históricos son determinados para identificar las fuentes sísmicas y estimar los parámetros sísmicos de los terremotos; estas fuentes corresponden al periodo pre-instrumental antes del año 1930.

La mayor parte de los terremotos destructivos aparecen como intra-continetales y relacionados al proceso de subducción. Estos eventos están comprendidos dentro de la dinámica del área del Estudio y de la tectónica local de la misma. De los 15 terremotos ocurridos en el Sur del país entre los años de 1,604 y 1,971 el producido el 24 de agosto de 1942, cuyo epicentro

se localizó en la vecindad de Nazca, alcanzó este sismo una magnitud VIII MM.

La intensidad sísmica de los terremotos ocurridos en el área estudiada, varía entre VI y VIII grados de la escala modificada de Mercalli, como se puede ver en los siguientes cuadros:

### **CARACTERÍSTICAS E INTERPRETACIÓN DE LOS TERREMOTOS HISTORICOS**

<b>Nº</b>	<b>Fecha</b>	<b>Efectos en la Zona Epicentral</b>	<b>Efectos en la Zona de Interes</b>	<b>Origen</b>
1	04-11-1 604	Destructivo en Moquegua	Destructivo	S
2	10-02-1 716	Destructivo en Ica	Fuerte	S
3	13-05-1 784	Destructivo en Arequipa	Fuerte (Probable)	S
4	06-08-1 913	Destructivo en Caraveli	Fuerte	S
5	11-10-1 922	Destructivo en Caraveli	Fuerte	S
6	24-08-1 942	Destructivo en Nazca	VIII MM	S
7	29-09-1 946	Destructivo en Ica	Fuerte	S
8	11-05-1 948	Daños en Moquegua	VII MM	S
9	18-05-1 948	Daños en Ica	VI MM	S
10	09-12-1 950	Fuertes daños en Ica	VII MM	S
11	15-01-1 958	VII MM en Arequipa	Fuerte	S
12	13-01- 1 960	Destructivo en Arequipa	VII MM	S
13	15-01-1 960	Fuerte en Nazca	Fuerte	S
14	09-03-1 960	Fuerte en Acari	VI MM	S
15	14-10-1 971	Destructivo en Apurimac	VII MM	S

Fuente: Centro Nacional de Sismología.

## SISMOS – EVENTOS HISTORICOS

Nº	Fecha	Localidades Afectadas	Escala Modificada de Mercalli
1	06-09-72	Arequipa	5M
2	28-07-72	Arequipa	5M
3	02-02-74	Chala	5M
4	12-03-74	Arequipa	5M
5	01-02-74	Mollendo, Moquegua	5M
6	25-04-74	Moquegua, Mollendo, Arequipa	5M
7	03-10-74	El Sur y gran parte del País	5M
8	16-02-79	Arequipa	5M
9	06-08-81	Camaná, Mollendo, Arequipa	5M
10	11-08-81	Camaná, Arequipa	5M
11	21-08-81	Camaná, Arequipa	5M
12	03-03-82	Pisco	5M
13	02-06-82	Pisco, Ica.	5M

Fuente: Centro Nacional de Sismología.

En los años que se viene desarrollando la actividad minera, los sismos ocurridos no han ocasionado daños a las labores subterráneas, debido principalmente a la dureza de las rocas ígneas de la zona que constituyen el Batolito de la Costa.



Figura 4.1. Zonificación sísmica del Perú (Reglamento Nacional de Construcciones, 1997)



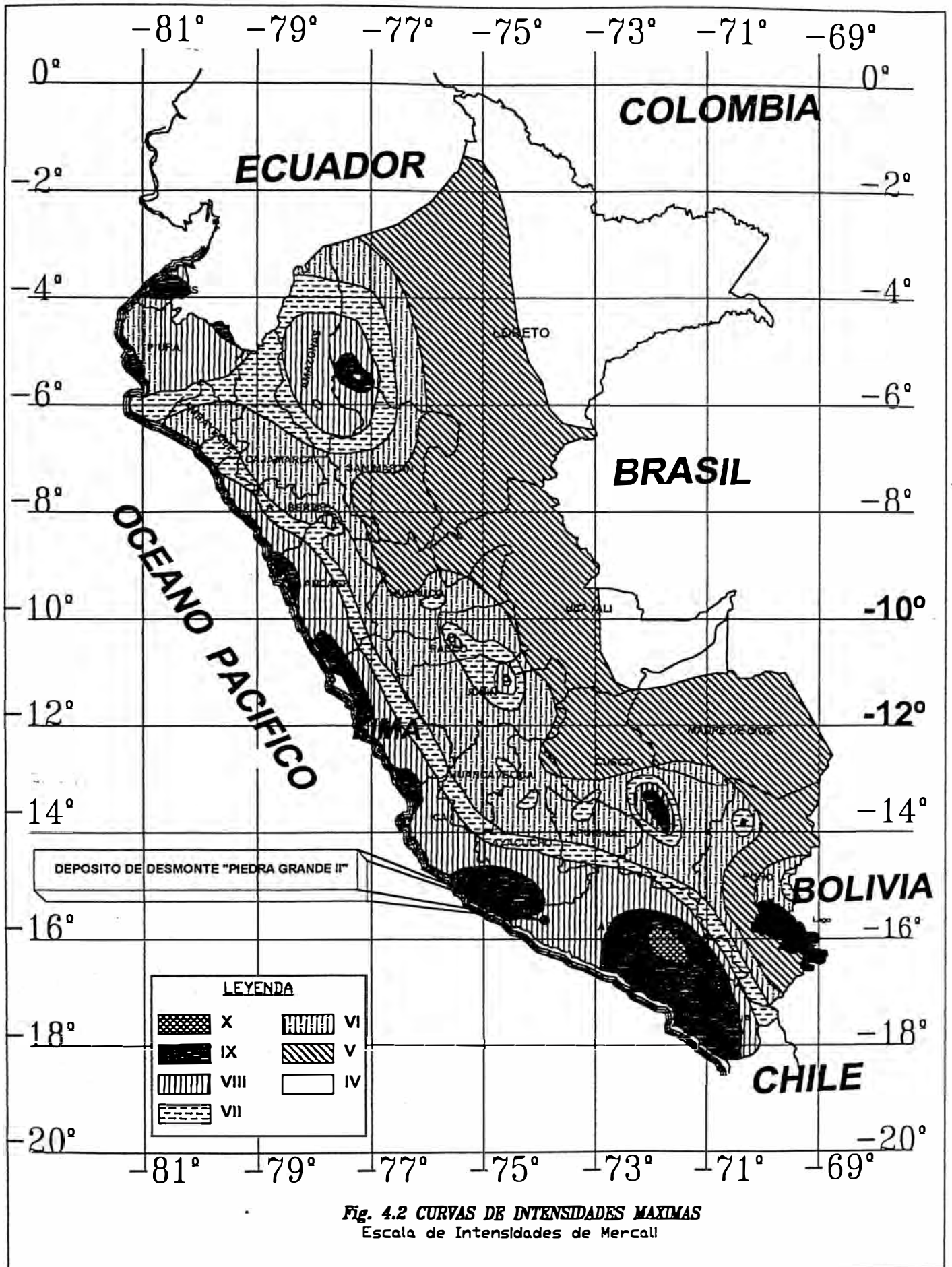
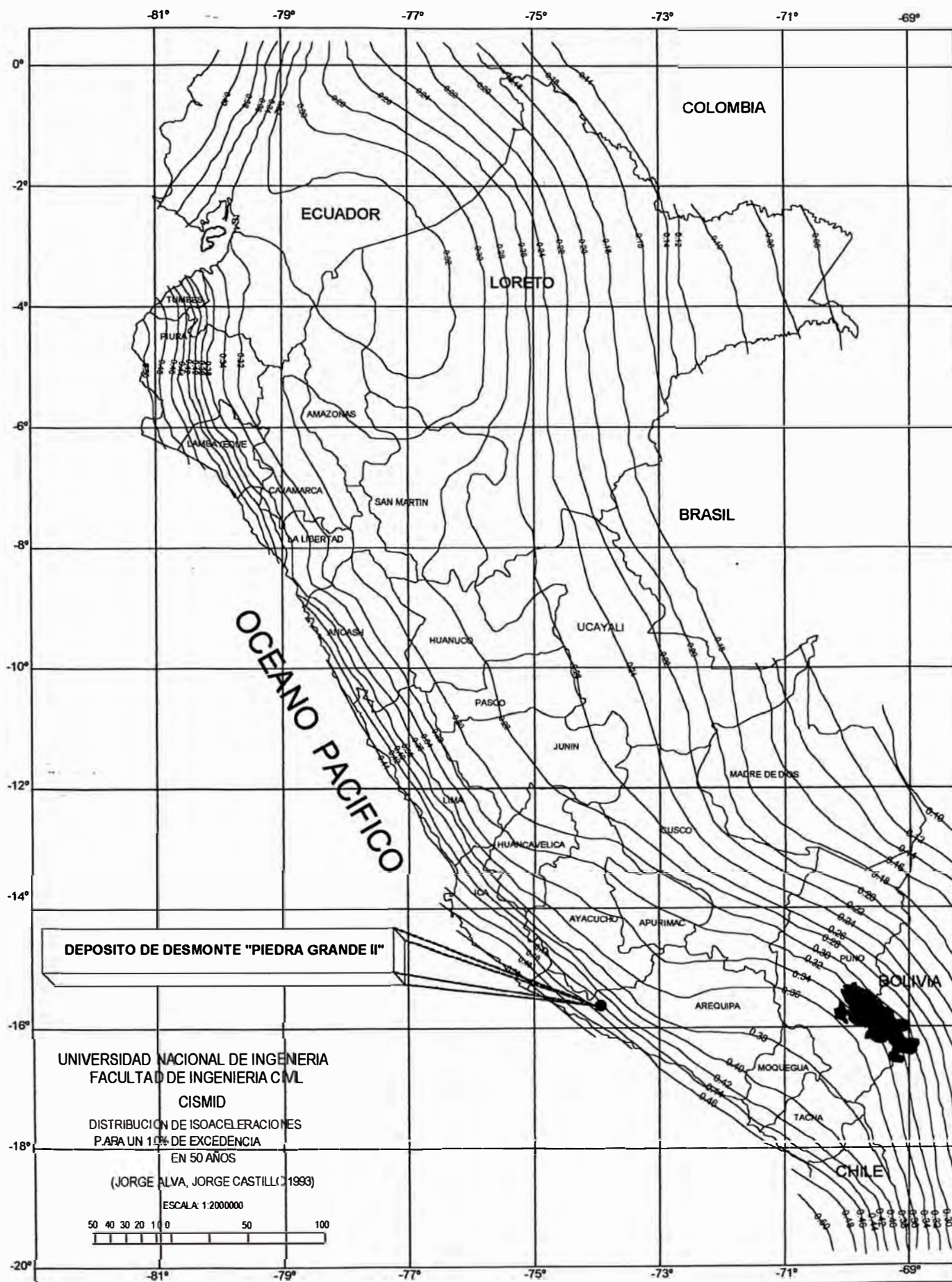


Fig. 4.2 CURVAS DE INTENSIDADES MAXIMAS  
Escala de Intensidades de Mercalli



**Fig. 4.3 PLANO DE ISOACELERACIONES**



#### 4.3. CARACTERÍSTICAS DE SISMOS MÁXIMO Y BÁSICO DE DISEÑO

Los Sismos Máximos a suceder en un periodo de retorno de 150 y 500 años serán de Intensidad VI y VIII respectivamente en la escala de Mercalli Modificado según (Gutenberg y Richter).

Los Sismos Básicos de Diseño serán asumidos por el mismo valor anterior, es decir presentan una intensidad de VI y VIII en la escala de Mercalli, pero se afectará y corregirá el valor de sus aceleraciones respectivas.

De acuerdo al plano de distribución de isoaceleraciones elaborado por J. Alva – CISDMID-1993, (Ver figura N° 4.3: Isoaceleraciones) que para una 10% de excedencia en un periodo de 50 años y un periodo de retorno de 475 años, da una aceleración de la gravedad de 0.44g, para el área de estudio.

Es aceptada internacionalmente, que el coeficiente sísmico a ser considerado en el análisis de condiciones seudoestáticas de diseño de taludes, sea obtenido como una fracción que varía entre 1/2 a 1/3 de la máxima aceleración esperada. Esta recomendación es consistente con las recomendaciones del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos. En consecuencia, para el caso del análisis seudo-estático de estabilidad del depósito de desmonte se considera un valor de aceleración básica de diseño de horizontal de 1/2 de aceleración pico, es decir 0.22g como el valor del coeficiente para el análisis seudo estático.



## **CAPITULO V**

### **INVESTIGACIONES GEOTECNICAS**

#### **5.1 GENERALIDADES**

Para la elaboración del presente informe, la Compañía Minera Caravelí S.A.C. llevó a cabo un programa de investigaciones geotécnicas de suelos y rocas, con la finalidad de evaluar las dimensiones del depósito de desmonte y propiedades de los materiales y del macizo rocoso de la cimentación del área del actual emplazamiento del Depósito de Desmonte "Piedra Grande II" dentro del marco para el diseño del mismo.

Para la ejecución de las investigaciones de los suelos y rocas se han efectuado investigaciones geotécnicas de campo y de gabinete, las cuales se detallan a continuación:

#### **5.2 INVESTIGACIONES GEOTECNICAS DE CAMPO**

Para determinar las características físico-mecánicas más representativas de la cimentación y del material de desmonte se ha empleado diversos métodos de investigación de campo. Uno de los métodos utilizados se basa en la medida de la resistencia que ofrece el suelo al avance del sondaje DPL. También se realizó excavaciones de calicatas-trincheras para elaborar el perfil estratigráfico del suelo y la correspondiente toma de muestras de suelo y del material de desmonte para llevar a cabo las pruebas de laboratorio y determinar los parámetros geotécnicos.

##### **5.2.1 Sondajes DPL**

Para determinar las características de resistencia de los suelos naturales y el material de desmonte se ejecutaron un total de cuatro (04) sondajes DPL, (norma DIN – 4094), (ver fotografías N° 02, 03, 04 y 05) convenientemente ubicadas dentro del área de estudio con la finalidad de evaluar las condiciones geotécnicas de resistencia, los parámetros resultantes tales como la densidad relativa nos permitirá verificar la

consistencia del material con el fin de determinar los pesos volumétricos para su posterior remoldeo de los mismos cuando se realizan los ensayos de resistencia, permeabilidad, etc. Los sondajes de DPL nos han permitido realizar las investigaciones hasta una profundidad de 4.00m.

Los registros efectuados en cada una de los sondajes DPL se detallan en el Anexo C y a continuación en el Cuadro 5.01 se enumera los ensayos DPL.

**Cuadro 5.01. Ensayos DPL**

Ensayo (DPL)	Profundidad (m)	COORDENADAS UTM		
		NORTE	ESTE	COTA
DP-1	1.00	8'271,951.8	613,471.5	2,856.2
DP-2	4.00	8'271,941.6	613,462.5	2,855.0
DP-3	0.70	8'271,928.2	613,512.6	2,884.8
DP-4	4.00	8'271,915.1	613,503.5	2,885.0

(Ver Lámina N° 03 Investigaciones geotécnicas)

### 5.2.2 Calicatas-Trincheras

Con la finalidad de conocer las propiedades y condiciones geotécnicas (humedad, densidad, resistencia la corte y permeabilidad) del suelo de cimentación y el material de desmonte se ha excavado dos (02) calicatas-trincheras, (ver fotografías N° 06 y 07) hasta una profundidad máxima de 1.50 m, desde donde se ha extraído las muestras para los respectivos ensayos de laboratorio. Los resultados nos han permitido determinar los parámetros geotécnicos para el análisis de la estabilidad del talud del depósito de desmontes "Pidra Grande II".

**Cuadro 5.02. Calicatas-Trincheras**

Trinchera	Profundidad (m)	COORDENADAS UTM		
		NORTE	ESTE	COTA
TR-1	1.50	8'271,947.6	613,472.4	2,856.2
TR-2	1.50	8'271,923.9	613,514.5	2,886.0

### 5.2.3 Registros de Investigación de los Suelos

De acuerdo a los materiales identificados en las excavaciones de las calicatas se ha elaborado un registro de sondajes donde se indica las características físicas encontradas en los suelos como color, humedad, compacidad, textura, plasticidad, clasificación y simbología grafica (ver Anexo N° D Sondajes de suelo).

### 5.2.4 Ensayos in situ

Se realizaron ensayos in situ, para determinar la densidad natural del terreno, para los remoldeos respectivos de las muestras representativas para los ensayos de laboratorio, estos ensayos in situ nos permite conocer la compacidad del suelo y del material de desmonte en el campo (ver fotografías N° 08, 09, 10 y 11).

Para la obtención de la densidad de campo se uso el método de cono de arena y el método volumétrico, se utilizo el procedimiento indicado por la norma ASTM D-1556.

Se tiene los siguientes resultados en el cuadro 5.03:

**Cuadro 5.03. Densidad de campo**

<b>Prueba</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Clasificación SUCS</b>	<b>Densidad Húmeda (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>
DC – 1	TR-1	GW-GM	2.02	1.947
DC – 2	Desmonte Nivel 2860	GP-GC	2.20	2.129
DC – 3	TR-2	GP-GM	2.10	2.034
DC – 4	Desmonte Nivel 2890	GP-GC	2.29	2.249

### **5.2.5 Resultados de Ensayos de Penetración DPL**

Los sondajes de penetración dinámica ligera alcanzaron una profundidad máxima de 4.00 m. La ubicación de los sondajes se encuentra en la lámina N° 03: Investigaciones geotécnicas y los resultados de los registros de los sondajes de DPL se adjunta en el Anexo C, juntamente con la descripción de los sondajes de excavación (ver Anexo D).

De estos ensayos in situ se pueden deducir que los materiales del terreno de fundación posee valores de bajos a medios de resistencia a la penetración, así tenemos que según los ensayos DP-2 y DP-4, el material de desmonte posee un grado de compactación medio a bajo, y según los ensayos DP-1 y DP-3, el suelo de cobertura, tiene la misma característica, antes de que el sondaje llegue a la roca donde lógicamente se produce el rebote de la prueba.

### **5.2.6 Determinación de la Profundidad del Nivel Freático**

Durante la evaluación geotécnica de campo mediante los sondajes DPL y la excavación de calicatas-trincheras no se ha tenido evidencia de presencia del nivel freático superficial.

## **5.3 INVESTIGACIONES Y ENSAYOS DE LABORATORIO**

### **5.3.1 Ensayos de Laboratorio**

Con las muestras disturbadas extraídas de las calicatas-trincheras, desmonte y roca se determinó las características físico mecánicas del suelo de cimentación, material de Desmonte y material del macizo rocoso, mediante los ensayos estándar de laboratorio, los resultados determinaron la gradación de las partículas en el suelo y por consiguiente la clasificación SUCS así mismo se realizaron ensayos para la determinación de la resistencia y permeabilidad del suelo, en el material de roca se realizaron ensayos de caracterización física, compresión simple y corte directo en discontinuidad simulada. Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Geotécnico del CISMID de la Universidad Nacional de Ingeniería (Ver Anexo E) y el laboratorio de Mecánica de

Rocas de la Pontificia Universidad Católica del Perú – PUCP (Ver Anexo F) bajo las normas de la American Society for Testing and Materials (A.S.T.M.), y se describen a continuación:

- Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422
- Contenido de humedad ASTM D-2216
- Limite Líquido ASTM D-423
- Limite Plástico ASTM D-424
- Corte Directo ASTM D-3080
- Permeabilidad de pared rígida ASTM D-2434
- Compresión simple en roca ASTM D-2938
- Propiedades físicas en roca ASTM D 2216-98
- Corte directo en roca ASTM D 5607-95

### 5.3.2. Clasificación de Suelos

Los ensayos de laboratorio efectuados a las muestras de los estratos encontrados en las excavaciones, considerados como representativos del área del depósito de desmonte, han determinado la clasificación de suelos según SUCS permitiendo elaborar la sección de los suelos encontrados en el terreno. En general los materiales tipos encontrados en el suelo de cimentación y el cuerpo del depósito de desmontes, de acuerdo a la clasificación SUCS, están descritos a continuación:

- GM = Grava limosa con arena
- GW-GM = Grava bien gradada con limo y arena
- SP-SM = Arena mal gradada con limo
- GP-GC = Grava mal gradada con arcilla y arena
- SC = Arena arcillosa
- GP-GM = Grava mal gradada con limo y arena

Las características del suelo de cimentación y el material del cuerpo de depósito de desmontes y macizo rocoso se detallan en el cuadro resumen de ensayos de laboratorio, mostrado en el Anexo G.

Cabe mencionar que los materiales de los desmontes presentan partículas de rocas con tamaño mayor de 3", la clasificación SUCS, no considera esta fracción por lo que en el material de desmonte cuando presenta partículas mayores de 3", mayor a 30% se denominara material de desmonte de roca.

### **5.3.3. Perfil del Suelo**

Según los datos de exploración mediante excavaciones se ha podido encontrar dos tipos de suelos, y estos se presentan en zonas bien definidas según su granulometría, mostradas en la sección correspondientes al Plano N° 03.

Esta sección define superficialmente material de desmonte, clasificado según SUCS como GP-GC, es decir, grava mal gradada con arcilla y arena, con una potencia de hasta 4 m, debajo de la cual se encuentra el suelo de cobertura, y que corresponde a una clasificación según SUCS de tipo GP-GM, o sea, grava mal gradada con limo y arena, con una profundidad de hasta 1.50, debajo del cual se encuentra el macizo rocoso y que corresponde a la granodiorita existente en toda la zona del depósito de desmonte.

Por lo tanto según estas características del área de estudio se ha zonificado de acuerdo a estas propiedades de características físicas en una zona geomecánica.

### **5.3.4 Ensayos Especiales**

#### **5.3.4.1 Ensayo de Corte Directo**

Para fines del presente estudio se ha realizado ensayos de corte directo tipo drenado ASTM D-3080 con muestra remoldeada, del suelo de cimentación y del material de desmonte, la que servirá para obtener los parámetros del modelo de Mohr Coulomb y calcular los factores de seguridad de los taludes actuales y proyectados por el método de equilibrio limite.

#### **5.3.4.2 Ensayo de Corte Directo en roca en discontinuidad simulada**

Se han realizado ensayo de corte directo en roca intacta, con discontinuidad simulada, para obtener los valores de los parámetros del modelo de Morh Coulomb en discontinuidad simulada, con estos valores obtenidos se estimara los parámetros anteriormente descritos para el macizo rocoso debajo del material de desmonte de la formación Santa.

Como los ensayos se han realizado con discontinuidad simulada, el ángulo de fricción interna obtenido, se considero como el 75%, del valor real, o sea, que para el cálculo de estabilidad de taludes, es necesario corregir este valor al 100%.

#### **5.3.4.3 Ensayo de Compresión Simple en roca**

Este ensayo índice se ha realizado a la roca intacta, y se utilizará para determinar la clasificación geomecánica del macizo rocoso y obtener el valor representativo de resistencia de los afloramientos rocosos.

#### **5.3.4.4. Ensayo de permeabilidad**

Para determinar el grado de permeabilidad del material de desmonte en la zona de estudio se ha realizado ensayo de permeabilidad, de los resultados se determina que el desmonte es un material de baja permeabilidad, según el ensayo de laboratorio para el material de desmonte tiene un  $k = 7.10E-06$ . La cual es muy baja, y que se ha realizado eliminando la fracción gruesa.

Este ensayo se ha realizado siguiendo los procedimientos descritos en la norma ASTM D-2434.

En los Anexos E y F se presenta los reportes de los ensayos de laboratorio y en el Anexo G se presenta el cuadro resumen de estos ensayos de laboratorio. En el Cuadro 5.04 se presenta el resumen de los resultados de los ensayos especiales de laboratorio.

**Cuadro 5.04 Resultados de los Ensayos Especiales de Laboratorio**

Sondaje	TR-1	Dep-Desmonte Nivel 2860
<b>MUESTRA</b>	M-2	M-2
Clasificación (SUCS)	<b>GW-GM</b>	<b>GP-GC</b>
Clasificación (SUCS) Material < N° 4	<b>SP-SM</b>	<b>SC</b>

**Parámetros de resistencia**

**Mecánica**

Corte	$\phi$	44°	36°
Directo	$c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0.00	0.10
<b>Permeabilidad k (cm/seg)</b>			7.10E-06



## CAPITULO VI

### CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES EN EL AREA DEL DEPÓSITO DE DESMONTE “PIEDRA GRANDE II”

#### 6.1 MATERIALES GEOTECNICOS DEL DEPÓSITO DE DESMONTE

A partir de la evaluación geotécnica, la configuración topográfica y el mapeo geológico realizado en el área de estudio, el área del depósito de desmonte “Piedra Grande II”, se encuentra dentro de una zona geotécnica con características propias y bien definidas.

La *Zona Geotécnica I*, En esta zona se encuentra materiales de desmonte encima del material de cobertura o suelo natural, los desmontes son del tipo GP-GC con presencia de material mayor de 3” en un 30%, estos desmontes se encuentran localizados y con poca potencia, se observa la coloración beige rojiza de estos tipos de materiales en esta zona, los materiales de cobertura o suelo natural son del tipo GP-GM, la coloración de estos estratos son beige claro estos materiales presenta también partículas mayores de 3” en un 20%. Se ha observado que presenta tamaño máximo de 10”. Esta zona esta ubicada a todo el área del depósito de desmonte y presenta inclinaciones aproximadamente de 40°. (ver fotografía N° 01)

#### 6.2 MATERIALES DEL CUERPO DEL DEPÓSITO DE DESMONTE

Durante la evaluación de campo se ha podido observar que el desmonte esta compuesto principalmente por material granular conformado por boleos, cantos (30%) y bloques (5%) en menor proporción, estas partículas son subangulosas, el tipo de roca es granodiorita principalmente, de una matriz gravosa pobremente graduada a bien graduada con un porcentaje de arcilla y arena (GWP-GC), de granos angulosos, con humedad, superficialmente en estado firme, la potencia de material de desmonte se ha estimado entre 3 y 4m.

Considerando las características observadas en campo, los resultados de laboratorio de la matriz del material de desmonte, la bibliografía existente, y

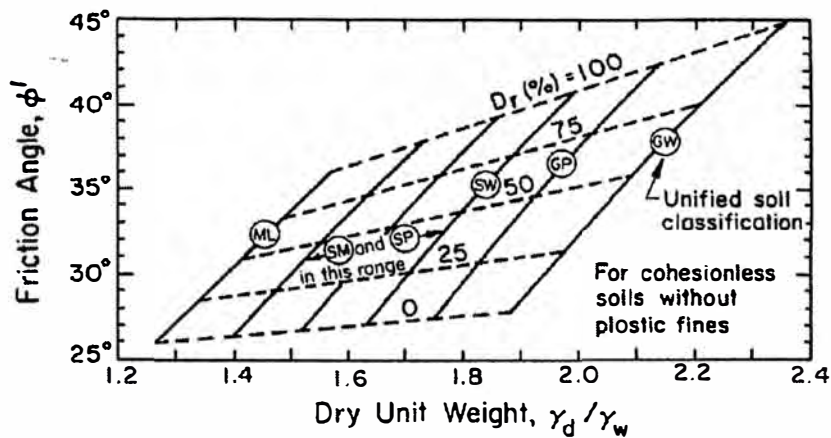
resultados de estudios anteriores de los parámetros de resistencia para el material de desmonte, los valores están indicados en el Cuadro 6.01.

### **6.3 DETERMINACION DE LOS PARAMETROS GEOTECNICOS**

**6.3.1. Material de fundación (Suelo Natural)**, los parámetros mecánicos del modelo Morh-Coulomb, para este tipo de suelo, se ha determinado mediante la evaluación de los resultados de los ensayo de corte directo molde de diámetro 6 cm, realizado a la matriz (SP-SM, material menor a la malla N°4 o 3/8”), el material predominante en la zona de estudio para el material de cimentación es del tipo GW-GM, con intercalaciones de boleos, se ha considerado los valores que se presenta en el cuadro 6.01, como el valor conservador para el análisis de estabilidad de taludes para este tipo de material representativo, ver cuadro N° 5.04 para observar los valores obtenidos en los ensayos indicados.

**6.3.2. Material de desmonte**, la elección de los parámetros del modelo Morh-Coulomb, para el material de desmonte se ha procedido de la siguiente manera, inicialmente se ha realizado ensayos de corte directo a la matriz arenosa del material de desmonte, como segundo paso se ha realizado un ensayo de corte directo a una muestra de roca con discontinuidad simulada, también se ha evaluado la geometría de los taludes encontrados del depósito en las condiciones actuales, cabe mencionar que el depósito presenta alturas iniciales de talud de 40 a 50m de altura con inclinaciones similares al ángulo de reposo (vertido directo del desmonte), en estas condiciones no se ha evidenciado grietas de tensión en la condición estática, siendo el ángulo de reposo de 35°.

Estos valores, así obtenidos con esta característica es solo indicativa y preliminar que sirve para estimar finalmente el valor representativo de la muestra en campo, se ha estudiado la literatura técnica con resultado de ensayo a gran escala además en la figura 6.1, se presenta valores de ángulo de fricción efectiva en función del peso unitario seco, densidad relativa y clasificación de suelo, con todas estas evaluaciones anteriormente descrita y comparando cada uno de los valores obtenidos y observados se ha planteado como parámetros de resistencia del material de desmonte a los valores mostrados en el cuadro 6.01.



**Figura 6.1** Correlación del ángulo de fricción efectiva como función de la clasificación del suelo, densidad relativa y peso unitario seco.

**6.3.3. Macizo Rocoso,** El comportamiento de la masa de la roca depende de las características de la roca intacta y las discontinuidades estructurales (juntas, fracturas y fallas) que comprenden la unidad definida de la masa de la roca. Es muy difícil medir directamente las propiedades de la masa debido a la necesidad del tamaño grande de la muestra. Por ello, las propiedades de la masa de la roca se estiman generalmente utilizando métodos empíricos que relacionan las propiedades de masa de la roca con las propiedades de fractura y de roca intacta las cuales se miden más fácilmente.

La resistencia al corte de la masa de la roca que se requiere para los análisis del equilibrio límite y otros análisis numéricos de estabilidad que evalúan la falla a través de la masa de la roca en lugar de realizarlo a lo largo de las estructuras discretas. La resistencia compresiva uniáxica, la resistencia al corte y la resistencia a la tensión se pueden medir en el laboratorio en muestras de núcleos de roca intacta. Sin embargo, las propiedades derivadas de las pruebas de núcleos en pequeña escala en el laboratorio sólo representan a la roca intacta y no reflejan la influencia del fracturamiento y agrietamiento presentes en la masa de la roca en una escala mayor. Mediante el uso de los sistemas de clasificación de la masa de roca, los cuales incluyen una evaluación de las propiedades de roca intacta, de fracturas y la intensidad del fracturamiento, se pueden derivar estimaciones empíricas de las propiedades de la masa de roca.

Para este estudio, las propiedades de la masa de roca se estimaran utilizándose un enfoque desarrollado por CNI (Cicchini, 1994 & 2000) hace más de 15 años.

El método deriva estimaciones de la resistencia de la masa de la roca mediante una combinación de las resistencias de las fracturas y las resistencias al corte de la roca intacta según el grado de fracturamiento presente en la masa de la roca. Para calcular el grado de fracturamiento, se utiliza la Designación de la Calidad de Roca (RQD de Deere) para cada tipo de roca de ingeniería (o zonas) considerados en el análisis. Conforme incrementa el grado de fracturamiento (RQD inferior), la resistencia de la masa de la roca y el módulo de la masa de la roca disminuyen, ocasionando una masa de la roca más débil y más deformable.

**6.3.4. Estimación de la propiedad de la masa de la roca:** Las propiedades de la masa de la roca son parámetros críticos para el análisis de toda la pendiente. A partir de las correlaciones empíricas de CNI (Cicchini, 1994 & 2000) las resistencias al corte de la roca para el tipo de roca dominante en cada tajo fueron calculadas utilizando los valores promedios de RQD. Para calcular la resistencia al corte de la masa de la roca, las correlaciones empíricas de CNI se basan en parte en la relación propuesta de Bieniawski (1978) para la correlación entre RQD y la relación de la masa de la roca con los módulos de roca intacta.

El enfoque de CNI relaciona directamente la resistencia de la masa de roca con el grado de fracturamiento presente, mediante una combinación de la resistencia de la roca intacta y la resistencia de la fractura natural como función de RQD. A continuación se indica las ecuaciones resultantes para pronosticar el ángulo de fricción de la masa de la roca y la cohesión para RQD menor de 40 a 50 por ciento:

$$\Phi_m = \tan^{-1} [r_\phi^2 \tan(\Phi_i) + (1 - r_\phi^2) \tan \Phi_j]$$

$$C_m = .5 [r_c^2 c_i + (1 - r_c^2) c_j]$$

$$r_c = 0.225e^{0.013RQD} \text{ (cálculo intermedio)}$$

$$r_\phi = 0.475e^{0.007RQD} \text{ (cálculo intermedio)}$$

Donde:

$\Phi_m$  = Ángulo de fricción de la masa de la roca

$C_m$  = Cohesión de la masa de la roca

$\Phi_i$  = Ángulo de fricción de la roca intacta

$c_i$  = Cohesión de la roca intacta

$\Phi_j$  = Ángulo de fricción de la junta

$c_j$  = Cohesión de la junta

Evaluando los datos de resistencia de la roca intacta, el grado de fracturamiento se esta considerando conservadoramente los parámetros de resistencia indicados en el cuadro N° 6.01.

**6.3.5. Muro Gavión,** el muro gavión se ha estimado sus parámetros geotécnicos revisando la literatura técnica, principalmente se ha considerado la información del fabricante Maccaferri, para la determinación del peso unitario del sistema gavión, se está considerando el peso específico de la roca de 2.3 a 2.9 tn/m<sup>3</sup>, con una porosidad de 30 a 40%, según estas características el peso unitario del sistema alcanza 1.5tn/m<sup>3</sup>, para los parámetros de resistencia se ha optado por el criterio utilizado por el fabricante de gaviones, lo que es consistente con la practica para materiales granulares uniformes, en consecuencia el valor de ángulo de fricción se esta considerando conservadoramente en 38°, la cohesión del sistema esta influenciado principalmente por la malla, se presenta una relación empírica para estimar la cohesión del gavión:

$$C_g = 0.03 * P_u - 0.05 \text{ (Kg./m}^2\text{)}$$





Donde:

$P_u$  es peso de la malla por metro cúbico de gavión.

El gavión a utilizar tiene un peso de malla de 7.5 kg/m<sup>3</sup>

Entonces la cohesión del sistema gavión es de 18 KN/m<sup>2</sup>, este valor se ha considera como parámetros de resistencia.

**Cuadro 6.01. Parámetros Geotécnicos para el Análisis de Estabilidad de Taludes del Depósito de Desmonte.**

Suelo o Material	$\gamma_t$ KN/m <sup>3</sup>	$\gamma_{sur}$ KN/m <sup>3</sup>	$c$ KN/m <sup>2</sup>	$\phi(^{\circ})$
1: Suelo Natural 	20	21	0	40
2: Desmonte 	21	22	0	36
3: Macizo Rocoso 	27	28	50	36
4: Gavión 	15	16	18	38

## CAPITULO VII

### ANALISIS DE ESTABILIDAD FISICA Y DISEÑO DE TALUDES

#### 7.1 METODO DE CÁLCULO

Para el análisis de la estabilidad de los taludes se ha utilizado la sección transversal de la topografía actual y posteriormente proyectada para el Depósito de desmontes "Piedra Grande II" y el programa de cómputo SLIDE (Rocscience Inc, 1989-2003) versión 5. Este programa de cómputo permite hacer el análisis de estabilidad de taludes a través del cálculo del Factor de Seguridad. Es un programa completamente integrado, permite desarrollar la geometría del talud interactivamente y realiza el análisis de estabilidad taludes de deslizamiento circular y no circular en suelos o rocas con diferentes métodos, tales como el método de Bishop Simplificado, Janbu, Spencer, GLE/Morgenstern-Price y otros métodos de análisis.

El análisis para calcular el Factor de Seguridad se lleva a cabo bidimensionalmente usando el concepto de equilibrio límite y empleando diversos métodos. El programa puede ser usado para determinar la superficie circular o no circular potencial de falla más crítica, correspondiendo esto a un menor factor de seguridad del análisis del talud.

Este programa está diseñado para manipular:

- Sistemas homogéneos o heterogéneos del suelo.
- Propiedades anisotrópicas de resistencia de suelos.
- Reforzamiento de taludes y anclajes.
- Envolvente de resistencia Mohr-Coulomb, no lineal, Barton, Hoek y otros modelos de resistencia.
- Presiones de poros del agua para el análisis de esfuerzos efectivos, usando:

Superficies freáticas

- Factor  $R_u$ , presión de poros como fracción de la presión vertical total del terreno dentro del talud
  - Presión de poros del agua constante
- Carga pseudo-estática
  - Sobrecarga actuantes sobre taludes.
  - Generación automática y análisis de un número limitado de superficies de falla circulares, no circulares y en forma de bloques.
  - Análisis probabilístico y determinístico de estabilidad de taludes.
  - Unidades tanto en el sistema internacional, como el sistema ingles.

## 7.2 FACTORES DE SEGURIDAD MINIMOS

Para el caso de presas de tierra el U.S. Corp of Enginners propone que los factores de seguridad mínimos requeridos para considerar un talud estable, son aquellos propuestos en el Cuadro 7.01.

**Cuadro 7.01. Factores de Seguridad Mínimos para Análisis de Estabilidad en Presas de Tierra.**

CONDICION	Talud Aguas Arriba	Talud Aguas Abajo
I) Al final de la construcción para presas de mas de 15m.	1.3	1.3
II) Estado de infiltración constante	--	1.5
III) Desembalzo rápido	1.5	--
IV) Sismo - Solo condiciones I y II	1.0	1.0

Si se considera al depósito de desmonte como una estructura cuyo comportamiento bastante similar al de una presa de tierra para almacenamiento de agua, en la condición "final de la construcción, entonces se puede concluir que los factores de seguridad arriba indicados pueden servir como parámetros comparativos para la evaluación del comportamiento estático y pseudo estático de los taludes del depósito de desmonte.

### 7.3 CONDICIONES DE ANALISIS

Para llevar a efecto el análisis de estabilidad se consideraron las siguientes condiciones de análisis:

- Inicialmente, no se ha realizado análisis de cimentación del depósito de desmonte, ya que sus características topográficas, la falla más probable será por deslizamiento que por asentamiento, ya que el espesor del desmonte será máximo de 4m y la cobertura de suelo tiene 1m de espesor y debajo se encuentra la roca firme, es decir, la carga máxima es mínima y la capacidad portante de la roca es alta, por lo que es improbable que tenga efecto de compresión por el peso del desmonte.
- Se ha considerado una sección de análisis, cuya ubicación en planta y perfiles se presentan en la lámina N° 03. Esta sección está considerada como crítica y representativa del depósito de desmonte.
- Se ha analizado la condición actual del talud del depósito de desmontes de dicha sección. La inclinación actual del Depósito presenta un talud que varía de 35° a 45° de inclinación y con espesuras de desmonte variables que varían de 3.0m, localizado en la zona superior, a 4.0 m. de potencia localizado en el pie del talud.
- En el perfil analizado se considera los siguientes tipos de materiales: el suelo de la cimentación, el macizo rocoso, el material de desmonte y el material de los gaviones proyectados a colocarse.
- En los taludes se ha empleado un muro de contención compuesto por gaviones de 4 m de alto y de 3 m de ancho y el talud final del depósito de desmontes no será mayor de 32°.
- Se consideran que las propiedades de los materiales que conforman el perfil del talud son homogéneos e isotrópicos y que la ruptura del talud se produciría como resultado de fallas simultáneas y progresivas a lo largo de la superficie de deslizamiento.



- Las propiedades de resistencia cortante de los materiales participantes y el suelo de cimentación son las presentadas en el Cuadro 6.01.
- Se considera un solo tipo de falla, superficie circular, que es características en taludes falladas en depósitos de desmontes. El método de análisis de falla circular adoptado es el de Bishop Simplificado que se encuentra implementado en el programa de cómputo SLIDE.
- Se ha evaluado la estabilidad del talud considerando cada uno de los cuerpos del depósito de desmonte “Piedra Grande II”.
- Los resultados del análisis se presentan en términos de superficie potenciales de falla. La superficie crítica de deslizamiento es aquella que proporciona el menor factor de seguridad. En el Anexo H se presentan los reportes de los análisis de estabilidad del programa SLIDE.
- Se ha tratado de representar las condiciones reales de campo, es decir, se incluyen el efecto gravitatorio de los diferentes materiales y el efecto sísmico a través del análisis seudo estático. En este sentido, el coeficiente sísmico de diseño adoptado es de 0.22 g, a partir del análisis de los parámetros sismológicos presentados en el capítulo correspondiente.

#### **7.4. ANALISIS DEL TALUD DEL DEPÓSITO DE DESMONTE**

Se han realizado los análisis de estabilidad de los taludes para determinar el *Factor de Seguridad* en condiciones estáticas y seudo estáticas teniendo en cuenta las condiciones proyectadas del talud del Depósito de desmonte, “Piedra Grande II”.

El cuadro 7.02 muestra los resultados del análisis de estabilidad considerando las condiciones inicial y proyectada para la sección considerada.

**Cuadro 7.02. Análisis de Estabilidad de Taludes del Depósito de Desmonte  
Condiciones proyectadas**

SECCIÓN	LUGAR	CONDICION DE ANÁLISIS	FACTOR DE SEGURIDAD EN CONDICION PROYECTADA	FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO ACEPTABLE
A-A	SUPERIOR	Estática	1.903	1.3
		Seudo-Estática a=0.22	1.288	1.0
A-A	INFERIOR	Estática	1.615	1.3
		Seudo-Estática a=0.22	1.063	1.0

(Ver Anexo H: Reportes de Análisis de Estabilidad - Slide)

De acuerdo a los resultados del análisis de estabilidad mostrado en el Cuadro 7.02 la condición de los taludes es estable, donde los *Factores de Seguridad* son mayores que los mínimos recomendados, en consecuencia el talud garantiza la estabilidad del depósito de desmonte proyectado.

## 7.5. CARACTERISTICAS GEOMETRICAS FINALES

En consecuencia los taludes del depósito de desmonte "Piedra Grande II" ha quedado definida por:

- Un muro gavión de 4 m de alto por 4 m de ancho, al pie de cada uno de los bancos de desmonte.
- El talud final del desmonte será de 32°
- Las altura de los bancos esta definida por las plataformas existentes.

Teniendo las siguientes características geométricas finales:

Banco Superior	
En el talud, distancia horizontal	47.5 m
En el talud, distancia vertical	30.0 m
Altura del desmonte	3.0 m
Ancho del depósito	32.5 m
Longitud del muro gavión	32.0 m
Banco Inferior	
En el talud, distancia horizontal	52.9 m
En el talud, distancia vertical	35.0 m
Altura del desmonte	3.0 m
Ancho del depósito	22.5 m
Longitud del muro gavión	28.0 m

Los volúmenes del depósito de desmonte, se resumen de la siguiente manera:

Volúmenes de Depósito de desmonte "Piedra Grande II"	
Muro banco superior	320.0 m <sup>3</sup>
Desmonte banco superior	3,080.0 m <sup>3</sup>
Muro banco Inferior	280.0 m <sup>3</sup>
Desmonte banco inferior	3,750.0 m <sup>3</sup>
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>	<b>7,160.0 m<sup>3</sup></b>

## **CAPITULO VIII**

### **MEMORIA DESCRIPTIVA DE LAS OBRAS PARA GARANTIZAR LA ESTABILIDAD DEL DEPÓSITO DE DESMONTE**

#### **8.1. GENERALIDADES**

Las estructuras de ingeniería necesarios para el diseño que garanticen la estabilidad física e hidrológica del depósito de desmonte "Piedra Grande II" para el autosostenimiento del mismo, se describen a continuación.

Para la estabilización física y establecimiento de la forma del terreno, se han proyectado la instalación de muros reforzados con gavión, para el caso de el establecimiento de la forma del terreno esta se plantea la conformación de taludes con inclinación no mayor de 32°, la cual aporta a la estabilidad del depósito.

Para la estabilidad hidrológica del área del depósito, se plantea sistemas superficiales de colección de flujos de precipitación, conducción y descarga para evitar erosiones de los taludes que causen desestabilización.

#### **8.2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE ESTABILIDAD FÍSICA**

##### **8.2.1. Estructuras de contención**

El muro gavión se construirá para asegurar, que el material del depósito de desmonte no tenga segregación y quede asegurado dentro del mismo, se ha considerado un muro de 4.00m de altura, cuya base será de 3.0m, el diseño representativo se presenta en la lámina N° 04, Disposición General, donde se muestran los detalles del muro de contención.

El Muro gavión se construirá en cada uno de los dos bancos existentes, se sostendrán en las plataformas actuales, tendrán una longitud de 25.00m y de 22.0m, para el banco superior e inferior respectivamente, las piedra para rellenar los gaviones serán las partículas de 6" a 12", provenientes del mismo material de desmonte, previa selección.

En el plano de detalles de contención se presenta las coordenadas de inicio y termino del muro de gavión así como las cotas de terreno natural, para obtener los cortes de cimentación.

En el anexo I se presenta la memoria de cálculo y justificación de las dimensiones del muro gavión.

### **8.2.2. Conformación de taludes de estabilidad**

Los taludes proyectados según los análisis de estabilidad presentaban factores de seguridad adecuados para garantizar su funcionalidad, entonces el talud formado presentará una inclinación de 32°, que se conformara, con el vertido directo del desmonte y con rebaje manual del talud, para lo cual, se tomarán todas las precauciones de seguridad necesarias.

(Ver Lámina N° 05, Sección Típica)

Se realizara un refine y nivelación de tal manera de obtener los taludes de diseño, las piedras grandes expuestas se extraerán para evitar caídas y/o accidentes y para tener una superficie uniforme.

## **8.3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRAULICAS**

### **8.3.1 Generalidades**

El estudio de drenaje comprende la proyección de una red de drenaje para que se evacue las aguas superficiales que probablemente discurren sobre el área de influencia del depósito, para de esta forma mejorar la estabilidad a los taludes evitando la saturación del material. En este sentido, para la evacuación de las aguas superficiales se plantea estructuras adecuadas para cumplir tal propósito, las mismas que serán descritas a continuación.

Para el drenaje de aguas de escorrentía de la cabecera del depósito de desmonte, se ha proyectado la construcción de un canal de coronación. Para las aguas que discurrirán por la superficie del talud del depósito se proyectan canales de recolección.

Los canales de recolección serán construidas en las bermas del talud junto al muro de contención (gavión) a construirse y evacuaran las aguas recolectadas a los canales de coronación.

En la lámina N° 04: Disposición General, se presenta la ubicación y detalles de las obras hidráulicas proyectadas.

### 8.3.2. Canal de Coronación

Para captar las aguas de escorrentía de la cabecera del depósito de desmonte se ha proyectado la construcción de un canal de coronación en la periferia del depósito estabilizado, al final de la construcción. Para determinar el caudal de diseño de este canal se ha calculado el caudal de escorrentía, asumiendo que la máxima precipitación en 24 sea del 10% del total de la precipitación promedio.

Por el método racional se ha calculado el caudal que servirá para dimensionar este canal, 0.354 m<sup>3</sup>/seg, siendo que el canal proyectado, puede llevar hasta el doble de dicho caudal.

En el Cuadro 8.01 se indica la sección para el canal de coronación.

**Cuadro 8.01. Dimensiones de los Canales de Coronación**

Tramo	Sección	Base (m.)	Altura (m.)
Canal de Coronación	Rectangular	0.40	0.40

Los canales de coronación serán revestidos con piedra emboquilla con mortero de 0.15 m espesor. En general, la sección del canal de coronación será de sección rectangular, ver Figura 8.1, y se proyectarán con una pendiente mínima de 1.0%.

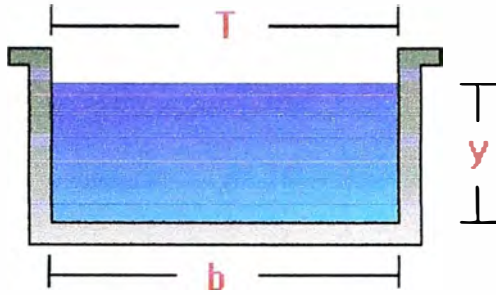


Figura 8.1. Sección Típica del Canal Rectangular

De acuerdo a la visita de campo, se constato que la topografía presenta pendientes fuertes, ante esa posibilidad, se tendrá que realizar ajustes en cuanto al tipo de suelo por donde cruzara el canal. Las dimensiones se especifican en la lámina N° 04: Disposición General. Para el diseño del canal de coronación, de sección rectangular, se ha tenido en cuenta una eficiencia del 75% y se utilizó el programa de cómputo HCanales.

Por el calculo hidráulico, se observa que la velocidad del flujo es mayor a 4.00 m/s, por tanto se garantiza que no habrá sedimentación, ni erosión en la caja del canal de coronación y cunetas.

### 8.3.3. Canal de Recolección

Se ubicarán en la parte posterior e inferior de los muros de gavión. considerando el estudio hidrológico para el área de coleccion 0.130 y 0.099 Hás asignadas a los bancos superior e inferior del depósito respectivamente, le corresponde un caudal de aporte del orden 0.006 y 0.005 m<sup>3</sup>/s, en ese mismo orden, de esta forma se ha proyectado un canal triangular de 300 mm de profundidad con 1% de pendiente. El caudal de aporte ha sido calculado considerando los caudales pico de los terraplenes, según el Método Racional. Estas cunetas serán de piedra emboquillada con mortero. En el Cuadro 8.02 se indican las características geométricas de la cuneta de recolección. La geometría del diseño se detalla en la lámina N° 04: Disposición General.

**Cuadro 8.02. Dimensiones de los Canales de Recolección**

<b>Zona</b>	<b>Sección</b>	<b>Base (m.)</b>	<b>Altura (m.)</b>	<b>Talud izquierdo</b>	<b>Talud derecho</b>
Canal de Recolección 1 (Banco Superior)	Trapezoidal	0.00	0.30	1/1	1/1
Canal de Recolección 2 (Banco Inferior)	Trapezoidal	0.00	0.30	1/1	1/1



## **CAPITULO IX**

### **PROGRAMA DE MONITOREO GEOTECNICO**

#### **9.1. GENERALIDADES**

Los monitoreos permiten evaluar la efectividad de las operaciones actuales y rehabilitaciones progresivas así como establecer medidas de cierre y rehabilitación definitiva, estos monitoreos lleva también a proveer sistemas de alerta ante peligros y plantear medidas correctivas o alternativas para verificar las expectativas de metas a alcanzar.

Los datos obtenidos de un programa de monitoreo permiten determinar un amplio rango de valores aceptables para un sitio en particular donde es monitoreado.

El monitoreo puede direccionarse en estabilidad física que incluye los efectos de las condiciones estáticas y dinámicas del depósito de desmontes.

#### **9.2. MONITOREO DE ESTABILIDAD FISICA**

##### **9.2.1. Introducción**

Durante la fase de ejecución de una infraestructura minera o durante su periodo de operación y cierre de minas, puede surgir la necesidad de monitoreos geotécnicos de los materiales que interactúan con dicha estructura, sean estos materiales de soporte, como suelos de fundación o materiales que forman parte de su entorno, como el caso de taludes o laderas naturales que según su grado de estabilidad pueden representar una amenaza a poblaciones o estructuras cercanas. La puesta en marcha de un monitoreo en particular, depende del grado de seguridad que se requiera para la inversión realizada y para sus usuarios, así como de los parámetros geotécnicos que se deseen evaluar, sean estos deformaciones, presión de poros, esfuerzos totales, entre otros.

### 9.2.2. Objetivos

Los objetivos de un programa de monitoreo de estabilidad física del talud de depósito de desmonte son:

1. Proporcionar información geotécnica para analizar los mecanismos de desplazamiento de la pendiente, designar medidas correctivas apropiadas, y realizar futuros rediseños de la pendiente.
2. Proporcionar un aviso anticipado de la inestabilidad de tal manera que los planos de la mina puedan ser modificados y así minimizar el impacto del desplazamiento de la pendiente.

### 9.2.3. Alcances

En el caso de este estudio se plantea un plan de monitoreo el cual comprende la etapa de monitoreo de operación del depósito de desmonte

Durante este monitoreo se propone una evaluación de monitoreo anual que será realizado por un Ing. Especialista con experiencia en Geotecnia, el cual consistirá en una evaluación de los datos obtenidos durante este periodo, tal como la deformación del depósito de desmonte, desplazamiento de los taludes. Entre tanto, la empresa minera deberá hacer una toma de datos trimestral de monitoreo visual de los desplazamiento de los taludes, el ancho de las bermas y grado de humedecimiento, según sea el caso.

### 9.2.4. Monitoreos propuestos

En los trabajos de campo para establecer la data de los monitoreos se proponen las siguientes acciones.

**Monitoreo visual**, este se ejecutara realizando un recorrido a lo largo de todo el depósito de desmonte observando el pie y la cresta, en el pie se observara el grado de humedecimiento, de toda el área así como la verificación de los flujos y estados de los canales y drenes, en la zona de

cresta se observara la formación de grietas de tensión que indiquen principios de deslizamientos.

**Monitoreo topográfico**, este monitoreo se realizara con equipo de estación total se ha proyectado la instalación de ocho puntos de control topográfico, las cuales sus coordenadas UTM con el Datum PSAD 56, se presenta en el cuadro 9.01, así mismo estos puntos se deberán replantear con respecto de los puntos de control geodesico de primer orden a monumentarse, estos puntos se presentan en el cuadro 9.02, estos puntos se visualizan en la lámina N° 06: Monitoreo Geotécnico.

**Cuadro 9.01 Puntos fijos de control Topográfico dentro depósito de desmonte**

Puntos	Coordenadas UTM		
	Norte	Este	Cota
P-1	8'271,915.4	613,503.0	2,885.0
P-2	8'271,895.8	613,492.4	2,885.0
P-3	8'271,938.4	613,472.7	2,858.5
P-4	8'271,919.3	613,460.9	2,858.5
P-5	8'271,940.3	613,466.9	2855.0
P-6	8'271,929.6	613,459.4	2,855.0
P-7	8'271,967.6	613,427.2	2,824.5
P-8	8'271,949.5	613,418.8	2,824.5

**Cuadro 9.02 Puntos fijos de control geodésico fuera de depósito de desmonte**

Puntos	Coordenadas UTM		
	Norte	Este	Cota
G-1	8'271,971.0	613,490.5	2,867.5
G-2	8'271,992.4	613,447.5	2,834.8

#### *Controles topográficos*

El monitoreo de las miras prismáticas con una estación total proporcionará un registro detallado del movimiento en términos de

direcciones y velocidades de desplazamientos registrados en áreas inestables. El plano que se prefiere es aquel que contiene estaciones de instrumentos, estaciones de visualización inversa, estaciones de referencia en terreno estable y un conjunto de miras prismáticas en el área inestable.

Es esencial el establecimiento de estaciones de instrumentos estables y protegidas a partir del cual se realiza el reconocimiento. Se debe evitar el uso de trípodes. Se debe fabricar y fijar encima de un hito de concreto de nivel o poste metálico una placa plana con un tornillo de fijación enroscado para aceptar el tribraquio en la estación total. Los protectores se deben construir alrededor de las estaciones de los instrumentos con la finalidad de proteger los instrumentos y operadores de los efectos adversos causados por el sol y aire.

Las visualizaciones inversas pueden ser tomadas en otras estaciones de instrumentos o en puntos de referencia fuera del Depósito. Además de la visualización inversa, cada estación de instrumentos debe tener un punto de referencia en terreno estable. Este punto de referencia se utiliza para verificar la estabilidad de la estación de instrumentos y calibrar el equipo. En lugar de hacer correcciones atmosféricas cada vez que se instale el instrumento, se debe fijar un prisma en el punto de referencia y en el equipo calibrado para obtener la misma distancia que la instalación anterior. Debido a que las medidas de los desplazamientos son relativas, la reproducibilidad tiene mayor importancia que las distancias y elevaciones absolutas.

La manera más exacta de reconocer los puntos prismáticos del monitoreo es instalando los instrumentos de acuerdo con el vector predominante de desplazamiento. Esta técnica toma ventaja del hecho que la medición de la distancia del equipo es más exacta que la medición del ángulo.

## CAPITULO X

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 10.1. CONCLUSIONES

Según las investigaciones de campo, laboratorio se puede concluir en lo siguiente:

- En los trabajos de campo se han encontrado dos tipos de suelos característicos, las cuales definen el comportamiento de la estabilidad del talud del depósito de desmonte "Piedra Grande II", estos van desde gravas mal gradadas con arcilla y arena adicionadas un 30% de material mayor de 3" con una potencia de hasta 4 m, debajo de la cual se encuentra el suelo de cobertura, y que corresponde a una clasificación tipo grava mal gradada con limo y arena, con una profundidad de hasta 1.50, debajo del cual se encuentra el macizo rocoso y que corresponde a la granodiorita existente en toda la zona del depósito de desmonte.
- Se han realizado excavaciones y ensayos in situ tales como el ensayo de penetración dinámica ligera y la evaluación de la densidad de campo por el método de cono de arena y peso volumétrico.
- Se ha definido las propiedades de cada uno de los componentes del modelo del talud para su evaluación de estabilidad mediante equilibrio limite, estos se han determinado mediante la realización de ensayos de laboratorio, evaluación de materiales similares y de la información técnica disponible actualmente en el mundo.
- Para el análisis de estabilidad física del Depósito de Desmonte en condiciones pseudoestáticas se considera un valor de aceleración básica de diseño de horizontal de 1/2 de Aceleración Máxima del Terreno o sea 0.22g como el valor del coeficiente para el análisis pseudoestático.

- Según los análisis de estabilidad realizados, los taludes proyectados presentan factores de seguridad aceptables para garantizar la estabilidad del depósito de desmante.
- Se ha proyectado la construcción de un muro de contención tipo gavión, de 4 m de altura, que irá en la parte inferior de cada banco de desmante.
- Se han proyectado la instalación y replanteo de ocho puntos de control topográfico, para evaluar los desplazamientos de los taludes y muro tipo gavión y prevenir cualquier eventualidad, mediante la evaluación de los desplazamientos relativos.
- La capacidad del Depósito de Desmante, es de 7,160 m<sup>3</sup>.
- Este informe sólo es válido para el depósito de desmante "Piedra Grande II"

## **10.2. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda tener pendientes adecuadas para evacuar lo más rápido posible el agua de las precipitaciones y disminuir el grado de infiltración el sistema de cobertura superficial.
- Se recomienda cumplir todos los puntos para asegurar una evaluación adecuada de la estabilidad y adecuación al medio ambiente del depósito de desmante.

## **REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS**

**ICOLD/UNEP**, 1996. A guide to tailings Dams and impoundments

**AUSTRALIAN ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY**, 1995. Enviromental Monitoring and Performance. Part of the Best Practice Environmental management in Mininng series.

**PETERS, T.H.**, 1984 Rehabilitation of Mine tailings: A Case of complete Ecosystem reconstruction and Revegetation of Industrially Stressed lands in the Sudbury Area, Ontario canada.

**USEPA**, 2004 Draft Technical Guidance for RCRA/CERCLA final cover, Washington DC.

# **ANEXOS**



**Anexo A**  
**Datos Meteorológicos**

**PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS - ESTACIÓN YANAQUIHUA  
COMPAÑÍA MINERA CARAVELÍ S.A.C.**

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

LAT. : -

DPTO. : AREQUIPA

LONG. : -

PROV. : CONDESUYOS

ALT. : 3150 msnm.

DIST. : YANAQUIHUA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Pmáx (mm)
1995	6.5	0	8.2	0					0.1			0	8.20
1996	3.6	4	0.4	0				0				2	4.00
1997	5.1	4.4	7.3	0				2.3	1			1.3	7.30
1998	12	5.7	1.6	0.1		0.7						3.6	12.00
1999	4	15.1	6.4	0.1						0.5		0.2	15.10
2000	10.8	5.4	4.6	0.1						0.2		0	10.80
2001	4.1	15.6	9.5	1.4								0	15.60
2002	2.3	8.9	2.8	1		0	1.3					0.3	8.90
2003	0.1	2.7	2.2	0	0.2							0.3	2.70
2004	4.1	1.9	0.5	0			1.2						4.10
<b>Pmáx(mm)</b>	12.00	15.60	9.50	1.40	0.20	0.70	1.30	2.30	1.00	0.50	0.00	3.60	

# **Anexo B**

## **Cálculos hidrológicos**

**A. PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS**

**A.1 CALCULO ESTADÍSTICO**

ANO	P	Log P
1995	8.20	0.914
1996	4.00	0.602
1997	7.30	0.863
1998	12.00	1.079
1999	15.10	1.179
2000	10.80	1.033
2001	15.60	1.193
2002	8.90	0.949
2003	2.70	0.431
2004	4.10	0.613
$\mu =$	9.56	0.918
$\sigma =$	4.737	0.272
c.a. =	-0.164	-0.939
k =		-0.157
n =	8	

**A.2. Precipitaciones Máximas Extremas en 24 hrs**

**A.2.1. Distribución Normal**

T (años)	P	w	z	P (mm)
2	0.5000	1.177	0.000	9.56
5	0.2000	1.794	0.841	13.55
10	0.1000	2.146	1.282	15.63
20	0.0500	2.448	1.645	17.36
25	0.0400	2.537	1.751	17.86
50	0.0200	2.797	2.054	19.29
100	0.0100	3.035	2.327	20.58
150	0.0067	3.166	2.475	21.29
500	0.0020	3.526	2.879	23.20

**A.2.2. Distribución Log Normal**

T (años)	P	w	z	Log P	P (mm)
2	0.5000	1.177	0.000	0.918	8.27
5	0.2000	1.794	0.841	1.146	14.01
10	0.1000	2.146	1.282	1.266	18.45
20	0.0500	2.448	1.645	1.365	23.16
25	0.0400	2.537	1.751	1.394	24.75
50	0.0200	2.797	2.054	1.476	29.92
100	0.0100	3.035	2.327	1.550	35.49
150	0.0067	3.166	2.475	1.590	38.94
500	0.0020	3.526	2.879	1.700	50.12

A.2.3. Distribución Log Pearson III

T	(años)	P	w	z	K <sub>T</sub>	Log P	P (mm)
2		0.5000	1.177	0.00	0.153	0.959	9.10
5		0.2000	1.794	0.84	0.850	1.149	14.06
10		0.1000	2.146	1.28	1.139	1.227	16.87
20		0.0500	2.448	1.65	1.341	1.282	19.15
25		0.0400	2.537	1.75	1.395	1.297	19.80
50		0.0200	2.797	2.05	1.534	1.335	21.60
100		0.0100	3.035	2.33	1.643	1.364	23.13
150		0.0067	3.166	2.48	1.696	1.379	23.92
500		0.0020	3.526	2.88	1.821	1.413	25.86

A.2.4. Distribución Extrema Tipo I- Gumbel

T	(años)	K <sub>T</sub>	P (mm)	P Corregida (mm)
2		-0.1643	8.78	9.84
5		0.7195	12.97	14.53
10		1.3046	15.74	17.63
20		1.8658	18.40	20.61
25		2.0438	19.24	21.55
50		2.5923	21.84	24.46
100		3.1367	24.42	27.35
200		3.6791	26.99	30.23
500		4.3947	30.38	<b>34.03</b>
1000		4.9355	32.94	36.90
10000		6.7312	41.45	46.42

## ESTACIÓN YANAQUIHUA

### C. Precipitaciones de diseño para duraciones menores a 24 horas

P (Tr=500 años) = 34.03 mm

D (min)	D (horas)	P (mm)	I (mm/hr)
5	0.08	8.26	42.32
10	0.17	9.82	27.92
15	0.25	10.87	21.89
20	0.33	11.68	18.42
30	0.50	12.93	14.44
40	0.67	13.89	12.15
50	0.83	14.69	10.63
60	1.00	15.37	9.53
90	1.50	17.01	7.47
120	2.00	18.28	2.71
240	4.00	21.74	1.87
360	6.00	24.06	1.63
420	7.00	25.01	1.59
480	8.00	25.85	1.75
600	10.00	27.34	1.92
660	11.00	28.00	1.86
720	12.00	28.61	1.80

### MÉTODO RACIONAL

Para Tc <10 min

<b>dmin=</b>	<b>10.000</b>	<b>min</b>	<b>Q = 0.278*C*I*A</b>
--------------	---------------	------------	------------------------

$$P(10\text{min}) = (d_{\text{min}}/1440)^{0.25} * P_{\text{max}}(24\text{horas})$$

$$P(10\text{min}) = 9.82$$

$$C = 0.600$$

$$P_{\text{max}} = 34.03 \text{ mm}$$

<b>Zona</b>	<b>Area (Km2)</b>	<b>I (mm/hr)</b>	<b>Q (m3/s)</b>
Canal de Recolección 1	0.0013	27.92	0.006
Canal de Coronación 2	0.0010	27.92	0.005
Canal de Coronación	0.0760	27.92	0.354

**Anexo C**  
**Sondajes DPL**

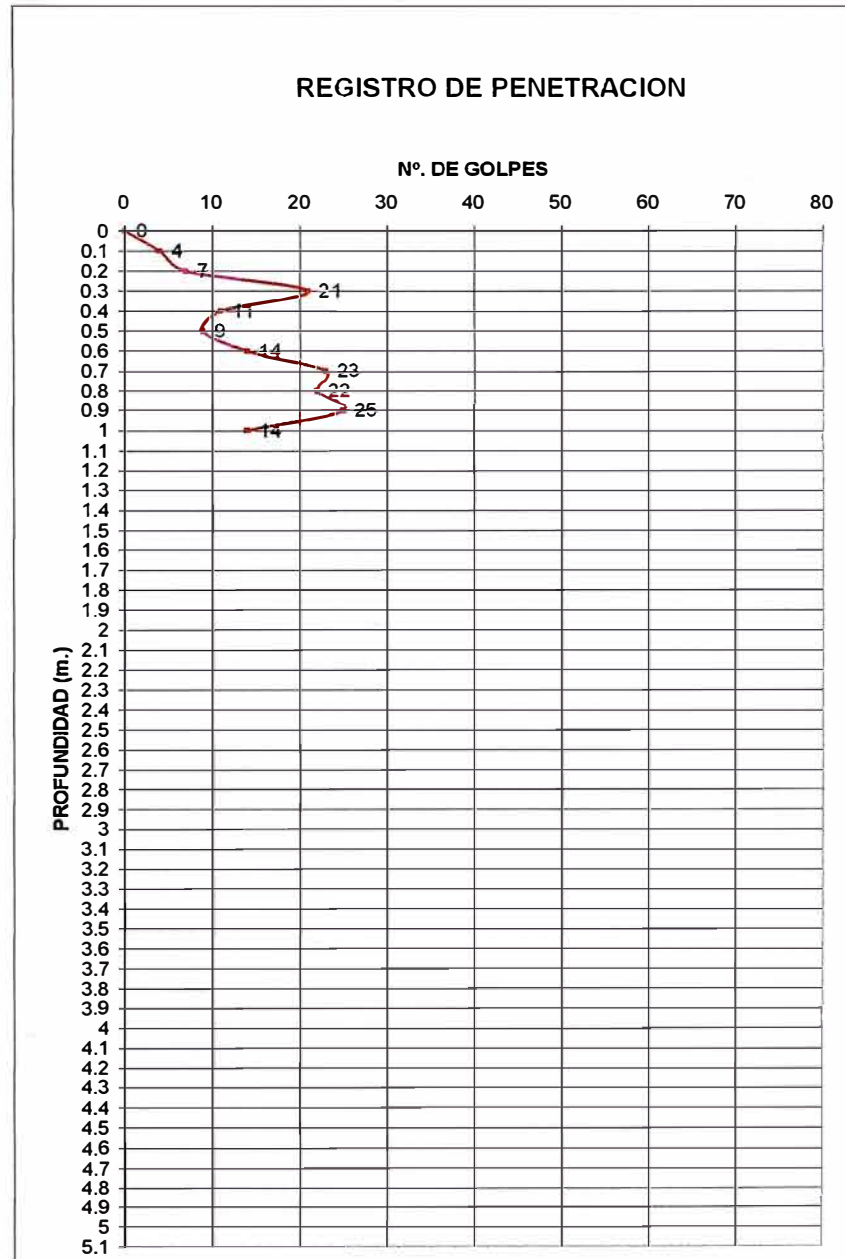


**ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA LIGERA MODIFICADA**

PROYECTO : BOTADERO DE DESMONTE PIEDRA GRANDE II  
 PROPIETARIO : CIA MINERA CARAVELI S.A.C.  
 UBICACIÓN : U.P. TAMBOJASA - HUANUHUANU - CARAVELI - AREQUIPA  
 DPL N° : DP - 1 (TR-1)  
 FECHA : FEBRERO 2006

Prof.	N
0	0
0.1	4
0.2	7
0.3	21
0.4	11
0.5	9
0.6	14
0.7	23
0.8	22
0.9	25
1	14
1.1	
1.2	
1.3	
1.4	
1.5	
1.6	
1.7	
1.8	
1.9	
2	
2.1	
2.2	
2.3	
2.4	
2.5	
2.6	
2.7	
2.8	
2.9	
3	
3.1	
3.2	
3.3	
3.4	
3.5	
3.6	
3.7	
3.8	
3.9	
4	
4.1	
4.2	
4.3	
4.4	
4.5	
4.6	
4.7	
4.8	
4.9	
5	
5.1	

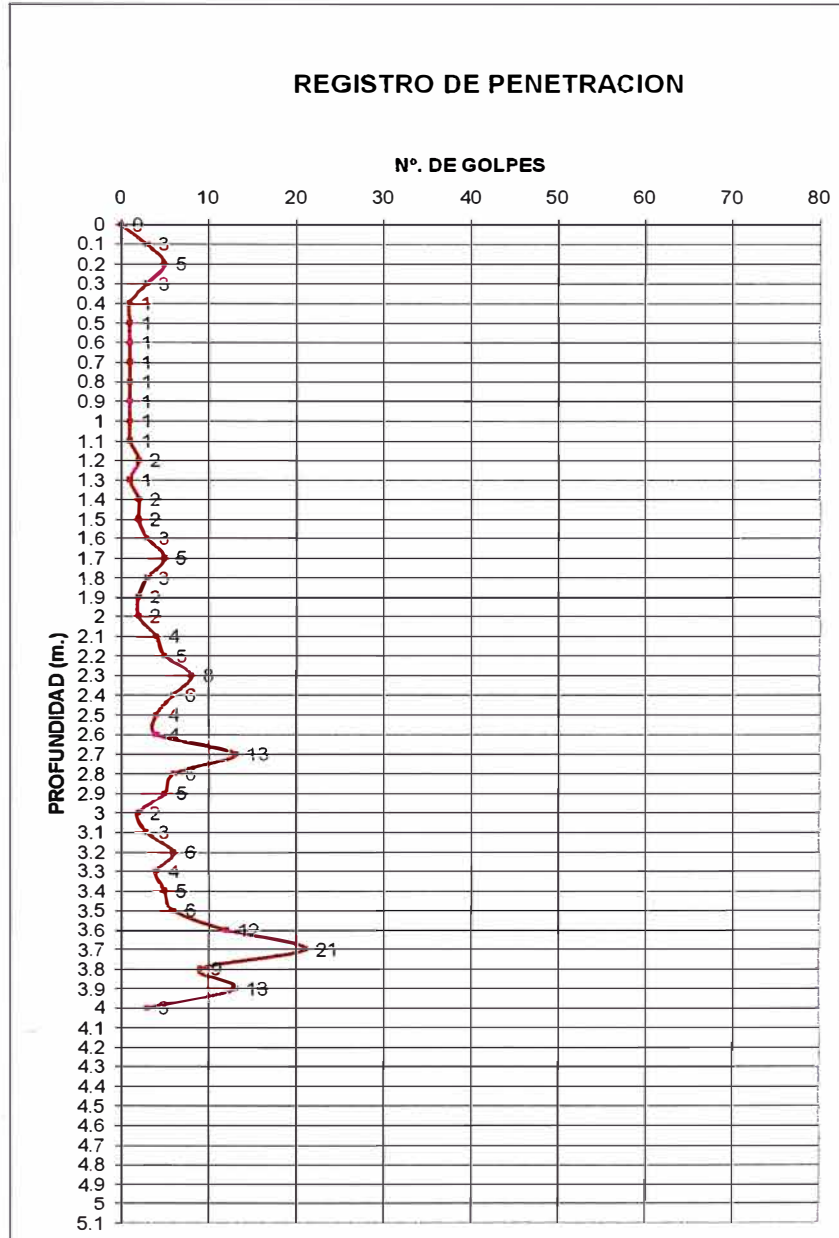
REBOTE



**ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA LIGERA MODIFICADA**

**PROYECTO :** BOTADERO DE DESMONTE PIEDRA GRANDE II  
**PROPIETARIO :** CIA MINERA CARAVELI S.A.C.  
**UBICACIÓN :** U.P. TAMBOJASA - HUANUHUANU - CARAVELI - AREQUIPA  
**DPL N° :** DP - 2 (Desmonte)  
**FECHA :** FEBRERO 2006

Prof.	N
0	0
0.1	3
0.2	5
0.3	3
0.4	1
0.5	1
0.6	1
0.7	1
0.8	1
0.9	1
1	1
1.1	1
1.2	2
1.3	1
1.4	2
1.5	2
1.6	3
1.7	5
1.8	3
1.9	2
2	2
2.1	4
2.2	5
2.3	8
2.4	6
2.5	4
2.6	4
2.7	13
2.8	6
2.9	5
3	2
3.1	3
3.2	6
3.3	4
3.4	5
3.5	6
3.6	12
3.7	21
3.8	9
3.9	13
4	3
4.1	
4.2	
4.3	
4.4	
4.5	
4.6	
4.7	
4.8	
4.9	
5	
5.1	

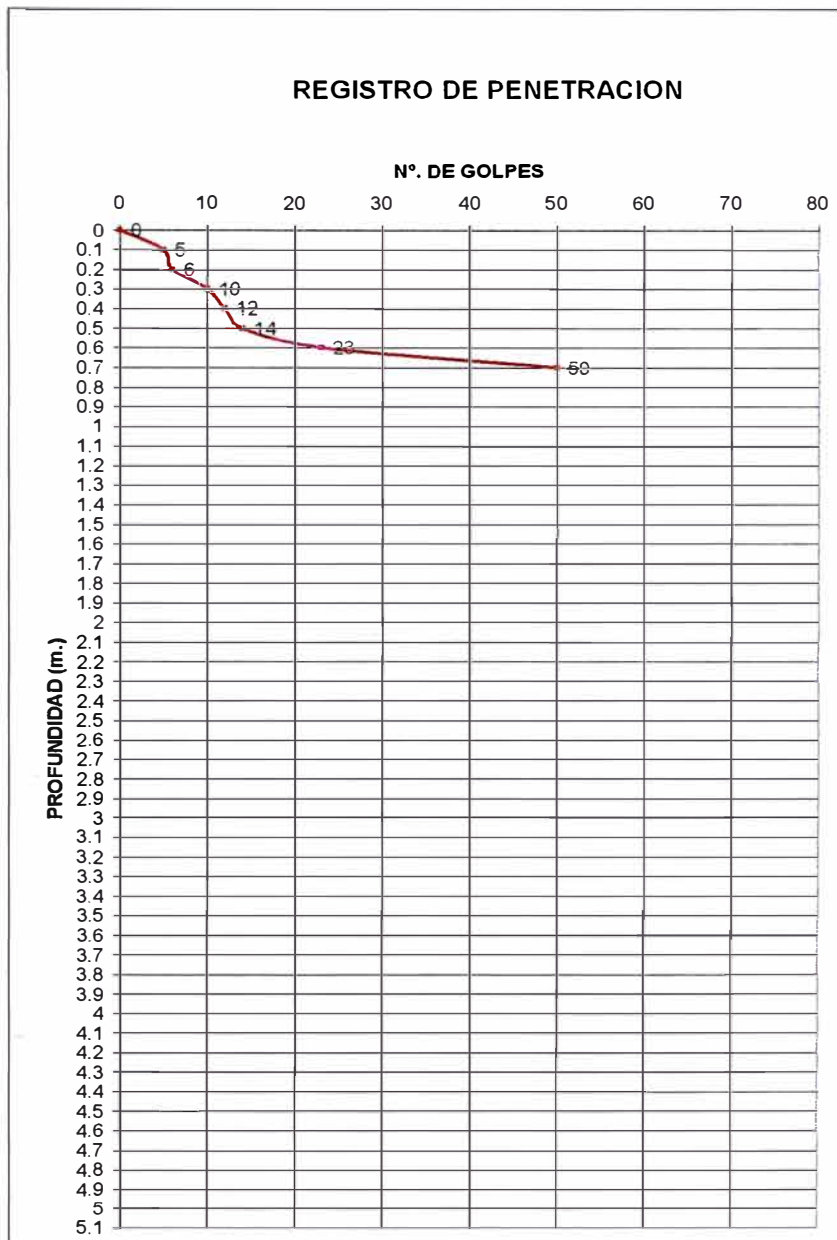


### ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA LIGERA MODIFICADA

**PROYECTO :** BOTADERO DE DESMONTE PIEDRA GRANDE II  
**PROPIETARIO :** CIA MINERA CARAVELI S.A.C.  
**UBICACIÓN :** U.P. TAMBOJASA - HUANUHUANO - CARAVELI - AREQUIPA  
**DPL N° :** DP - 3  
**FECHA :** FEBRERO 2006

Prof.	N
0	0
0.1	5
0.2	6
0.3	10
0.4	12
0.5	14
0.6	23
0.7	50
0.8	
0.9	
1	
1.1	
1.2	
1.3	
1.4	
1.5	
1.6	
1.7	
1.8	
1.9	
2	
2.1	
2.2	
2.3	
2.4	
2.5	
2.6	
2.7	
2.8	
2.9	
3	
3.1	
3.2	
3.3	
3.4	
3.5	
3.6	
3.7	
3.8	
3.9	
4	
4.1	
4.2	
4.3	
4.4	
4.5	
4.6	
4.7	
4.8	
4.9	
5	
5.1	

REBOTE

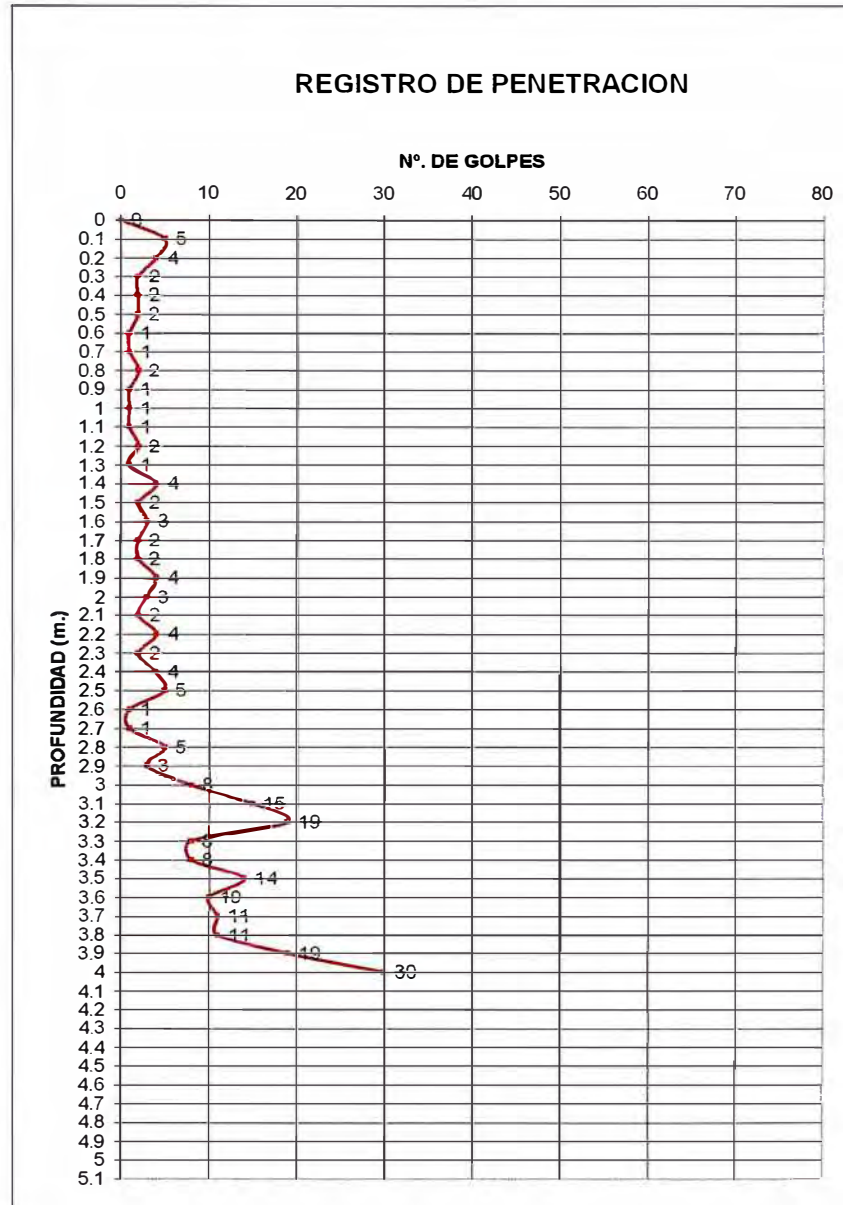


### ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA LIGERA MODIFICADA

PROYECTO : BOTADERO DE DESMONTE PIEDRA GRANDE II  
 PROPIETARIO : CIA MINERA CARAVELI S.A.C.  
 UBICACIÓN : U.P. TAMBOJASA - HUANUHUANU - CARAVELI - AREQUIPA  
 DPL N° : DP - 4  
 FECHA : FEBRERO 2006

Prof.	N
0	0
0.1	5
0.2	4
0.3	2
0.4	2
0.5	2
0.6	1
0.7	1
0.8	2
0.9	1
1	1
1.1	1
1.2	2
1.3	1
1.4	4
1.5	2
1.6	3
1.7	2
1.8	2
1.9	4
2	3
2.1	2
2.2	4
2.3	2
2.4	4
2.5	5
2.6	1
2.7	1
2.8	5
2.9	3
3	8
3.1	15
3.2	19
3.3	8
3.4	8
3.5	14
3.6	10
3.7	11
3.8	11
3.9	19
4	30
4.1	
4.2	
4.3	
4.4	
4.5	
4.6	
4.7	
4.8	
4.9	
5	
5.1	

REBOTE





Ingenieros  
Contratistas  
E.I.R.L.

# LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

DISEÑO – FABRICACIÓN – INSTALACIONES – MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

## ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO

### METODO DEL CONO DE ARENA

ASTM D1556

PROYECTO : BOTADERO DE DESMONTE PIEDRA GRANDE II  
SOLICITANTE : CIA MINERA CARAVELI S.A.C.  
UBICACIÓN : U.P. TAMBOJASA - CHALA - CARAVELI - AREQUIPA  
HECHO POR : JO/AO

FECHA : FEBRERO 2006

	CONO	AGUA	AGUA	AGUA	
CALICATA	TR-1	DESMONTE	NIVEL 2890	NIVEL 2890	
MUESTRA	D - 1	D - 2	D - 3	D - 4	
PROFUNDIDAD					
1. Peso del frasco + arena	grs	7400.00	0.00	0.00	0.00
2. Peso del frasco + arena que queda	grs	2880.00	0.00	0.00	0.00
3. Peso de arena empleada	(1) - (2) grs	4520.00	0.00	0.00	0.00
4. Peso de arena en el cono	grs	0.00	0.00	0.00	0.00
5. Peso de arena en excavación	(3) - (4) grs	4520.00	0.00	0.00	0.00
6. Densidad de la arena	gr/cc	1.36	0.00	0.00	0.00
7. Volumen de material extraído	(5)/(6) cc	3323.53	6135.00	3500.00	3500.00
8. Peso de la muestra	grs	6700.00	13520.00	7335.00	8030.00
9. Densidad húmeda	(8)/(7) grs/cc	2.02	2.20	2.10	2.29
10. Humedad	%	3.52	3.53	3.03	1.99
11. Densidad seca	(9)/(1+(10/100)) grs/cc	1.947	2.129	2.034	2.249

### CONTENIDO DE HUMEDAD

TARA N°	A-19	A-15	A-21	A-20	
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	268.46	263.57	266.42	297.39
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	259.61	254.86	258.82	291.74
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	8.85	8.71	7.60	5.65
4. Peso de recipiente	grs	8.50	8.33	8.24	8.23
5. Peso de suelo seco	(2) - (4) grs	251.11	246.53	250.58	283.51
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	3.52	3.53	3.03	1.99

Oficina : Calle Río Moche 164 – Pueblo Libre  
Laboratorio : Jr. Pedro Remy 198 – Urb. Ingeniería – S.M.P.

Oficina Telefax: 461-8568  
Laboratorio 482-9856

# **Anexo D**

## **Sondajes de suelo**



## REGISTRO DE EXCAVACION

<b>Proyecto</b>	DEPOSITO DE DESMONTE "PIEDRA GRANDE II"
<b>Ubicación</b>	C° TAMBOJASA, HUANUHUANU, CARAVELI, AREQUIPA - LA LINERTAD
<b>Solicitado</b>	MINERA MARSA S.A.



<b>Calicata</b>	TR - 1	<b>Prof. (m)</b>	1.50	<b>Cota</b>	
<b>N. F. (m)</b>		<b>Operador</b>	CAVA	<b>Fecha</b>	Feb-06

prof. (m)	Exc.	M	N.F.	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS	SIMBOL	OBSERVACION	ENSAYO DE PENETRACION (DPL)
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;">0.50</div> <div style="margin-bottom: 10px;">1.00</div> <div style="margin-bottom: 10px;">1.50</div> <div style="margin-bottom: 10px;">2.00</div> <div style="margin-bottom: 10px;">3.00</div> </div>		<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;">M-1</div> <div style="margin-bottom: 10px;">M-2</div> </div>		<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;">Grava limosa con arena</div> <div style="margin-bottom: 10px;">Grava bien gradada con limo y arena</div> <div style="margin-bottom: 10px;">Basamento rocoso: granodiorita</div> </div>	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;">GM</div> <div style="margin-bottom: 10px;">GW-GM</div> </div>	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;"></div> <div style="margin-bottom: 10px;"></div> <div style="margin-bottom: 10px;"></div> </div>		<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;">0</div> <div style="margin-bottom: 10px;">0.5</div> <div style="margin-bottom: 10px;">1</div> <div style="margin-bottom: 10px;">10</div> <div style="margin-bottom: 10px;">20</div> <div style="margin-bottom: 10px;">30</div> <div style="margin-bottom: 10px;">40</div> <div style="margin-bottom: 10px;">50</div> <div style="margin-bottom: 10px;">60</div> </div>
				Croquis				

## REGISTRO DE EXCAVACION

Proyecto	DEPOSITO DE DESMONTE "PIEDRA GRANDE II"		
Ubicación	C° TAMBOJASA, HUANUHUANU, CARAVELI, AREQUIPA - LA LINERTAD		
Solicitado	MINERA MARSA S.A.		

Calicata	TR - 2	Prof. (m)	1.50	Cota	
N. F. (m)	-	Operador	CAVA	Fecha	Feb-06

prof. (m)	Exc.	M	N.F.	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS	SIMBOL	OBSERVACION	ENSAYO DE PENETRACION (DPL)
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;">0.50</div> <div style="margin-bottom: 10px;">1.00</div> <div style="margin-bottom: 10px;">2.00</div> <div style="margin-bottom: 10px;">3.00</div> </div>	1.50	M-1		<p>Grava mal gradad con limo y arena</p> <hr/> <p>Basamento rocoso: granodiorita</p>	GP-GM	  		<div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-bottom: 5px;"> <span>0</span> <span>0.5</span> <span>1</span> </div> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;">0</div> <div style="margin-bottom: 10px;">10</div> <div style="margin-bottom: 10px;">20</div> <div style="margin-bottom: 10px;">30</div> <div style="margin-bottom: 10px;">40</div> <div style="margin-bottom: 10px;">50</div> <div style="margin-bottom: 10px;">60</div> </div>
				Croquis				



**Anexo E**  
**Resultados de ensayos del**  
**Laboratorio Geotécnico del CISMID-**  
**Universidad Nacional de Ingeniería.**



**ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS**

INFORME : LG06-082  
SOLICITANTE : COMPAÑÍA MINERA CARAVELI S.A.C.  
PROYECTO : Depósito de Desmonte Piedra Grande II  
UBICACION : Chala, Caraveli, Arequipa  
FECHA : Marzo, 2006

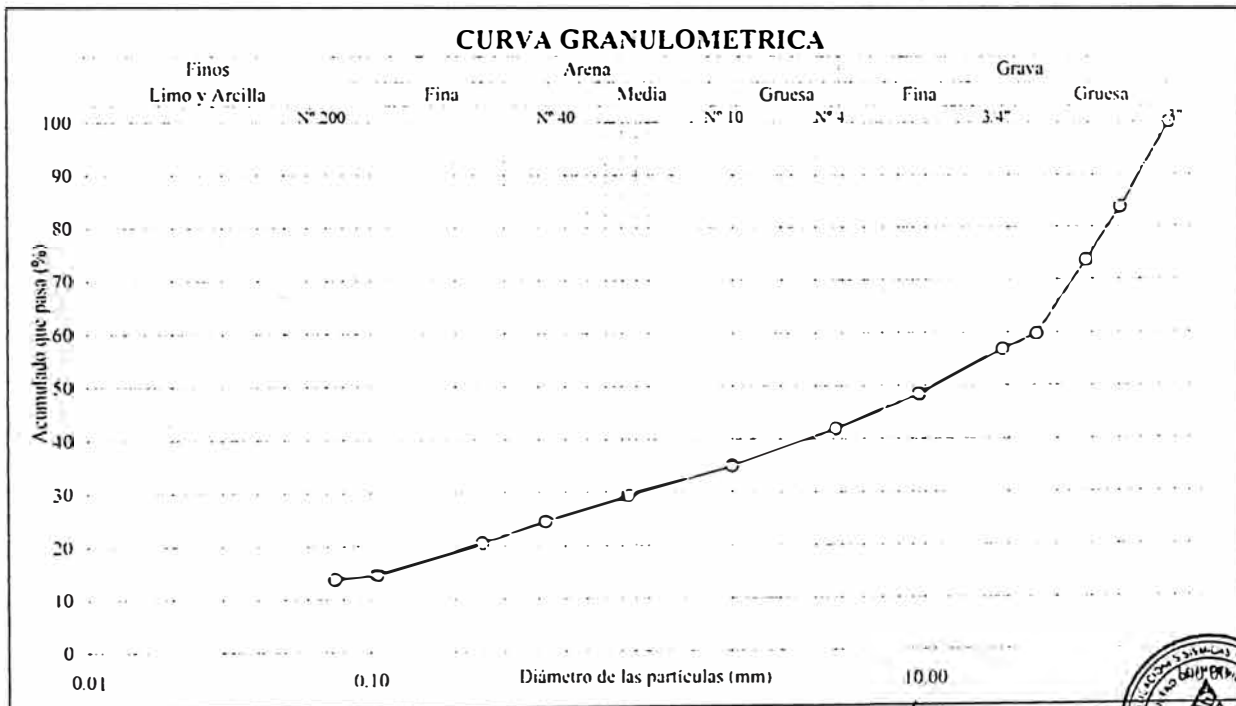
Sondaje : TR - 1  
Muestra : M - 1  
Profundidad (m) : 0.00 - 1.00

Contenido de humedad: ASTM - D2216		
Humedad	(%)	1.2

Granulometría por tamizado; ASTM - D422		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.20	100.0
2"	50.80	83.7
1 1/2"	38.10	73.6
1"	25.40	59.7
3/4"	19.05	56.8
5/8"	9.525	48.3
N° 004	4.750	41.8
N° 010	2.000	34.9
N° 020	0.850	29.2
N° 040	0.425	24.5
N° 060	0.250	20.5
N° 140	0.106	14.5
N° 200	0.075	13.7

Límites de consistencia; ASTM - D427 / D4318		
Límite líquido	(%)	28
Límite plástico	(%)	NP
Índice de plasticidad	(%)	NP
Límite de contracción	(%)	---

Resultados: ASTM - D2487 / D3282		
Coeficiente de : - Uniformidad (Cu)		---
- Curvatura (Cc)		---
Material : - Grava [ N° 4 < $\phi$ < 3" ]	(%)	58.2
- Arena [ N° 200 < $\phi$ < N° 4 ]	(%)	28.1
- Finos [ $\phi$ < N° 200 ]	(%)	13.7
Clasificación : - AASHTO		A-1a (0)
- S U C S		GM
Nombre de grupo		
Grava limosa con arena		



Observación : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

*David Luna Duran*  
**DAVID LUNA DURAN**  
INGENIERO CIVIL- CIP. 43988  
JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES  
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru Nº 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

## ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS

INFORME : I G06-082  
 SOLICITANTE : COMPAÑÍA MINERA CARAVELI S.A.C.  
 PROYECTO : Depósito de Desmonte Piedra Grande II  
 UBICACION : Chala, Caraveli, Arequipa  
 FECHA : Marzo, 2006

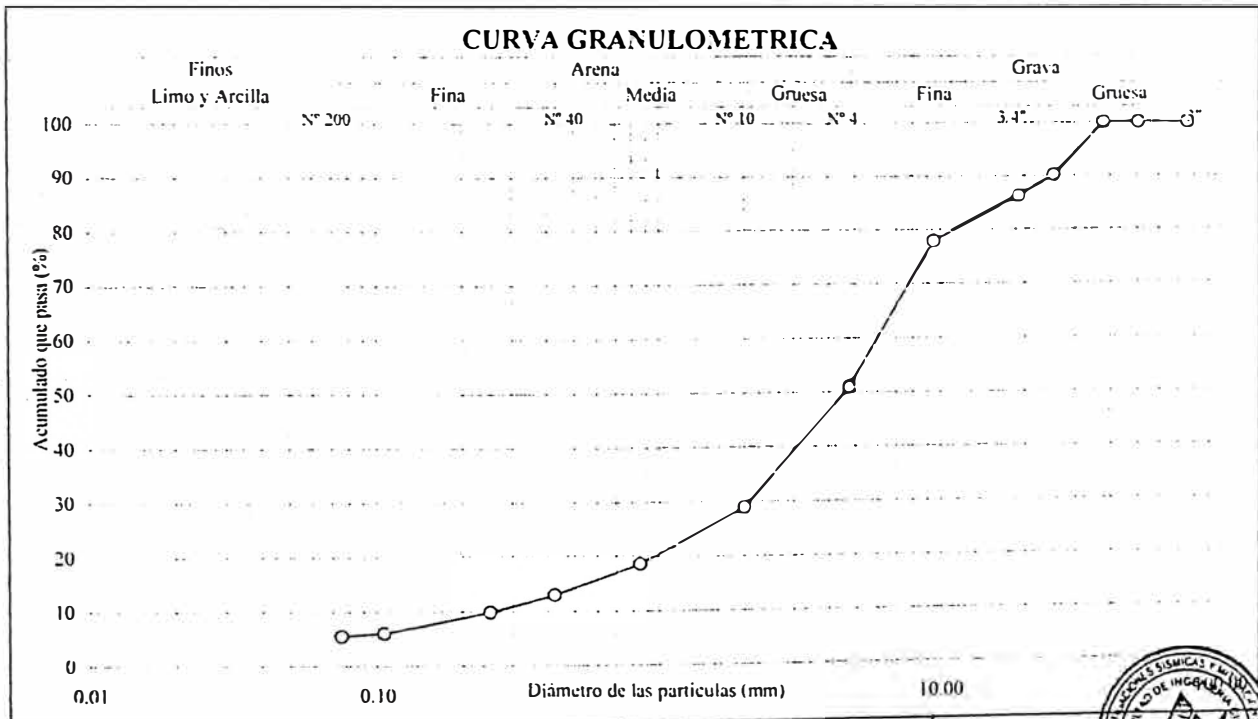
Sondaje : TR - 1  
 Muestra : M - 2  
 Profundidad (m) : 0.00 - 1.00

Contenido de humedad: ASTM - D2216		
Humedad	(%)	0.8

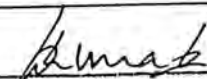
Granulometría por tamizado; ASTM - D422		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.20	100.0
2"	50.80	100.0
1 1/2"	38.10	100.0
1"	25.40	90.1
3/4"	19.05	86.2
5/8"	9.525	77.8
Nº 004	4.750	50.9
Nº 010	2.000	28.8
Nº 020	0.850	18.5
Nº 040	0.425	13.0
Nº 060	0.250	9.9
Nº 140	0.106	6.0
Nº 200	0.075	5.5

Límites de consistencia; ASTM - D427 / D4318		
Límite líquido	(%)	NP
Límite plástico	(%)	NP
Índice de plasticidad	(%)	NP
Límite de contracción	(%)	---

Resultados; ASTM - D2487 / D3282		
Coefficiente de :		
- Uniformidad (Cu)		23.5
- Curvatura (Cc)		2.9
Material :		
- Grava [ Nº 4 < $\phi$ < 3" ]	(%)	49.1
- Arena [ Nº 200 < $\phi$ < Nº 4 ]	(%)	45.4
- Finos [ $\phi$ < Nº 200 ]	(%)	5.5
Clasificación :	- AASHTO	A-1a (0)
	- S U C S	GW - GM
Nombre de grupo		
Grava bien gradada con limo y arena		



Observación : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

  
**DAVID LUNA DURÁN**  
 INGENIERO CIVIL - CIP. 43988  
 JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES  
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

**ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS**

INFORME : LG06-082  
SOLICITANTE : COMPAÑIA MINERA CARAVELI S.A.C.  
PROYECTO : Depósito de Desmonte Piedra Grande II  
UBICACION : Chala, Caraveli, Arequipa  
FECHA : Marzo, 2006

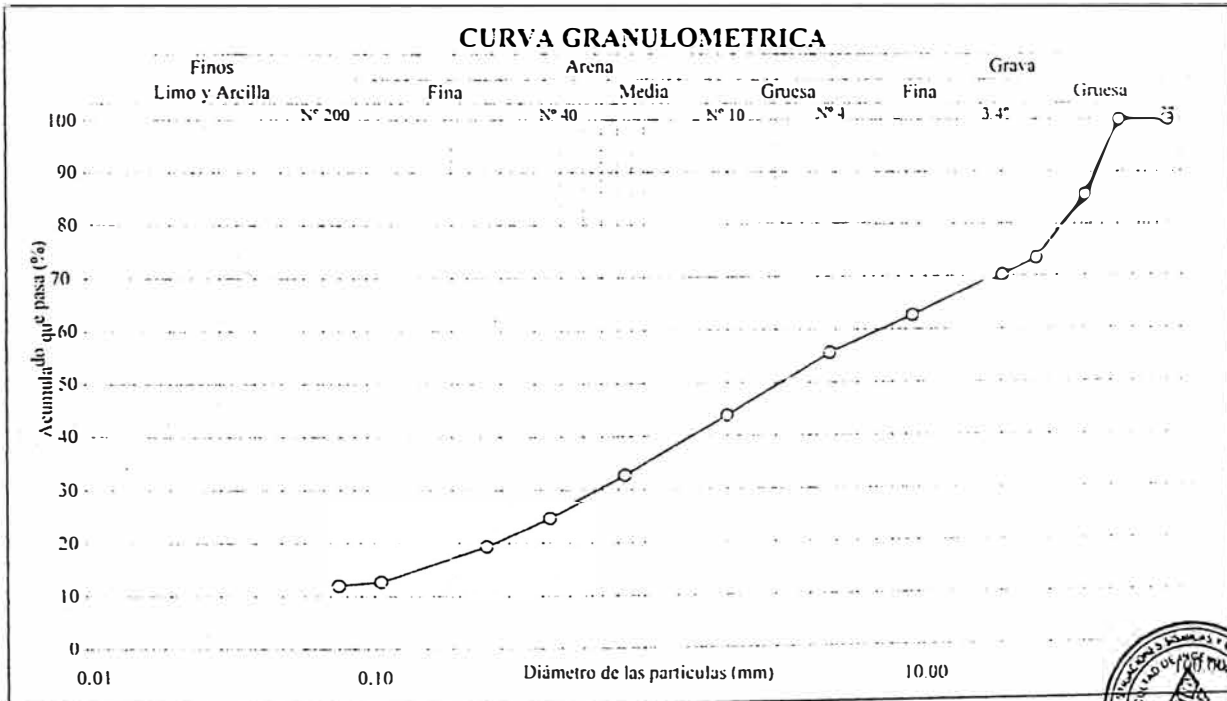
Sondaje : TR - 2  
Muestra : M - 1  
Profundidad (m) : 0.00 - 1.00

Contenido de humedad: ASTM - D2216		
Humedad	(%)	1.4

Granulometría por tamizado; ASTM - D422		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.20	100.0
2"	50.80	100.0
1 1/2"	38.10	85.6
1"	25.40	73.3
3/4"	19.05	70.1
5/8"	9.525	62.6
N° 004	4.750	55.6
N° 010	2.000	43.8
N° 020	0.850	32.7
N° 040	0.425	24.6
N° 060	0.250	19.3
N° 140	0.106	12.7
N° 200	0.075	12.0

Límites de consistencia; ASTM - D427 / D4318		
Límite líquido	(%)	27
Límite plástico	(%)	NP
Índice de plasticidad	(%)	NP
Límite de contracción	(%)	---

Resultados; ASTM - D2487 / D3282		
Coeficiente de : - Uniformidad (Cu)		---
- Curvatura (Cc)		---
Material : - Grava [ N° 4 < $\phi$ < 3" ]	(%)	44.4
- Arena [ N° 200 < $\phi$ < N° 4 ]	(%)	43.7
- Finos [ $\phi$ < N° 200 ]	(%)	12.0
Clasificación : - AASHTO		A-1a (0)
- S U C S		GP - GM
Nombre de grupo		
Grava mal gradada con limo y arena		



Observación : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

*David Luna Duran*  
**DAVID LUNA DURAN**  
INGENIERO CIVIL - CIP. 43988  
I.F.E. DEL LAB. GEOTECNICO





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES  
**LABORATORIO GEOTÉCNICO**



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

**ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS**

INFORME : LG06-082  
SOLICITANTE : COMPAÑÍA MINERA CARAVELI S.A.C.  
PROYECTO : Depósito de Desmote Piedra Grande II  
UBICACION : Chala, Caraveli, Arequipa  
FECHA : Marzo, 2006

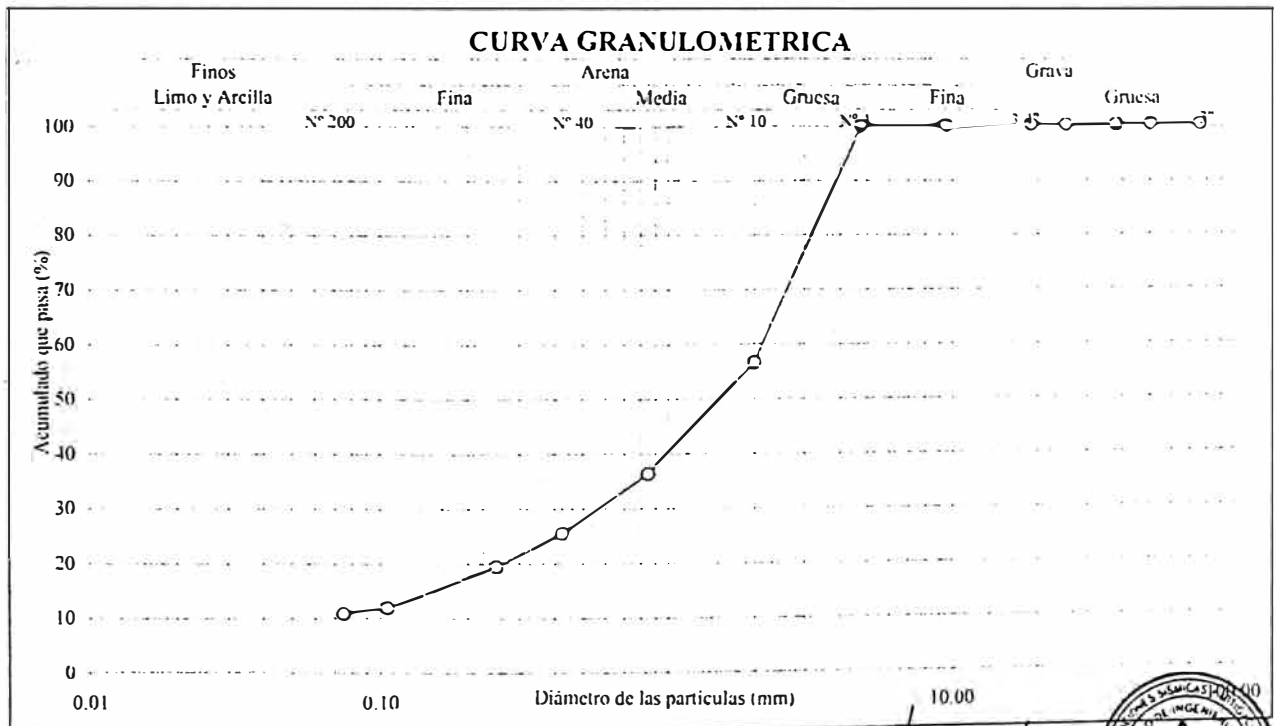
Sondaje : TR - 1  
Muestra : M - 2 (Mat. < N° 4)  
Profundidad (m) : 0.00 - 1.00

Contenido de humedad: ASTM - D2216		
Humedad	(%)	---

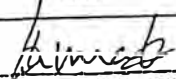
Granulometría por tamizado; ASTM - D422		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.20	100.0
2"	50.80	100.0
1 1/2"	38.10	100.0
1"	25.40	100.0
3/4"	19.05	100.0
5/8"	9.525	100.0
N° 004	4.750	100.0
N° 010	2.000	56.6
N° 020	0.850	36.4
N° 040	0.425	25.5
N° 060	0.250	19.4
N° 140	0.106	11.9
N° 200	0.075	10.8

Límites de consistencia; ASTM - D427 / D4318		
Límite líquido	(%)	NP
Límite plástico	(%)	NP
Índice de plasticidad	(%)	NP
Límite de contracción	(%)	---

Resultados: ASTM - D2487 / D3282		
Coefficiente de :		
- Uniformidad (Cu)		---
- Curvatura (Cc)		---
Material :		
- Grava [ N° 4 < $\phi$ < 3" ]	(%)	0.0
- Arena [ N° 200 < $\phi$ < N° 4 ]	(%)	89.2
- Finos [ $\phi$ < N° 200 ]	(%)	10.8
Clasificación :		
- AASHTO		A-1b (0)
- S U C S		SP - SM
Nombre de grupo		
Arena mal gradada con limo		



Observación : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

  
**DAVID LUNA DURÁN**  
 INGENIERO CIVIL - CIP. 43988  
 JEFE DEL LAB. GEOTECNICO







## ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS

**INFORME** : LG06-082  
**SOLICITANTE** : COMPAÑIA MINERA CARAVELI S.A.C.  
**PROYECTO** : Depósito de Desmonte Piedra Grande II  
**UBICACION** : Chala, Caraveli, Arequipa  
**FECHA** : Marzo, 2006

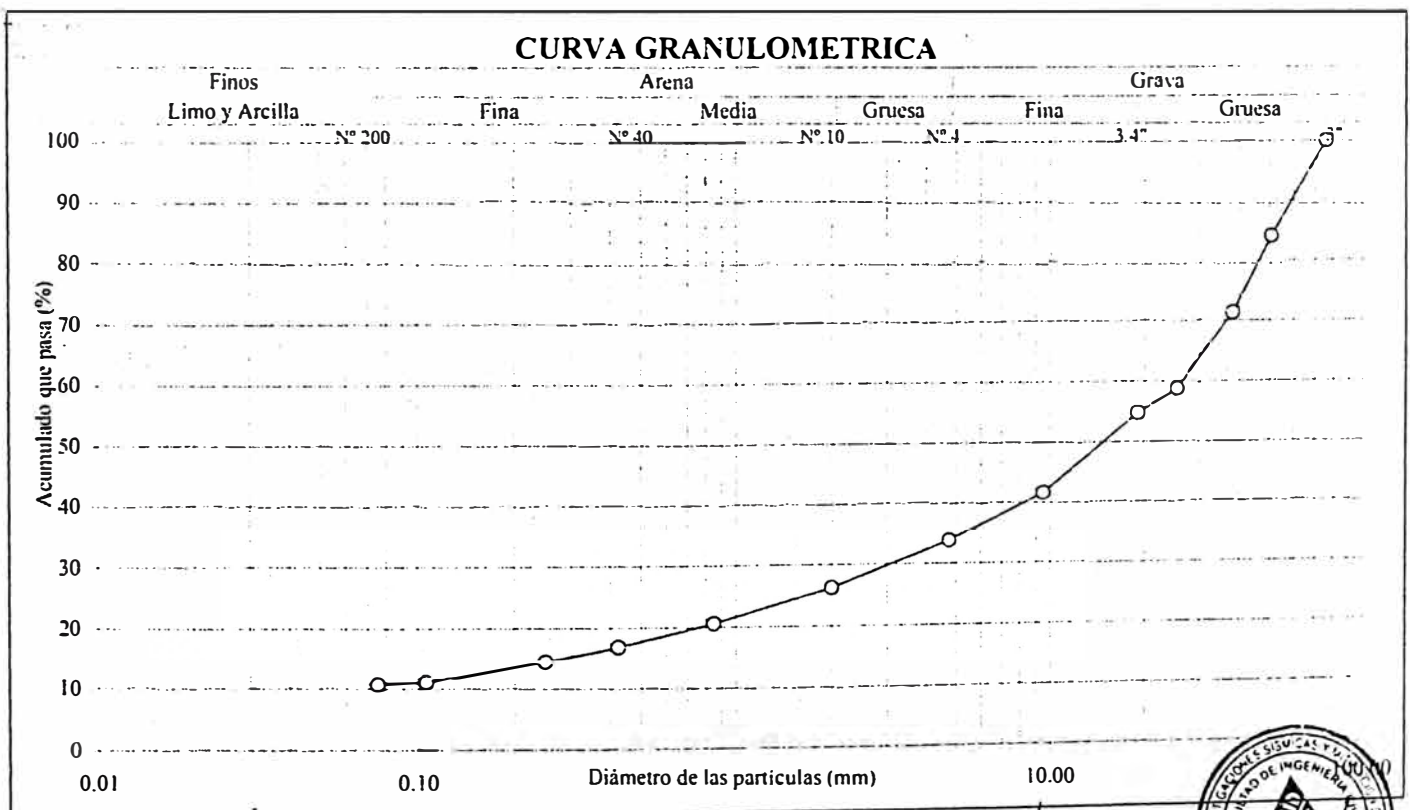
**Sondaje** : Dep. Desmonte  
**Muestra** : Nivel 2860  
**Profundidad (m)** : ---

Contenido de humedad; ASTM - D2216		
Humedad	(%)	1.2

Granulometría por tamizado; ASTM - D422		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.20	100.0
2"	50.80	84.0
1 1/2"	38.10	71.3
1"	25.40	58.7
3/4"	19.05	54.7
3/8"	9.525	41.6
N° 004	4.750	33.7
N° 010	2.000	26.2
N° 020	0.850	20.6
N° 040	0.425	16.9
N° 060	0.250	14.5
N° 140	0.106	11.1
N° 200	0.075	10.7

Límites de consistencia; ASTM - D427 / D4318		
Límite líquido	(%)	33
Límite plástico	(%)	22
Índice de plasticidad	(%)	11
Límite de contracción	(%)	---

Resultados; ASTM - D2487 / D3282		
Coefficiente de :	- Uniformidad (Cu)	---
	- Curvatura (Cc)	---
Material :	- Grava [ N° 4 < $\phi$ < 3" ]	(%) 66.3
	- Arena [ N° 200 < $\phi$ < N° 4 ]	(%) 23.1
	- Finos [ $\phi$ < N° 200 ]	(%) 10.7
Clasificación :	- AASHTO	A-2-6 (0)
	- S U C S	GP - GC
Nombre de grupo		
Grava mal gradada con arcilla y arena		



Observación: La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES  
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labger@cisimid.uni.pe

## ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

**INFORME** : I G06-082  
**SOLICITANTE** : COMPAÑÍA MINERA CARAVELÍ S.A.C.  
**PROYECTO** : Depósito de Desmonte Piedra Grande II  
**UBICACION** : Chala, Caravelí. Arequipa  
**FECHA** : Marzo, 2006

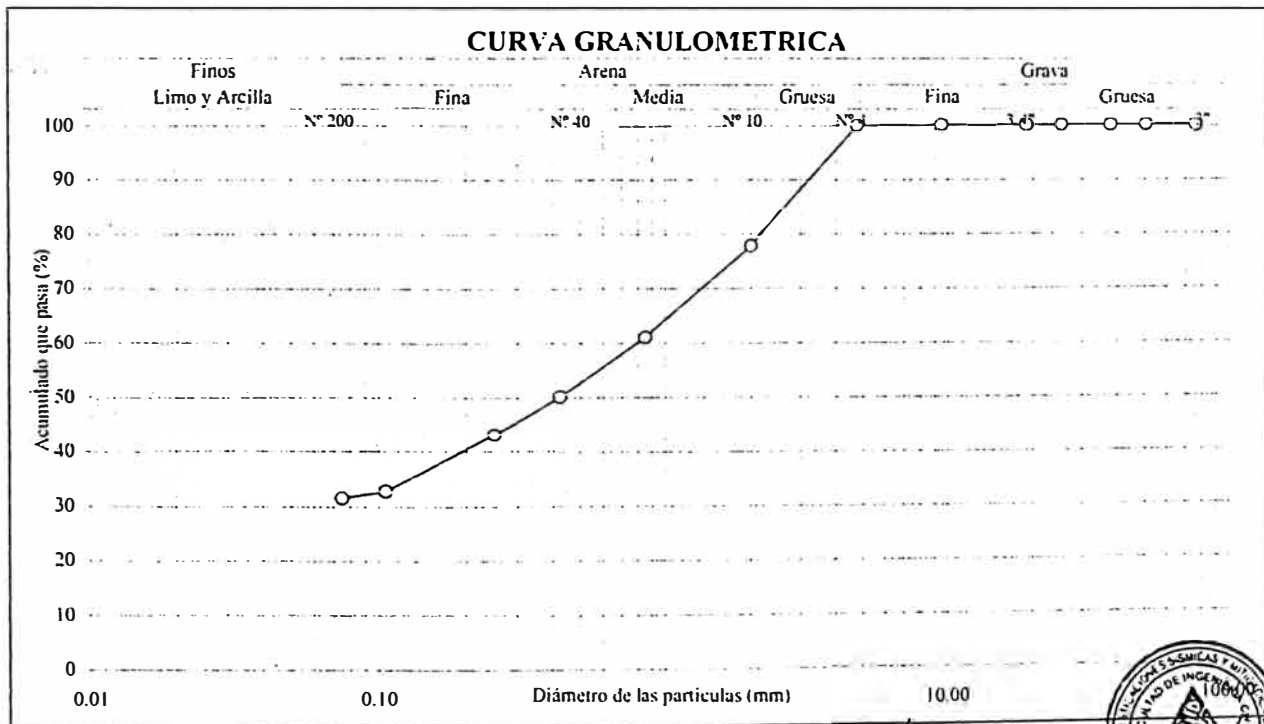
**Sondaje** : Dep. Desmonte  
**Muestra** : Nivel 2860 (Mat. < N° 4)  
**Profundidad (m)** : ---

Contenido de humedad; ASTM - D2216	
Humedad (%)	---

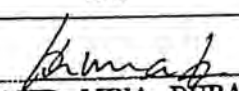
Granulometría por tamizado; ASTM - D422		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.20	100.0
2"	50.80	100.0
1 1/2"	38.10	100.0
1"	25.40	100.0
3/4"	19.05	100.0
3/8"	9.525	100.0
N° 004	4.750	100.0
N° 010	2.000	77.8
N° 020	0.850	61.1
N° 040	0.425	50.2
N° 060	0.250	43.1
N° 140	0.106	32.8
N° 200	0.075	31.6

Límites de consistencia; ASTM - D427 / D4318	
Límite líquido (%)	33
Límite plástico (%)	22
Índice de plasticidad (%)	11
Límite de contracción (%)	---

Resultados; ASTM - D2487 / D3282	
Coeficiente de : - Uniformidad (Cu) ---	
- Curvatura (Cc) ---	
Material : - Grava [ N° 4 < $\phi$ < 3" ] (%)	0.0
- Arena [ N° 200 < $\phi$ < N° 4 ] (%)	68.4
- Finos [ $\phi$ < N° 200 ] (%)	31.6
Clasificación : - AASHTO	A-2-6 (0)
- S U C S	SC
Nombre de grupo	
Arena arcillosa	



Observación : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

  
**DAVID LUNA DURAN**  
 INGENIERO CIVIL- CIP. 43988  
 JEFE DEL LAB. GEOTECNICO



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

(ASTM - D3080)

INFORME N° : LG06-082  
 SOLICITANTE : COMPAÑÍA MINERA CARAVELÍ S.A.C.  
 PROYECTO : Depósito de Desmonte Piedra Grande II  
 UBICACIÓN : Chala, Caravelí, Arequipa  
 FECHA : Marzo, 2006

Sondaje : TR - 1  
 Muestra : M - 2 (Mat. < N° 4)  
 Profundidad (m) : 0.00 - 1.00  
 Estado : Remoldado

Velocidad : 0.50 mm/min  
 AASHTO : A-1b (0)  
 S U C S : SP - SM / Arena mal gradada con limo

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03		
Esfuerzo Normal (kg/cm <sup>2</sup> )		0.50		1.00		2.00		
Etapas		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
Altura (cm)		2.00	1.96	2.00	1.96	2.00	1.94	
Diámetro (cm)		6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	
Humedad (%)		0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )		1.95	1.99	1.95	1.99	1.95	2.01	
ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Dcform. Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normaliz.	Deform. Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normaliz.	Deform. Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normaliz.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.17	0.35	0.05	0.20	0.20	0.05	0.34	0.17
0.10	0.20	0.40	0.10	0.28	0.28	0.10	0.46	0.23
0.20	0.23	0.46	0.20	0.34	0.34	0.20	0.59	0.30
0.35	0.25	0.51	0.35	0.41	0.41	0.35	0.72	0.36
0.50	0.28	0.56	0.50	0.46	0.46	0.50	0.83	0.42
0.75	0.32	0.65	0.75	0.51	0.51	0.75	0.94	0.47
1.00	0.36	0.72	1.00	0.56	0.56	1.00	1.11	0.55
1.25	0.39	0.79	1.25	0.62	0.62	1.25	1.20	0.60
1.50	0.41	0.82	1.50	0.66	0.66	1.50	1.35	0.68
1.75	0.45	0.90	1.75	0.72	0.72	1.75	1.43	0.71
2.00	0.47	0.93	2.00	0.75	0.75	2.00	1.57	0.78
2.50	0.49	0.98	2.50	0.81	0.81	2.50	1.70	0.85
3.00	0.50	1.00	3.00	0.88	0.88	3.00	1.74	0.87
3.50	0.50	1.00	3.50	0.89	0.89	3.50	1.84	0.92
4.00	0.48	0.97	4.00	0.90	0.90	4.00	1.97	0.98
4.50	0.46	0.93	4.50	0.89	0.89	4.50	1.99	1.00
5.00	0.45	0.90	5.00	0.89	0.89	5.00	2.03	1.01
6.00	0.42	0.84	6.00	0.89	0.89	6.00	2.01	1.01
7.00	0.40	0.79	7.00	0.89	0.89	7.00	1.97	0.98
8.00	0.38	0.75	8.00	0.84	0.84	8.00	1.91	0.95
9.00	0.35	0.71	9.00	0.83	0.83	9.00	1.85	0.93
10.00	0.33	0.67	10.00	0.83	0.83	10.00	1.80	0.90
11.00	0.33	0.67	11.00	0.83	0.83	11.00	1.80	0.90
12.00	0.33	0.67	12.00	0.83	0.83	12.00	1.80	0.90

Observación: La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante. Densidad seca = 1.95 g/cm<sup>3</sup>, humedad =

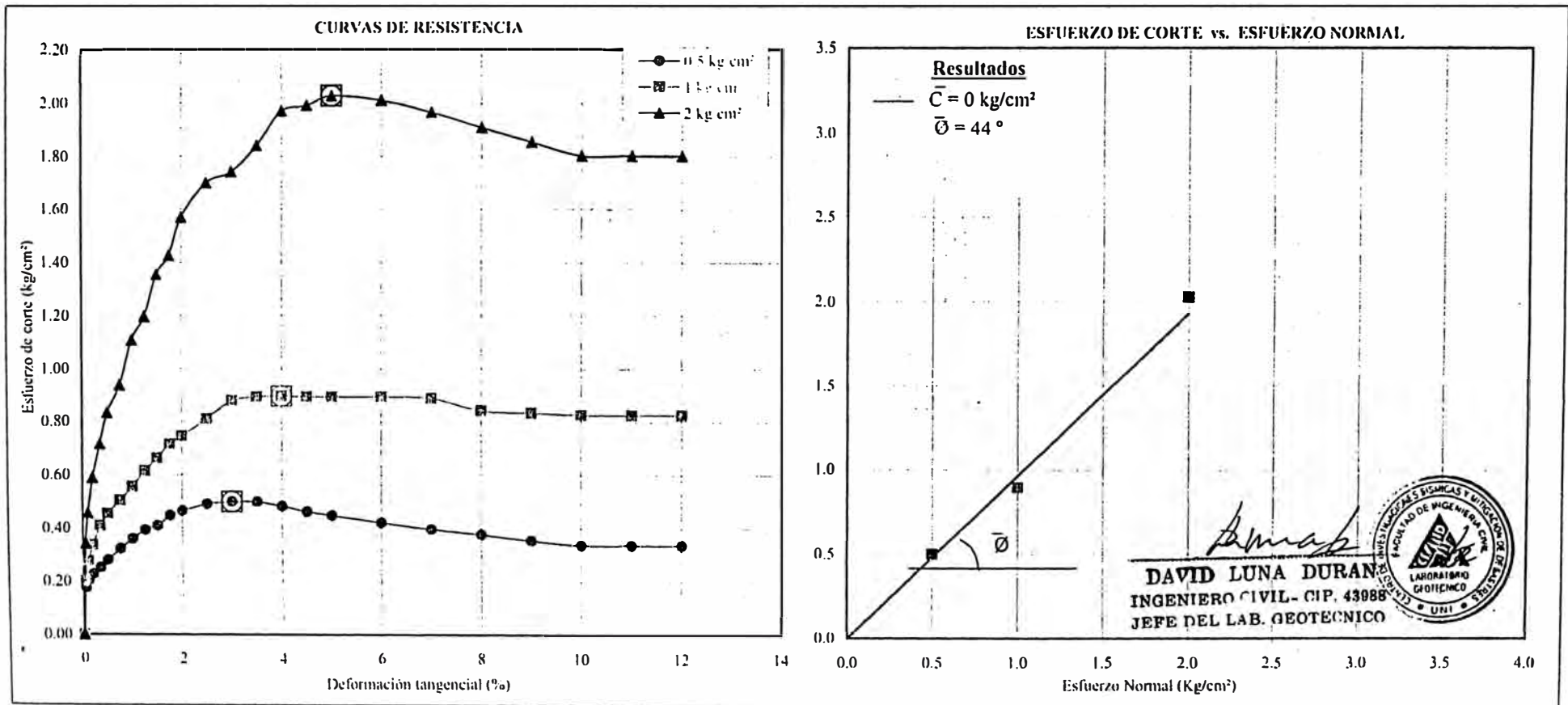




**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**  
(ASTM - D3080)

• INFORME Nº : LG06-082  
 SOLICITANTE : COMPAÑÍA MINERA CARAVELÍ S.A.C.  
 PROYECTO : Depósito de Desmonte Piedra Grande II  
 UBICACION : Chala, Caraveli, Arequipa  
 FECHA : Marzo, 2006

Sondaje : TR - I  
 Muestra : M - 2 (Mat. < N° 4)  
 Profundidad (r): 0.00 - 1.00  
 Clasificación : SP - SM  
 Estado : Remoldado



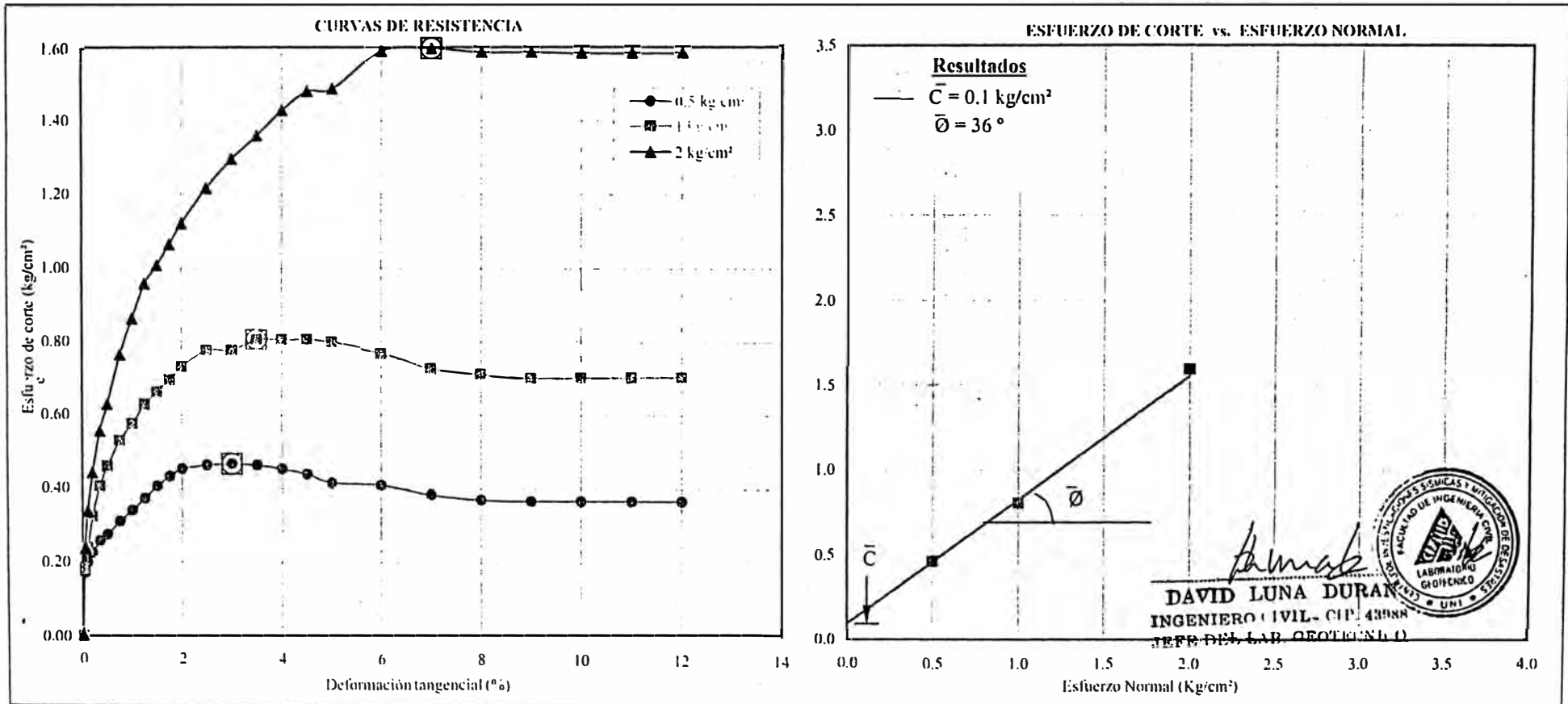




**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**  
(ASTM - D3080)

INFORME N° : LG06-082  
 SOLICITANTE : COMPAÑÍA MINERA CARAVELÍ S.A.C.  
 PROYECTO : Depósito de Desmonte Piedra Grande II  
 UBICACION : Chala, Caravelí, Arequipa  
 FECHA : Marzo, 2006

Sondaje : Desmonte  
 Muestra : Nivel 2860 (Mat. < N° 4)  
 Profundidad (r) : ---  
 Clasificación : SC  
 Estado : Remoldado





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES  
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cismid.uni.pe

**PERMEABILIDAD CON CARGA CONSTANTE**  
**Pared Rígida - ASTM D-2434**

INFORME : LG06-082  
SOLICITANTE : COMPAÑÍA MINERA CARAVELÍ S.A.C.  
PROYECTO : Depósito de Desmonte Piedra Grande II  
UBICACION : Chala, Caraveli, Arequipa  
FECHA : Marzo, 2006

Sondaje : Dep. Desmonte                                      Instalación : 08/03/06  
Muestra : Nivel 2860    AASHTO : A-2-6 (0)  
Profundidad (m) : —    S U C S : GP - GC / Grava mal gradada con arcilla y arena  
Estado : Remoldeado

Datos del ensayo

Diámetro (cm)	10.00	Humedad inicial (%)	0.0
Altura (cm)	12.75	Humedad final (%)	9.7
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.13	Saturación inicial (%)	0.0
Gravedad de sólidos	2.70	Saturación final (%)	98.1

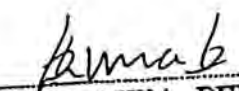
Medición del coeficiente de permeabilidad ( $K_{T=20^\circ C}$ )

Carga hidráulica (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5
--	-----

Tiempo (min)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Caudal (cm <sup>3</sup> /seg)	$K_T$ (cm/seg)	Temperatura (°C)	$K_{T=20^\circ C}$ (cm/seg)
60.0	72.00	2.0 E-02	7.2 E-06	22.0	6.9 E-06
60.0	76.00	2.1 E-02	7.6 E-06	22.0	7.2 E-06
60.0	75.00	2.1 E-02	7.5 E-06	22.0	7.1 E-06
60.0	76.00	2.1 E-02	7.6 E-06	22.0	7.2 E-06
60.0	74.00	2.1 E-02	7.4 E-06	22.0	7.1 E-06
60.0	72.00	2.0 E-02	7.2 E-06	22.0	6.9 E-06

Promedio (cm/seg) : 7.1 E-06

Observaciones : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante. Material meno de 3/8". densidad seca = 2.13 g/cm<sup>3</sup>, humedad = 3.0 %. Los datos de remoldeo han sido proporcionados por el solicitante.

  
**DAVID LUNA DURAN**  
INGENIERO CIVIL - CIP. 43988  
JEFE DEL LAB. GEOTECNICO



**Anexo F**  
**Resultados de ensayos del**  
**Laboratorio de Mecánica de Rocas de**  
**La Pontificia Universidad Católica del**  
**Perú – PUCP**



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**SECCIÓN INGENIERÍA DE MINAS**

***ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE***  
***ENSAYO DE PROPIEDADES FÍSICAS***  
***ENSAYO DE CORTE DIRECTO***

Solicitado por:  
Cia. Minera Caraveli SAC

Muestras  
Bloques rocosos

Fecha  
Marzo 13, 2006





**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**SECCIÓN INGENIERÍA DE MINAS**

Nota:

- La empresa solicitante es responsable de la toma de muestra en campo.
- La información correspondiente a las muestras fue proporcionada por el cliente.

Ing. Elvis Valencia Chávez  
Jefe del Laboratorio de Mecánica de Rocas  
Pontificia Universidad Católica del Perú  
Sección Ingeniería de Minas



**ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE**

El ensayo se realizó según la norma ASTM D2938

El resultado es el siguiente:

<i>Muestra</i>	<i>Diámetro (cm)</i>	<i>Longitud (cm)</i>	<i>Resistencia a la Compresión Simple (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Resistencia a la Compresión Simple (MPa)</i>
<i>M-01</i>	<i>5.57</i>	<i>11.06</i>	<i>1549.88</i>	<i>151.89</i>

Nota: Estandarizado según Protodyakonov ( $L/D = 2$ )

**ENSAYO DE PROPIEDADES FÍSICAS**

El ensayo se realizó según la norma ASTM D 2216-98

El resultado es el siguiente:

<i>Muestra</i>	<i>Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</i>	<i>Densidad Húmeda (gr/cm<sup>3</sup>)</i>	<i>Porosidad Aparente %</i>	<i>Absorción %</i>	<i>Peso Especifico Aparente (KN/m<sup>3</sup>)</i>
<i>M-01</i>	<i>2.75</i>	<i>2.75</i>	<i>0.38</i>	<i>0.14</i>	<i>26.94</i>

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

El ensayo se realizó sobre discontinuidad simulada con caras paralelas a la dirección de corte, según norma ASTM D 5607-95

Se obtuvo el siguiente resultado:

<i>Muestra</i>	<i>Ángulo de Fricción Residual (°)</i>	<i>Cohesión (Kpa)</i>
<i>M-01</i>	<i>28.80</i>	<i>50.00</i>



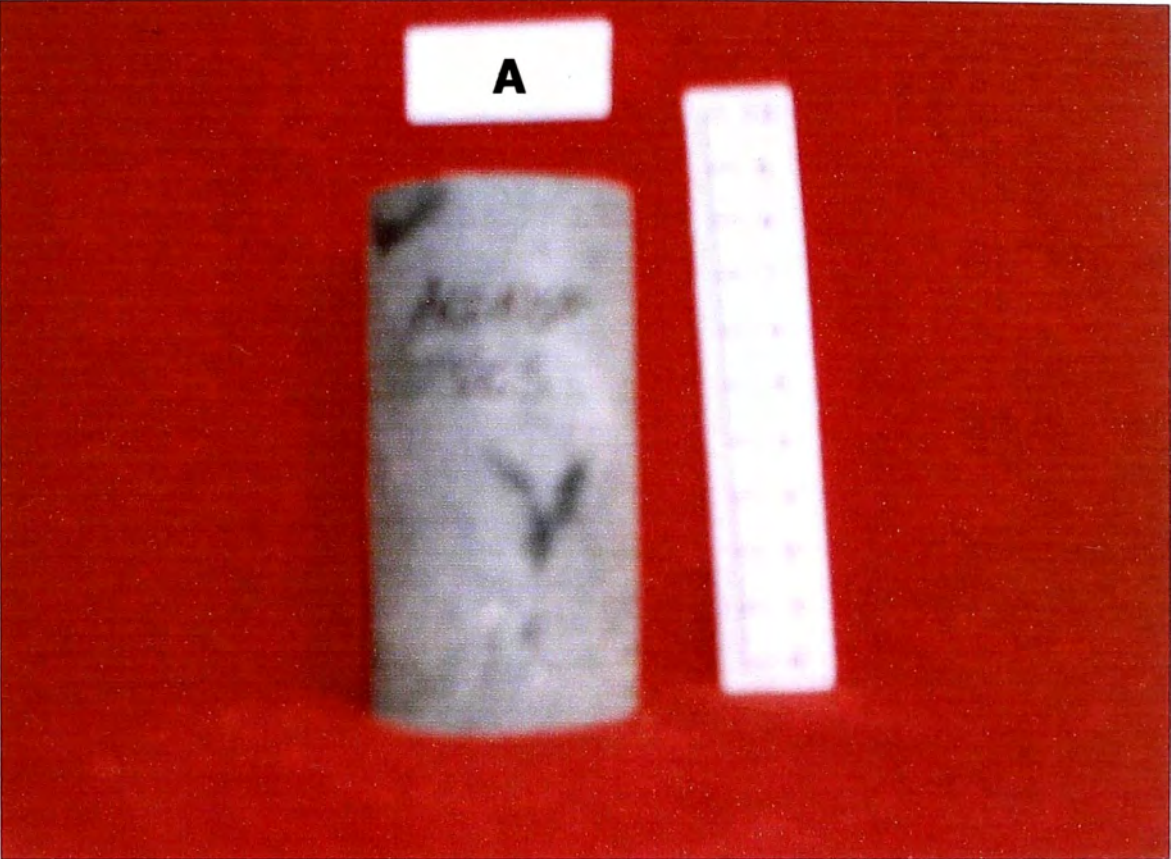


**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**SECCIÓN INGENIERÍA DE MINAS**

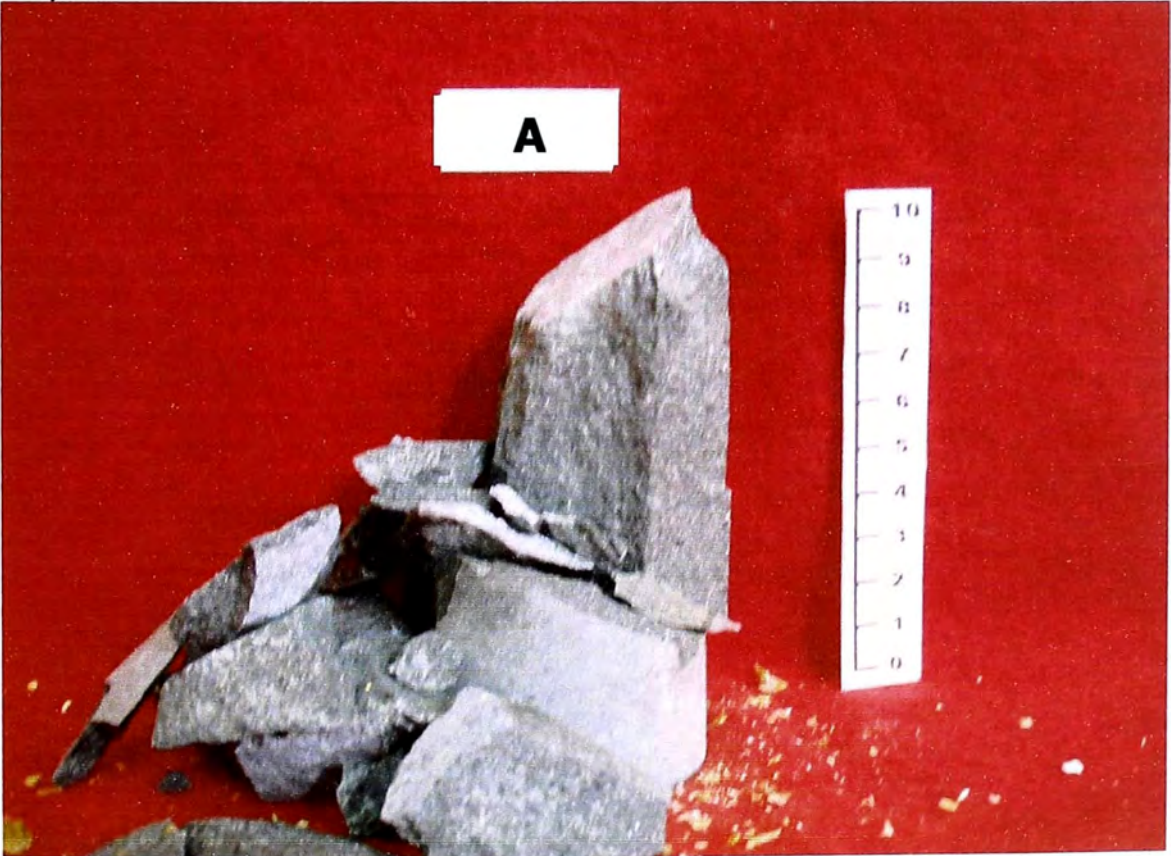
***FOTO***

***COMPRESIÓN SIMPLE***

Antes:

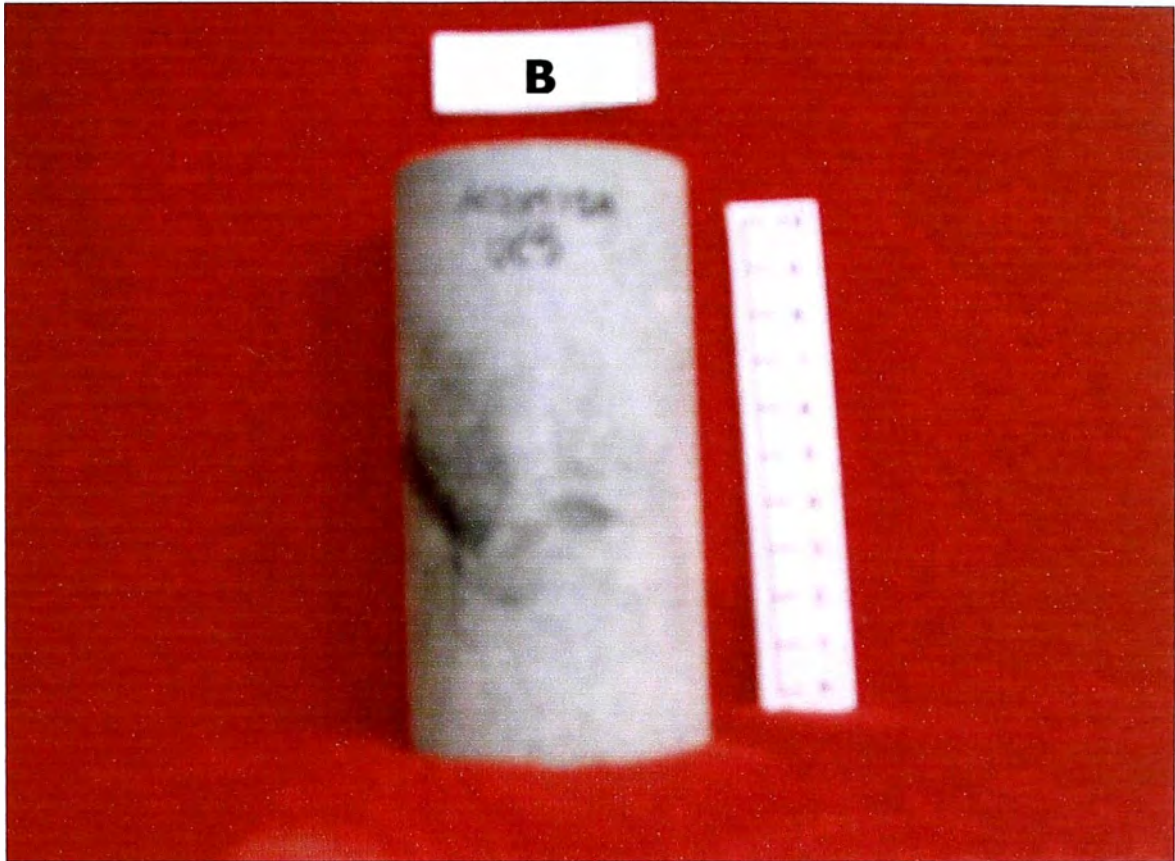


Despues:

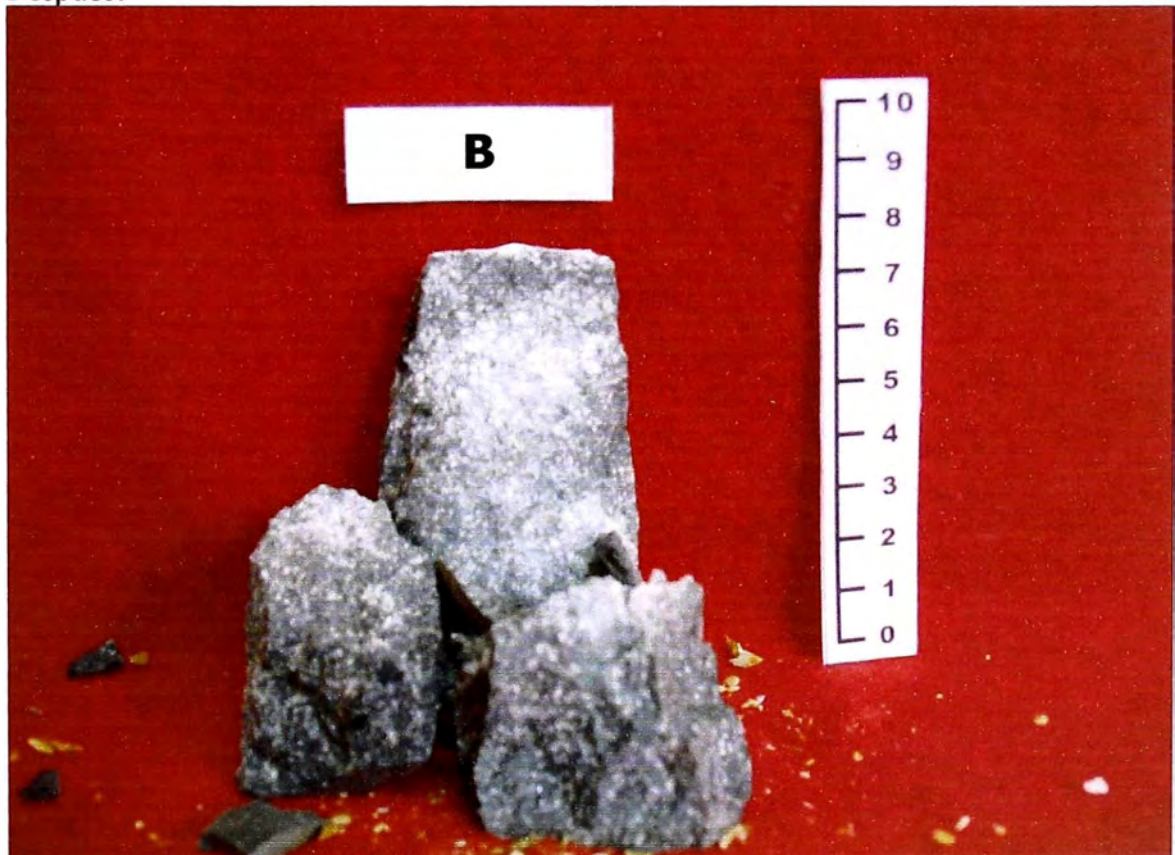




Antes:



Despues:



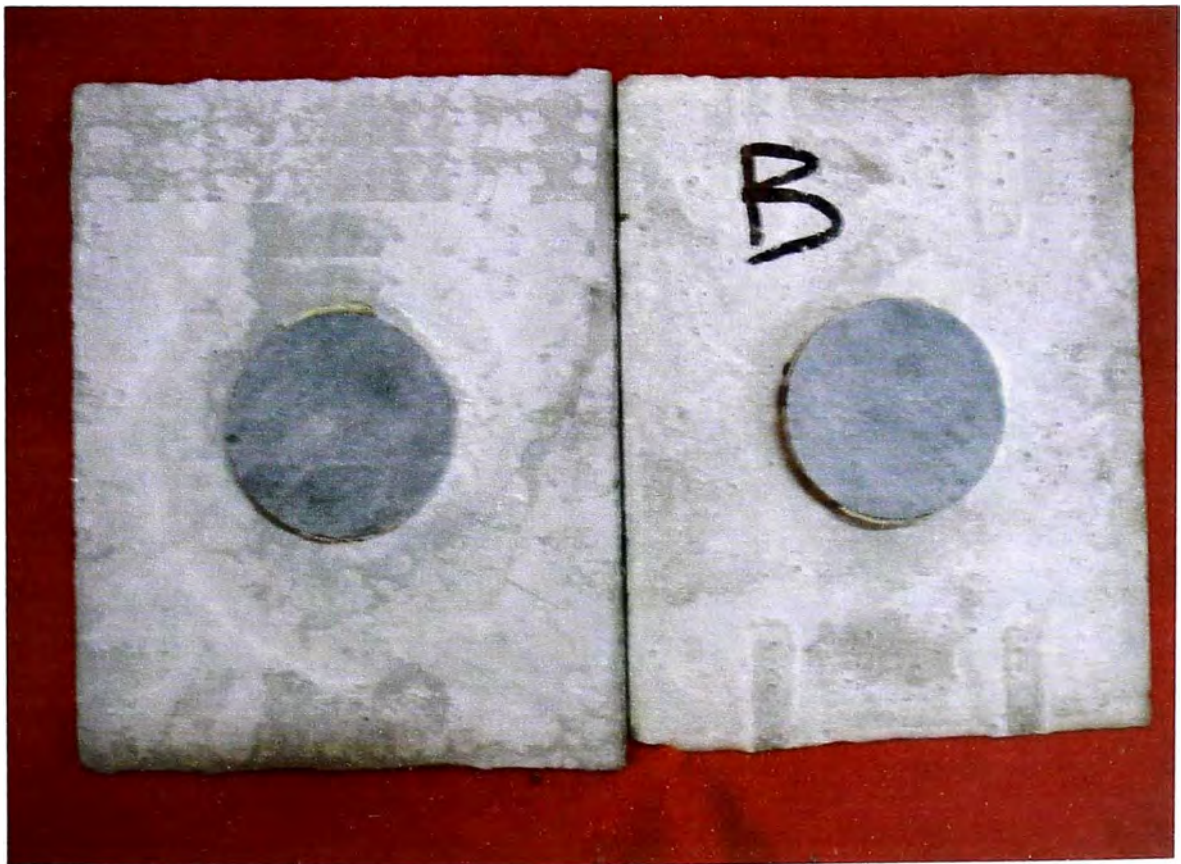
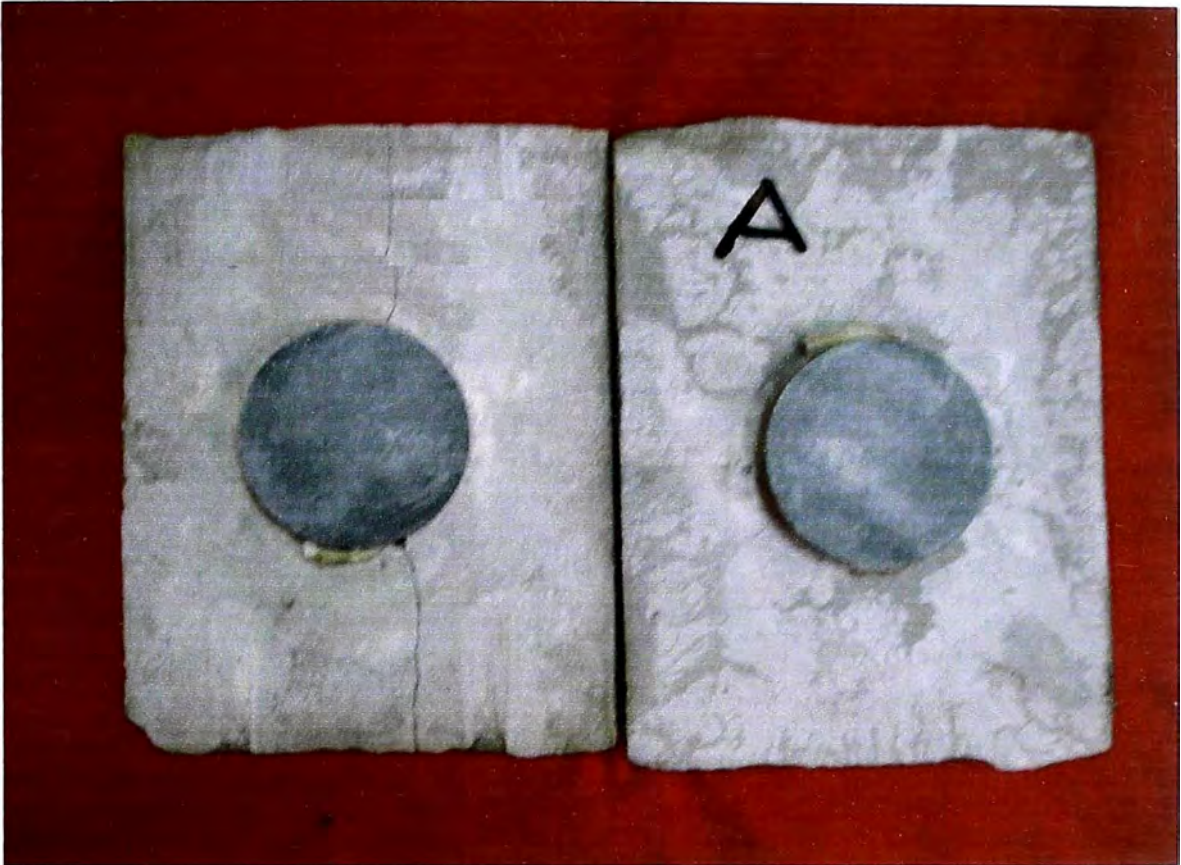


**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**SECCIÓN INGENIERÍA DE MINAS**

***FOTO***

***CORTE DIRECTO***





**Anexo G**  
**Cuadro resumen de ensayos de**  
**Laboratorio,**

## ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO

### METODO DEL CONO DE ARENA

ASTM D1556

PROYECTO : BOTADERO DE DESMONTE PIEDRA GRANDE II  
 SOLICITANTE : CIA MINERA CARAVELI S.A.C.  
 UBICACIÓN : U.P. TAMBOJASA - CHALA - CARAVELI - AREQUIPA  
 HECHO POR : JO/AO

FECHA : FEBRERO 2006

		CONO	AGUA	AGUA	AGUA
CALICATA		TR-1	DESMONTE	NIVEL 2890	NIVEL 2890
MUESTRA		D - 1	D - 2	D - 3	D - 4
PROFUNDIDAD					
1. Peso del frasco + arena	grs	7400.00	0.00	0.00	0.00
2. Peso del frasco + arena que queda	grs	2880.00	0.00	0.00	0.00
3. Peso de arena empleada	(1) - (2) grs	4520.00	0.00	0.00	0.00
4. Peso de arena en el cono	grs	0.00	0.00	0.00	0.00
5. Peso de arena en excavación	(3) - (4) grs	4520.00	0.00	0.00	0.00
6. Densidad de la arena	gr/cc	1.36	0.00	0.00	0.00
7. Volumen de material extraído	(5)/(6) cc	3323.53	6135.00	3500.00	3500.00
8. Peso de la muestra	grs	6700.00	13520.00	7335.00	8030.00
9. Densidad húmeda	(8)/(7) grs/cc	2.02	2.20	2.10	2.29
10. Humedad	%	3.52	3.53	3.03	1.99
11. Densidad seca	(9)/(1+(10/100)) grs/cc	1.947	2.129	2.034	2.249

### CONTENIDO DE HUMEDAD

TARA N°		A-19	A-15	A-21	A-20
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	268.46	263.57	266.42	297.39
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	259.61	254.86	258.82	291.74
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	8.85	8.71	7.60	5.65
4. Peso de recipiente	grs	8.50	8.33	8.24	8.23
5. Peso de suelo seco	(2) - (4) grs	251.11	246.53	250.58	283.51
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	3.52	3.53	3.03	1.99

**Anexo H**  
**Reportes de los análisis de estabilidad**  
**del programa SLIDE.**

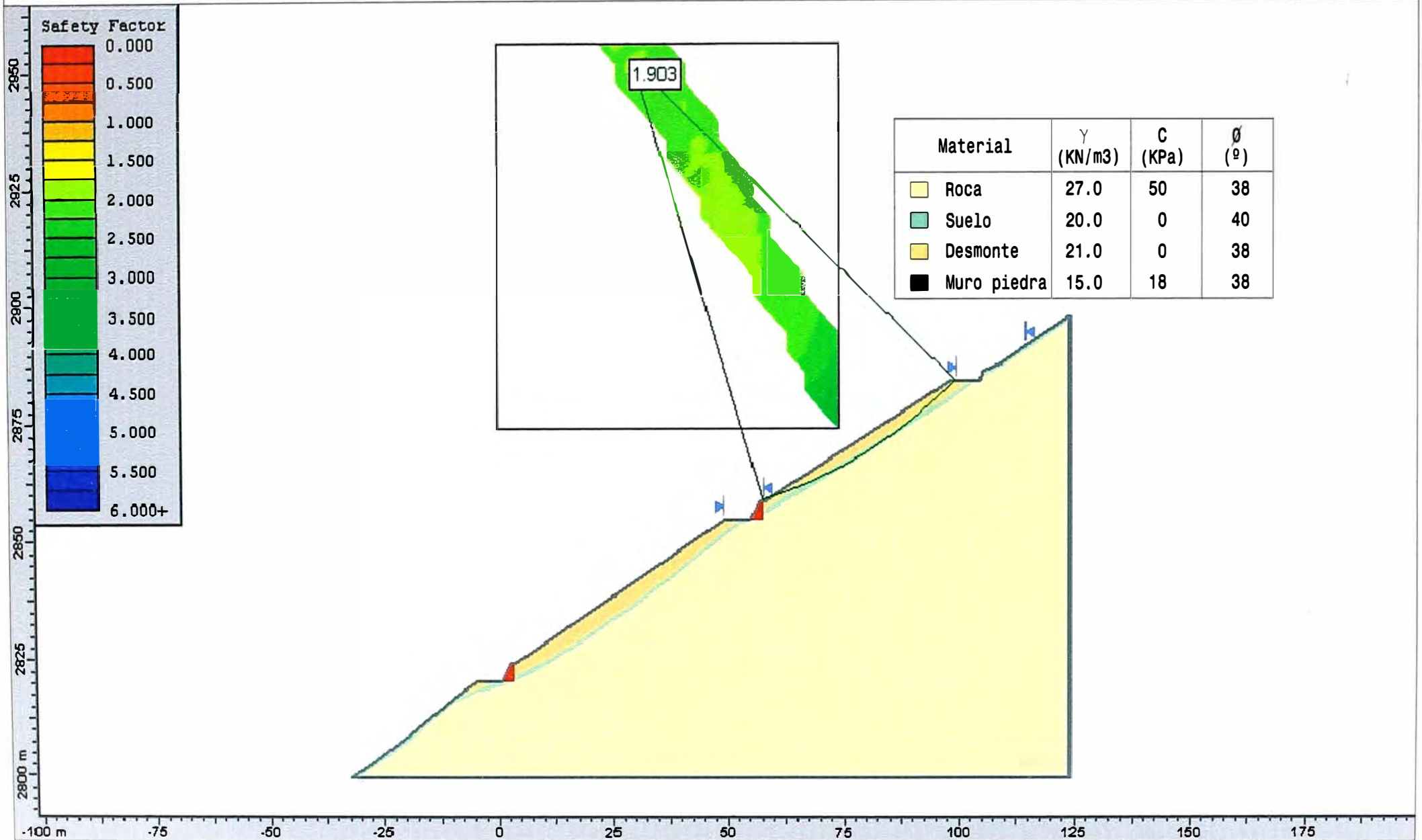


# DEPOSITO DE DESMONTE "PIEDRA GRANDE II"

SECCION AA - SUPERIOR- ANALISIS ESTATICO

x cava- Marzo 2006

SLIDE Safety Factor



# ***Slide Analysis Information***

## **Document Name**

File Name: seccion a-a superior estatico.sli

## **Project Settings**

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Failure Direction: Right to Left

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>

Groundwater Method: Water Surfaces

Data Output: Standard

Calculate Excess Pore Pressure: Off

Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off

Random Numbers: Pseudo-random Seed

Random Number Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

## **Analysis Methods**

Analysis Methods used:

Bishop simplified

Janbu simplified

Number of slices: 25

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

## **Surface Options**

Surface Type: Circular

Radius increment: 10

Minimum Elevation: Not Defined

Composite Surfaces: Disabled

Reverse Curvature: Create Tension Crack

## **Material Properties**

Material: mas rock

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 27 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 50 kPa

Friction Angle: 36 degrees

Water Surface: None

Material: suelo

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 40 degrees

Water Surface: None

Material: desmonte

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 21 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 38 degrees

Water Surface: None

Material: muro

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 15 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 18 kPa

Friction Angle: 38 degrees

Water Surface: None

## **Global Minimums**

Method: bishop simplified

FS: 1.902720

Center: 29.713, 2951.503

Radius: 97.028

Left Slip Surface Endpoint: 57.667, 2858.588

Right Slip Surface Endpoint: 99.501, 2884.092

Resisting Moment=249396 kN-m

Driving Moment=131073 kN-m

Method: janbu simplified

FS: 1.835030

Center: 55.626, 2902.537

Radius: 47.862

Left Slip Surface Endpoint: 54.714, 2854.683

Right Slip Surface Endpoint: 99.793, 2884.095

Resisting Horizontal Force=7028.79 kN

Driving Horizontal Force=3830.34 kN

## **Valid / Invalid Surfaces**

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 867

Number of Invalid Surfaces: 3984

Error Codes:

Error Code -101 reported for 21 surfaces

Error Code -104 reported for 1 surface

Error Code -113 reported for 46 surfaces

Error Code -1000 reported for 3916 surfaces

Method: janbu simplified

Number of Valid Surfaces: 867

Number of Invalid Surfaces: 3984

Error Codes:

Error Code -101 reported for 21 surfaces

Error Code -104 reported for 1 surface

Error Code -113 reported for 46 surfaces

Error Code -1000 reported for 3916 surfaces

## **Error Codes**

The following errors were encountered during the computation:

-101 = Only one (or zero)  
surface / slope intersections.

-104 = Same as -102. Surface / nonslope  
intersections also exist, but these points lie outside  
the arc defined by the two surface / slope intersections.

-113 = Surface intersects outside slope limits.

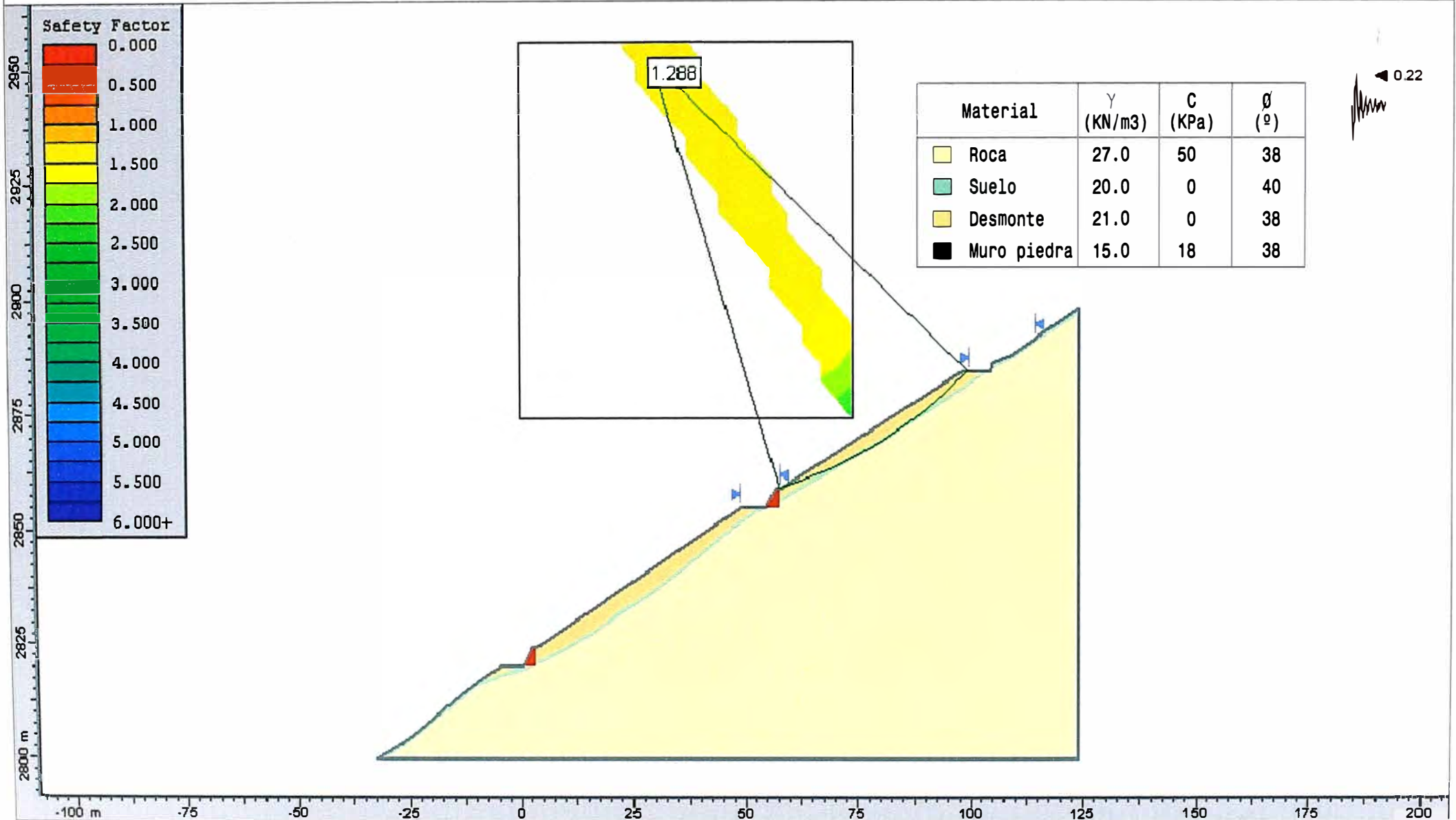
-1000 = No valid slip surfaces are generated  
at a grid center. Unable to draw a surface.

# DEPOSITO DE DESMONTE "PIEDRA GRANDE II"

SECCION AA - SUPERIOR- ANALISIS SEUDOESTATICO

x cava- Marzo 2006

SLIDE Safety Factor



# ***Slide Analysis Information***

## **Document Name**

File Name: seccion a-a superior pseudoestatico.sli

## **Project Settings**

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Failure Direction: Right to Left

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>

Groundwater Method: Water Surfaces

Data Output: Standard

Calculate Excess Pore Pressure: Off

Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off

Random Numbers: Pseudo-random Seed

Random Number Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

## **Analysis Methods**

Analysis Methods used:

Bishop simplified

Janbu simplified

Number of slices: 25

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

## **Surface Options**

Surface Type: Circular

Radius increment: 10

Minimum Elevation: Not Defined

Composite Surfaces: Disabled

Reverse Curvature: Create Tension Crack

## **Loading**

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.22

## **Material Properties**

Material: mas rock

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 27 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 50 kPa

Friction Angle: 36 degrees

Water Surface: None

Material: suelo

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Friction Angle: 40 degrees  
Water Surface: None

Material: desmonte  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 21 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Friction Angle: 38 degrees  
Water Surface: None

Material: muro  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 15 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 18 kPa  
Friction Angle: 38 degrees  
Water Surface: None

### **Global Minimums**

Method: bishop simplified  
FS: 1.287900  
Center: 29.713, 2951.503  
Radius: 97.028  
Left Slip Surface Endpoint: 57.667, 2858.588  
Right Slip Surface Endpoint: 99.501, 2884.092  
Resisting Moment=227882 kN-m  
Driving Moment=176940 kN-m

Method: janbu simplified  
FS: 1.230370  
Center: 55.626, 2918.858  
Radius: 64.649  
Left Slip Surface Endpoint: 48.874, 2854.564  
Right Slip Surface Endpoint: 114.096, 2891.278  
Resisting Horizontal Force=10698.6 kN  
Driving Horizontal Force=8695.43 kN

### **Valid / Invalid Surfaces**

Method: bishop simplified  
Number of Valid Surfaces: 867  
Number of Invalid Surfaces: 3984  
Error Codes:  
Error Code -101 reported for 21 surfaces  
Error Code -104 reported for 1 surface  
Error Code -113 reported for 46 surfaces  
Error Code -1000 reported for 3916 surfaces

Method: janbu simplified  
Number of Valid Surfaces: 867  
Number of Invalid Surfaces: 3984  
Error Codes:  
Error Code -101 reported for 21 surfaces  
Error Code -104 reported for 1 surface



Error Code -113 reported for 46 surfaces  
Error Code -1000 reported for 3916 surfaces

## **Error Codes**

The following errors were encountered during the computation:

-101 = Only one (or zero)  
surface / slope intersections.

-104 = Same as -102. Surface / nonslope  
intersections also exist, but these points lie outside  
the arc defined by the two surface / slope intersections.

-113 = Surface intersects outside slope limits.

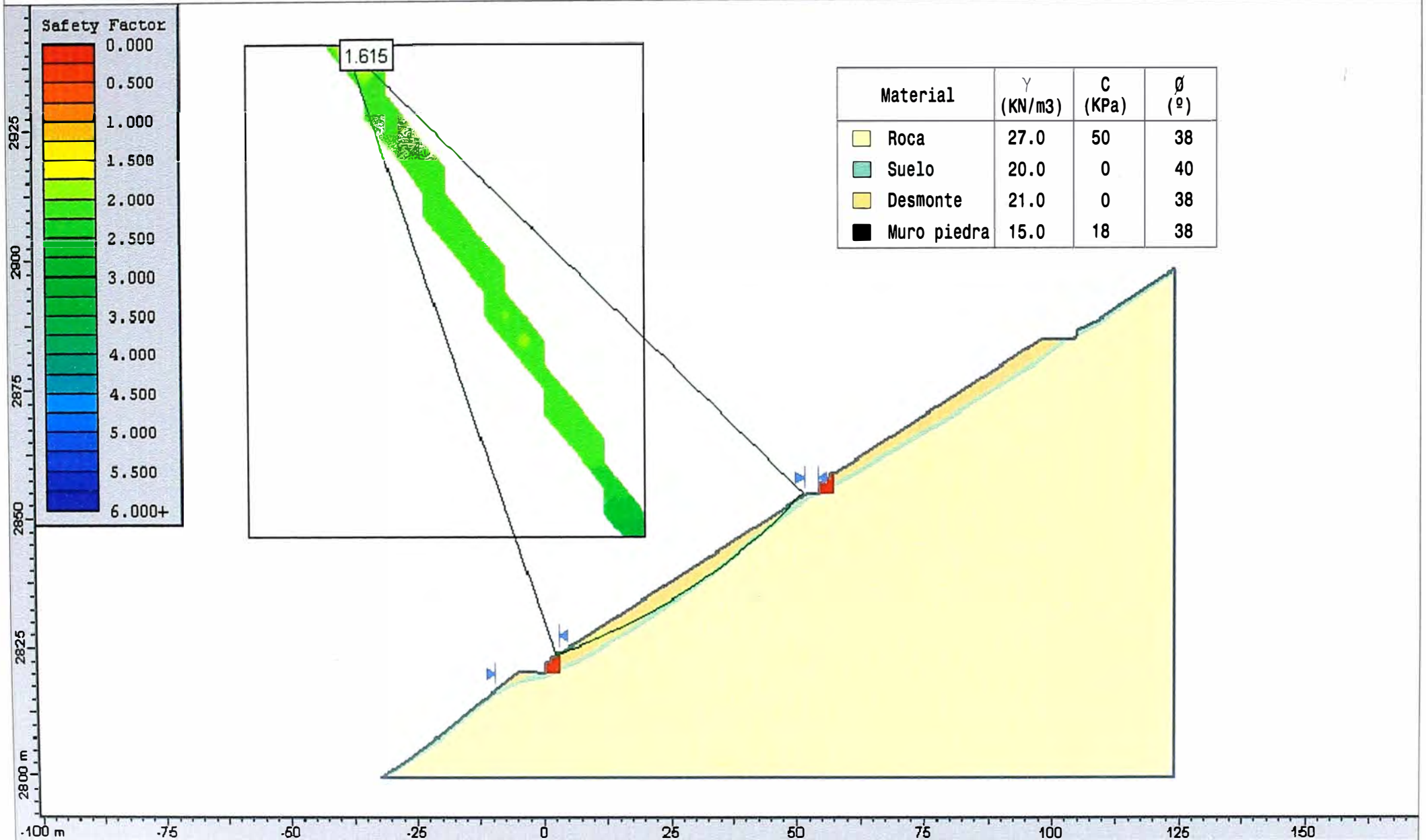
-1000 = No valid slip surfaces are generated  
at a grid center. Unable to draw a surface.

# DEPOSITO DE DESMONTE "PIEDRA GRANDE II"

SECCION AA - INFERIOR- ANALISIS ESTATICO

x cava- Marzo 2006

SLIDE Safety Factor



# ***Slide Analysis Information***

## **Document Name**

File Name: seccion aa inferior estatico.sli

## **Project Settings**

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Failure Direction: Right to Left  
Units of Measurement: SI Units  
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
Groundwater Method: Water Surfaces  
Data Output: Standard  
Calculate Excess Pore Pressure: Off  
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off  
Random Numbers: Pseudo-random Seed  
Random Number Seed: 10116  
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

## **Analysis Methods**

Analysis Methods used:  
Bishop simplified  
Janbu simplified

Number of slices: 25  
Tolerance: 0.005  
Maximum number of iterations: 50

## **Surface Options**

Surface Type: Circular  
Radius increment: 10  
Minimum Elevation: Not Defined  
Composite Surfaces: Disabled  
Reverse Curvature: Create Tension Crack

## **Material Properties**

Material: mas rock  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 27 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 50 kPa  
Friction Angle: 38 degrees  
Water Surface: None

Material: suelo  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Friction Angle: 40 degrees  
Water Surface: None

Material: desmonte  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 21 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Friction Angle: 36 degrees  
Water Surface: None

Material: muro  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 15 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 18 kPa  
Friction Angle: 38 degrees  
Water Surface: None

## **Global Minimums**

Method: bishop simplified  
FS: 1.614680  
Center: -38.381, 2941.325  
Radius: 125.108  
Left Slip Surface Endpoint: 2.696, 2823.153  
Right Slip Surface Endpoint: 51.604, 2854.407  
Left Slope Intercept: 2.696 2824.000  
Right Slope Intercept: 51.604 2854.407  
Resisting Moment=304933 kN-m  
Driving Moment=188850 kN-m

Method: janbu simplified  
FS: 1.618350  
Center: -38.381, 2941.325  
Radius: 125.108  
Left Slip Surface Endpoint: 2.696, 2823.153  
Right Slip Surface Endpoint: 51.604, 2854.407  
Left Slope Intercept: 2.696 2824.000  
Right Slope Intercept: 51.604 2854.407  
Resisting Horizontal Force=2032.91 kN  
Driving Horizontal Force=1256.17 kN

## **Valid / Invalid Surfaces**

Method: bishop simplified  
Number of Valid Surfaces: 583  
Number of Invalid Surfaces: 4268  
Error Codes:  
Error Code -101 reported for 12 surfaces  
Error Code -113 reported for 10 surfaces  
Error Code -1000 reported for 4246 surfaces

Method: janbu simplified  
Number of Valid Surfaces: 583  
Number of Invalid Surfaces: 4268  
Error Codes:  
Error Code -101 reported for 12 surfaces  
Error Code -113 reported for 10 surfaces  
Error Code -1000 reported for 4246 surfaces

## **Error Codes**

The following errors were encountered during the computation:

-101 = Only one (or zero)  
surface / slope intersections.

-113 = Surface intersects outside slope limits.

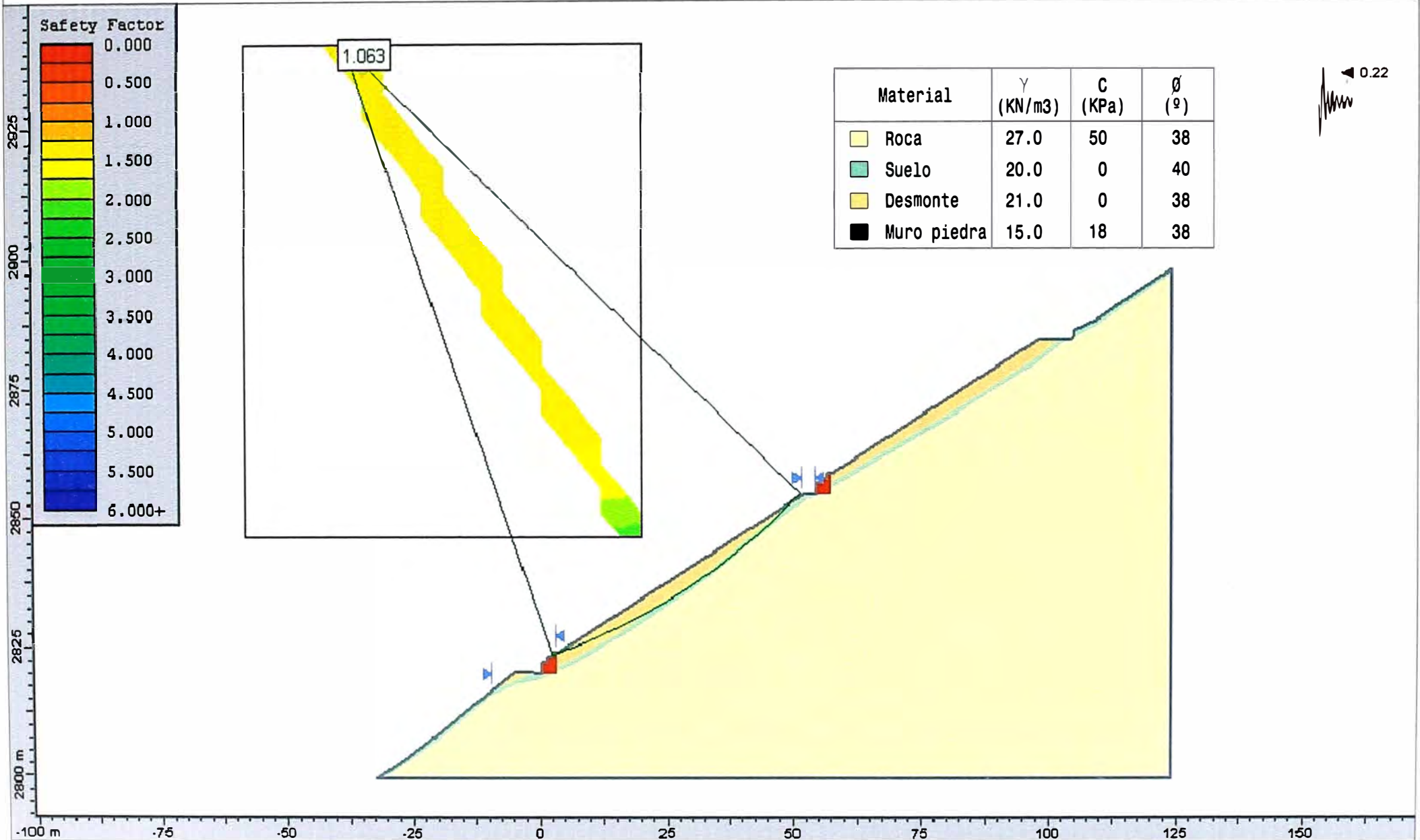
-1000 = No valid slip surfaces are generated  
at a grid center. Unable to draw a surface.

# DEPOSITO DE DESMONTE "PIEDRA GRANDE II"

SECCION AA - INFERIOR- ANALISIS SEUDOESTATICO

x cava- Marzo 2006

SLIDE Safety Factor



# ***Slide Analysis Information***

## **Document Name**

File Name: seccion aa inferior pseudoestatico.sli

## **Project Settings**

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Failure Direction: Right to Left

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>

Groundwater Method: Water Surfaces

Data Output: Standard

Calculate Excess Pore Pressure: Off

Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off

Random Numbers: Pseudo-random Seed

Random Number Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

## **Analysis Methods**

Analysis Methods used:

Bishop simplified

Janbu simplified

Number of slices: 25

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

## **Surface Options**

Surface Type: Circular

Radius increment: 10

Minimum Elevation: Not Defined

Composite Surfaces: Disabled

Reverse Curvature: Create Tension Crack

## **Loading**

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.22

## **Material Properties**

Material: mas rock

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 27 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 50 kPa

Friction Angle: 38 degrees

Water Surface: None

Material: suelo

Strength Type: Mohr-Coulomb



Unit Weight: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Friction Angle: 40 degrees  
Water Surface: None

Material: desmonte  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 21 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0 kPa  
Friction Angle: 36 degrees  
Water Surface: None

Material: muro  
Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 15 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 18 kPa  
Friction Angle: 38 degrees  
Water Surface: None

### **Global Minimums**

Method: bishop simplified  
FS: 1.063340  
Center: -38.381, 2941.325  
Radius: 125.108  
Left Slip Surface Endpoint: 2.696, 2823.153  
Right Slip Surface Endpoint: 51.604, 2854.407  
Left Slope Intercept: 2.696 2824.000  
Right Slope Intercept: 51.604 2854.407  
Resisting Moment=270514 kN-m  
Driving Moment=254400 kN-m

Method: janbu simplified  
FS: 1.065510  
Center: -38.381, 2941.325  
Radius: 125.108  
Left Slip Surface Endpoint: 2.696, 2823.153  
Right Slip Surface Endpoint: 51.604, 2854.407  
Left Slope Intercept: 2.696 2824.000  
Right Slope Intercept: 51.604 2854.407  
Resisting Horizontal Force=1806.92 kN  
Driving Horizontal Force=1695.82 kN

### **Valid / Invalid Surfaces**

Method: bishop simplified  
Number of Valid Surfaces: 583  
Number of Invalid Surfaces: 4268  
Error Codes:  
Error Code -101 reported for 12 surfaces  
Error Code -113 reported for 10 surfaces  
Error Code -1000 reported for 4246 surfaces

Method: janbu simplified  
Number of Valid Surfaces: 583  
Number of Invalid Surfaces: 4268

Error Codes:

Error Code -101 reported for 12 surfaces

Error Code -113 reported for 10 surfaces

Error Code -1000 reported for 4246 surfaces

**Error Codes**

The following errors were encountered during the computation:

-101 = Only one (or zero)  
surface / slope intersections.

-113 = Surface intersects outside slope limits.

-1000 = No valid slip surfaces are generated  
at a grid center. Unable to draw a surface.

**Anexo I**  
**Memoria de cálculo y justificación de**  
**las dimensiones del muro gavión.**

Project: tres

File: cesar

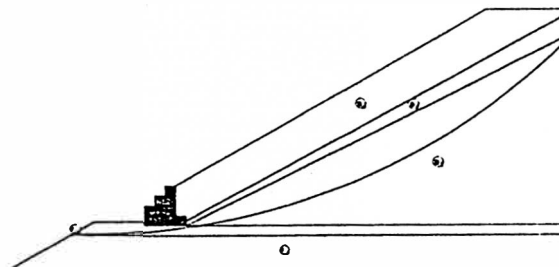
Date: 17/04/2002

**INPUT DATA**

**Wall data**

Wall batter : 0.00 deg  
 Rockfill unit weight : 27.00 kN/m<sup>3</sup>  
 Porosity of gabions : 30.00 %  
 Geotextile in the backfill : No  
 Friction reduction : %  
 Geotextile on the base : No  
 Friction reduction : %  
 Mesh and the wire diam.: 10x12, ø 2.7 mm CD

Layer	Length m	Width m	Offset m
1	4.00	1.00	-
2	3.00	1.00	0.00
3	2.00	1.00	1.00
4	1.00	1.00	2.00



**Backfill soil data**

Inclination of Stretch 1 : 30.00 deg  
 Length of stretch 1 : 30.00 m  
 Inclination of Stretch 2 : 0.00 deg  
 Soil unit weight : 21.00 kN/m<sup>3</sup>  
 Soil friction angle : 38.00 deg  
 Soil cohesion : 0.00 kN/m<sup>2</sup>

**Additional Backfill Layers**

Layer	Initial height m	Incl. angle deg	Unit weight kN/m <sup>3</sup>	Cohesion kN/m <sup>2</sup>	Friction angle deg
1	0.50	29.00	19.00	0.00	40.00
2	0.00	27.00	27.00	10.00	38.00

**Foundation data**

Top surface height : 0.30 m  
 Top surface init. length : 5.00 m  
 Top surface incl. angle : 30.00 deg  
 Soil unit weight : 19.00 kN/m<sup>3</sup>  
 Soil friction angle : 40.00 deg  
 Soil cohesion : 0.00 kN/m<sup>2</sup>  
 Foundation allowable pressure : kN/m<sup>2</sup>  
 Water table height : m

**Additional Foundation Layers**

Layer	Depth m	Unit weight kN/m <sup>3</sup>	Cohesion kN/m <sup>2</sup>	Friction angle deg
1	1.00	27.00	50.00	38.00

**Water profile data**

Initial height : m  
 Inclination of the 1st stretch : deg  
 Length of the 1st stretch : m  
 Inclination of the 2nd stretch : deg  
 Length of the 2nd stretch : m

**Loads data**

Distributed loads on backfill  
 First stretch : kN/m<sup>2</sup>  
 Second stretch : kN/m<sup>2</sup>

Distributed loads on wall.  
 Load : kN/m<sup>2</sup>

Line loads on backfill  
 Load 1 : kN/m Distance from wall face : m  
 Load 2 : kN/m Distance from wall face : m  
 Load 3 : kN/m Distance from wall face : m

Line load on wall  
 Load : kN/m Distance from wall face : m

**Seismic action data**

Horizontal coefficient : 0.22 Vertical coefficient :

**STABILITY ANALYSIS RESULTS****Active and Passive Thrust**

Active Thrust	:	530.85 kN/m
Point of application ref. to X axis	:	2.85 m
Point of application ref. to Y axis	:	4.59 m
Direction of the thrust ref. to X axis	:	52.04 deg
Passive Thrust	:	3.93 kN/m
Point of application ref. to X axis	:	0.00 m
Point of application ref. to Y axis	:	0.05 m
Direction of the thrust ref. to X axis	:	0.00 deg

**Sliding**

Normal force on the base	:	626.43 kN/m
Point of application ref. to X axis	:	0.07 m
Point of application ref. to Y axis	:	0.00 m
Shear force on the base	:	368.37 kN/m
Resisting force on the base	:	529.57 kN/m
Sliding Safety Coefficient	:	1.42

**Overturning**

Overturning Moment	:	1571.35 kN/m x m
Restoring Moment	:	1612.66 kN/m x m
Overturning Safety Coefficient	:	1.03

**Stresses Acting on Foundation**

Eccentricity	:	1.93 m
Normal stress on outer border	:	6333.13 kN/m <sup>2</sup>
Normal stress on inner border	:	0.00 kN/m <sup>2</sup>
Max. allowable stress on the foundation	:	685.21 kN/m <sup>2</sup>
Warning. Not all base is used!		

Program released in license to: MACCAFERRI WEB VERSION PERU

Project: tres

File: cesar

Date: 17/04/2002

**Overall Stability**

Initial distance at pivot leftside : m  
 Initial distance at pivot rightside : m  
 Initial depth referred to base : m  
 Max depth allowed in calculation : m  
 Center of the arch referred to X axis : -5.21 m  
 Center of the arch referred to Y axis : 63.67 m  
 Radius of the arch : 64.65 m  
 Number of search surfaces : 79  
**Overall Stability Safety Coefficient : 1.21**

**Internal Stability**

Layer	H m	N kN/m	T kN/m	M kN/m x m	$\tau_{Max}$ kN/m <sup>2</sup>	$\tau_{All}$ kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_{Max}$ kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_{All}$ kN/m <sup>2</sup>
1	3.00	261.27	214.21	-437.66	71.40	85.65	-77.98	650.79
2	2.00	136.65	114.80	-233.72	57.40	70.89	-39.95	
3	1.00	63.13	60.77	-338.39	60.77	66.81	-5.89	



# **FOTOGRAFIAS**

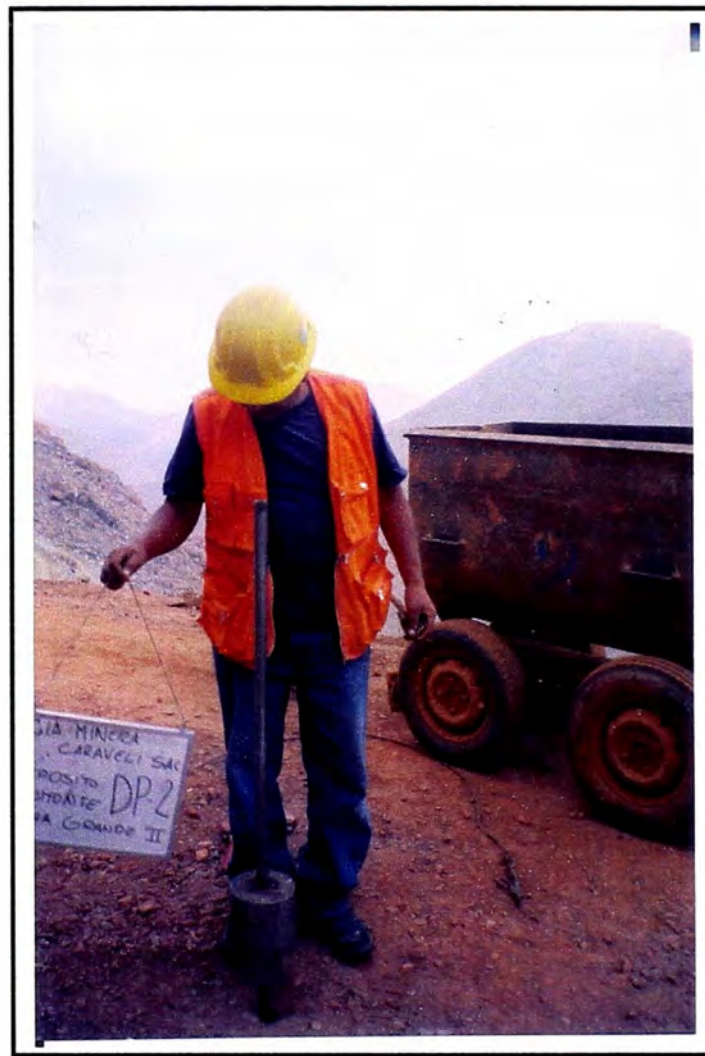


**Fotografía N° 01** : Vista general del Depósito de Desmonte "Piedra Grande II", nivel 2860





**Fotografía N° 02: Vista de la ejecución del ensayo de exploración DP-1**

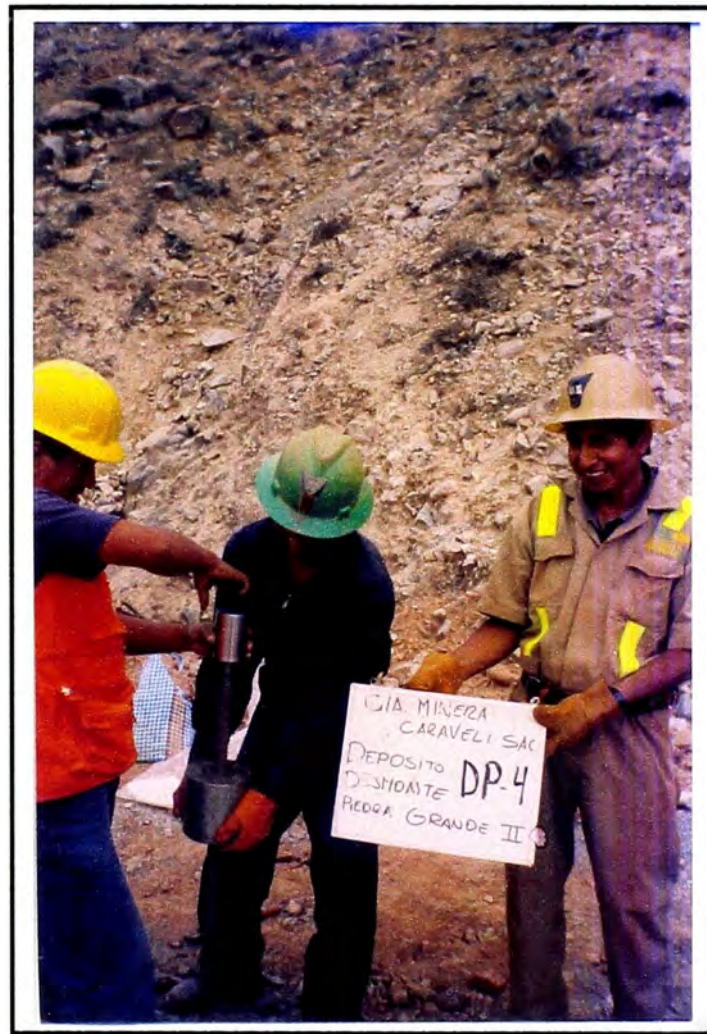


**Fotografía N° 03: Vista de la ejecución del ensayo de exploración DP-2, sobre desmonte**





**Fotografía N° 04: Vista de la ejecución del ensayo de exploración DP-3**

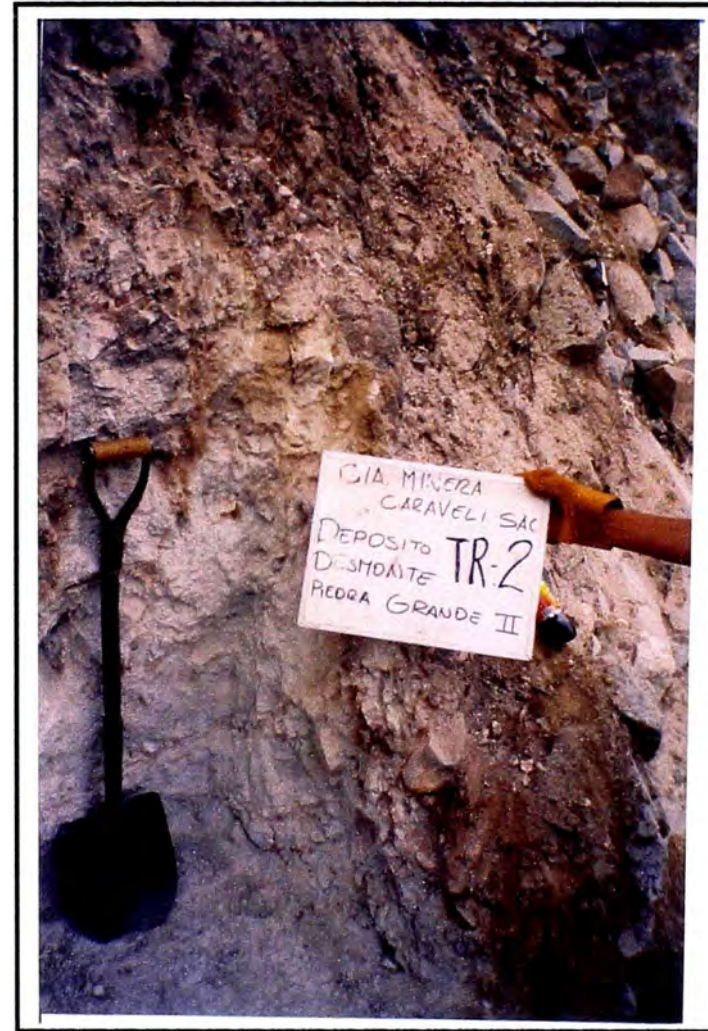


**Fotografía N° 05: Vista de la ejecución del ensayo de exploración DP-4, sobre desmonte**





Fotografía N° 06: Vista de la excavación de la calicata trinchera TR-1



Fotografía N° 06: Vista de la excavación de la calicata trinchera TR-2



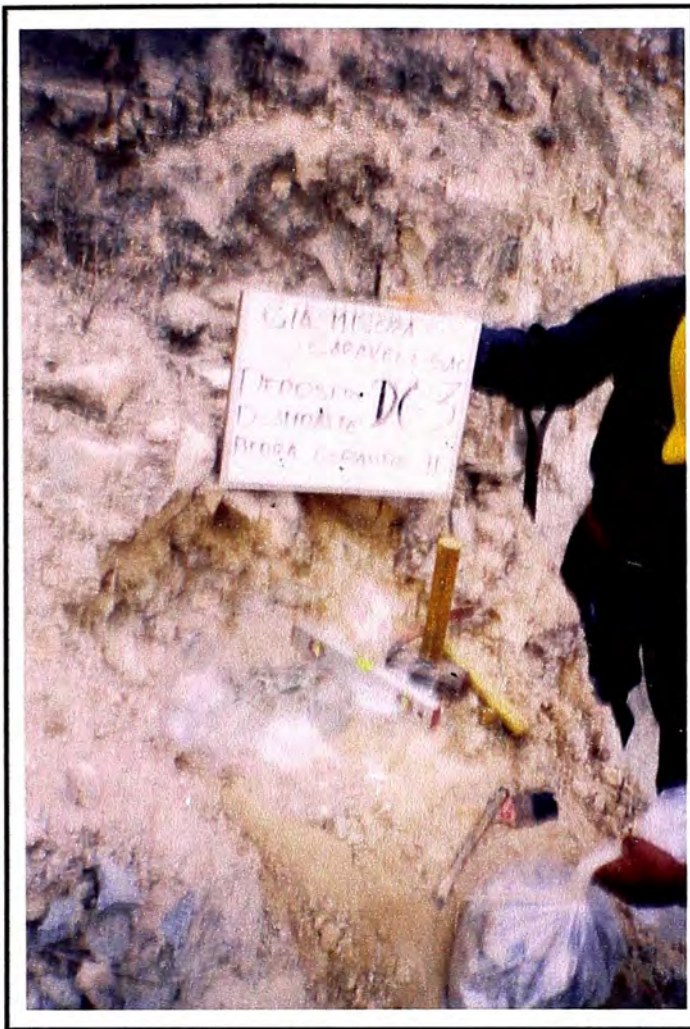


Fotografía N° 08: Vista de la Densidad de campo DC-1.



Fotografía N° 09: Vista de la Densidad de campo DC-3.





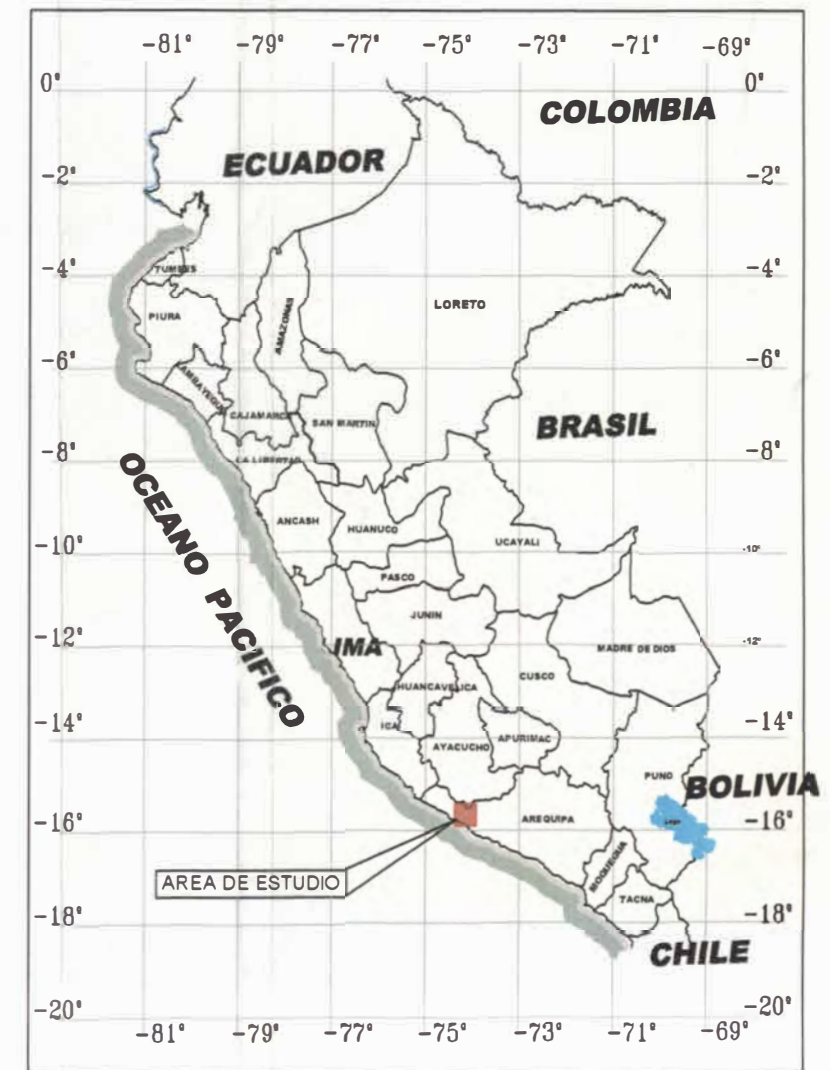
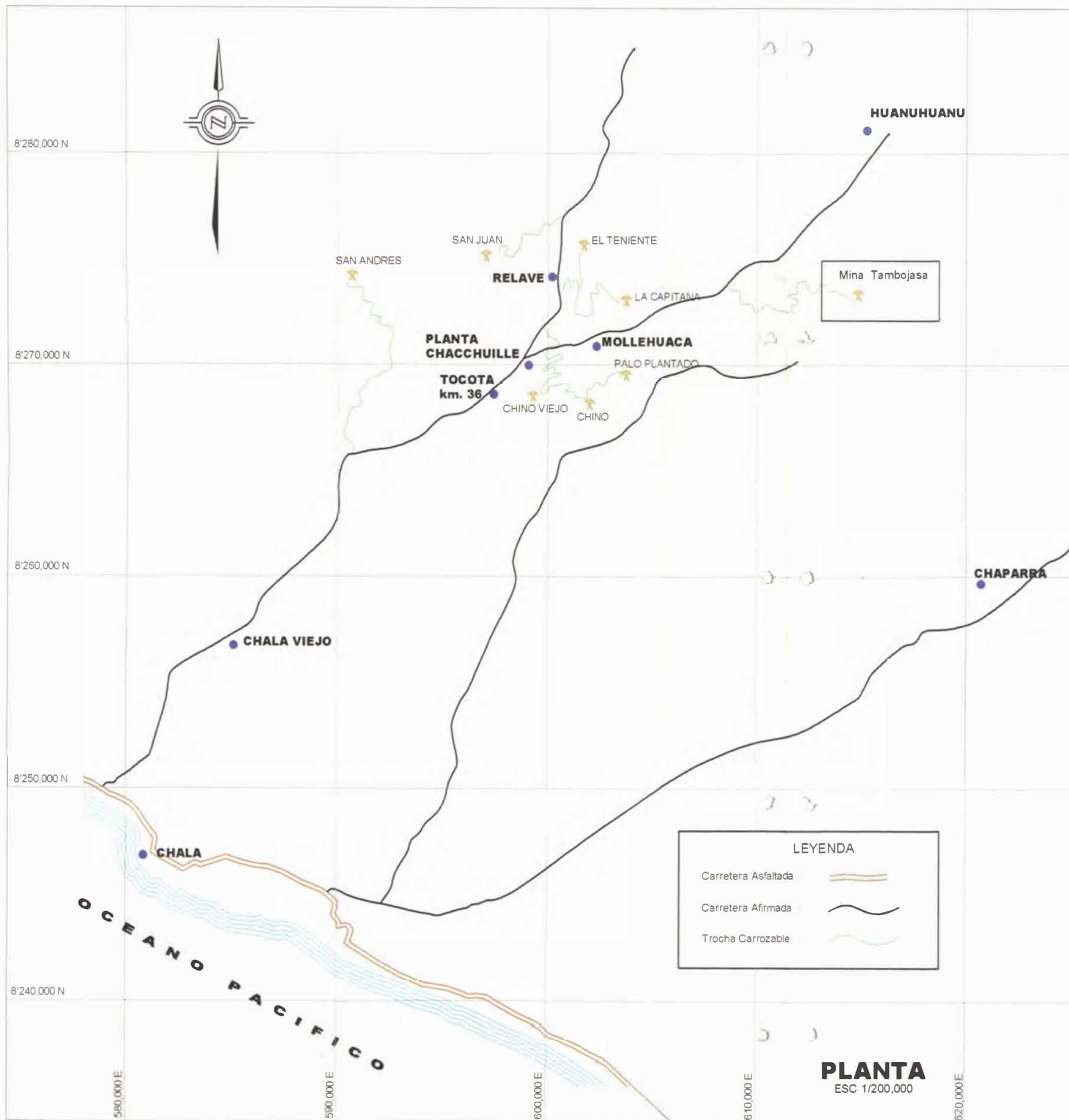
Fotografía N° 10: Vista de la Densidad de campo DC-3.



Fotografía N° 11.- Vista de la Densidad de campo DC-4.



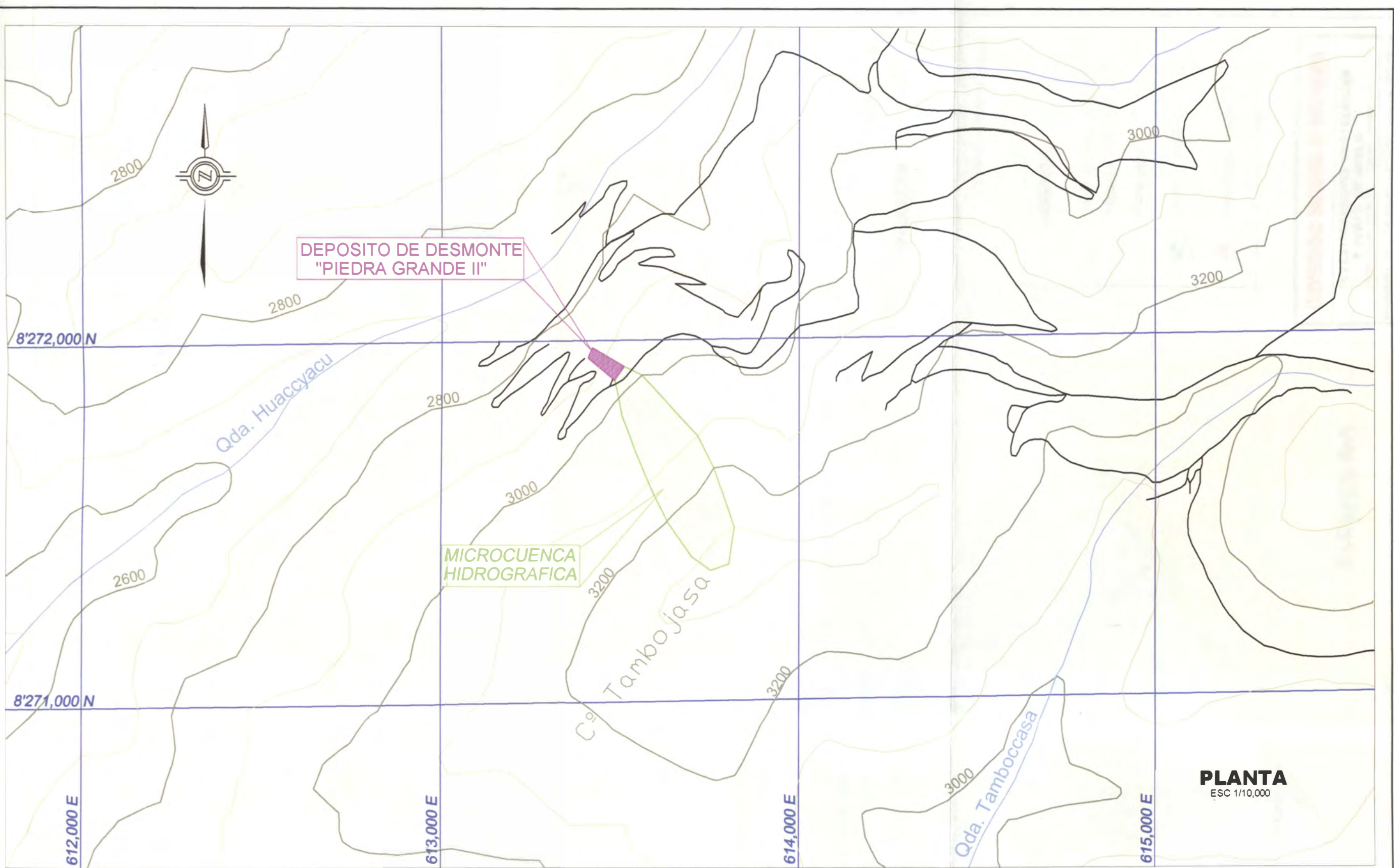
# PLANOS



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**PLANO DE UBICACION Y ACCESO**  
DEPOSITO DE DESMONTE "PIEDRA GRANDE II"

<b>UBICACION:</b> DIST. HUANUHUANO PROV. CARAVELI DPTO. AREQUIPA	<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>LAMINA:</b> <b>01</b>
	<b>FECHA:</b> MARZO 2006	



**PLANTA**  
ESC 1/10,000

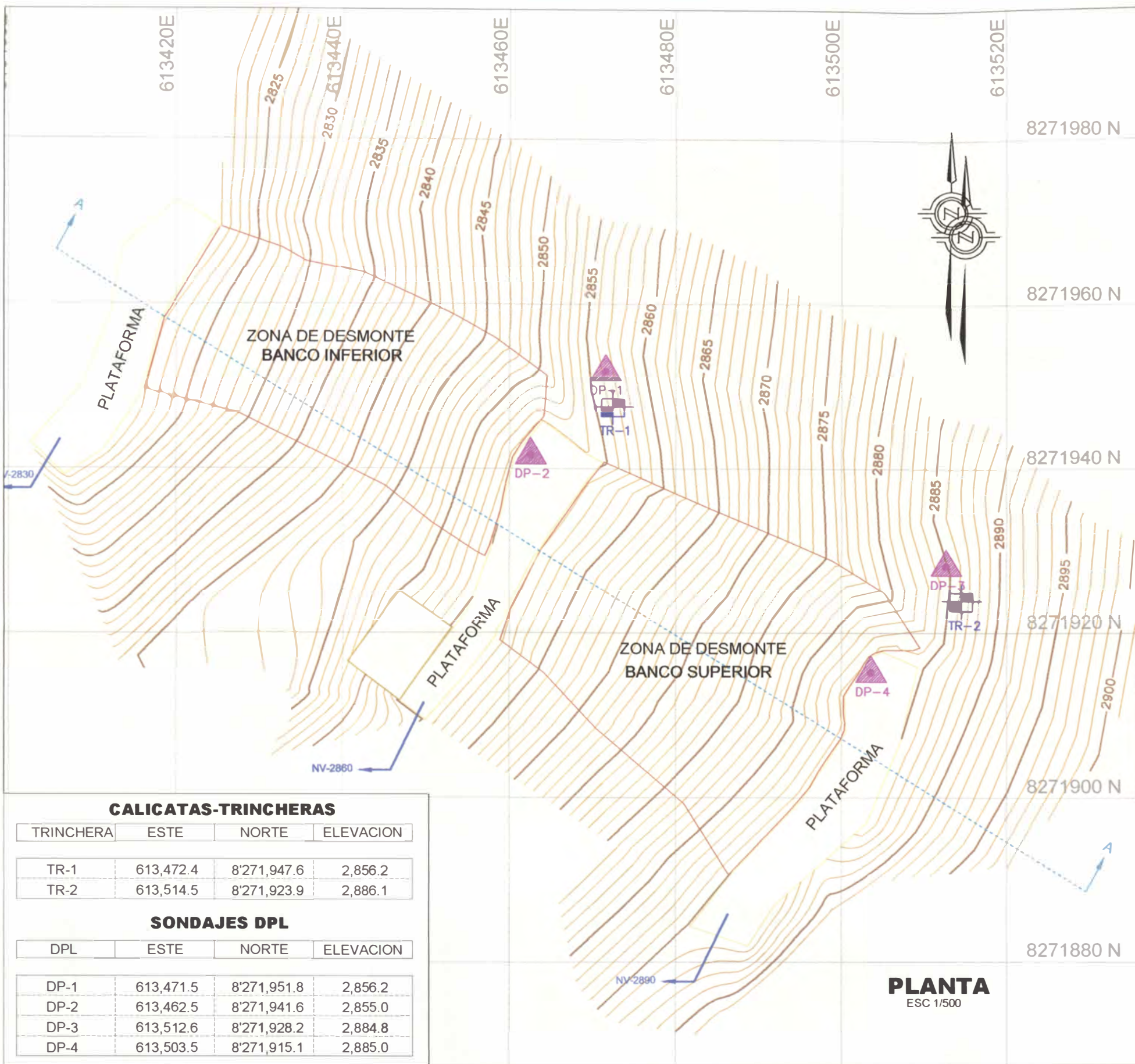
DATUM U.T.M. PSAD 56 - Zona 18

LEYENDA	
	CAUCE DE QUEBRADAS (SECAS EN INVIERNO)
	AREA DE LA MICROCUENCA HIDROLOGICA
	AREA DEL DEPOSITO DE DESMONTE
	TROCHA CARROZABLE

CARACTERISTICAS HIDROGRAFICAS DE LA MICROCUENCA	
AREA DE LA MICROCUENCA HIDROGRAFICA	= 8.6 Ha
PERIMETRO DE LA MICROCUENCA HIDROGRAFICA	= 1.30 Km
LONGITUD DE LA MICROCUENCA	= 0.60 Km
PENDIENTE DE LA MICROCUENCA	= 30 %

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>		
<b>PLANO HIDROLOGICO</b>		
DEPOSITO DE DESMONTE "PIEDRA GRANDE II"		
UBICACION : DIST. HUANUHUANO PROV. CARAVELI DPTO. AREQUIPA	ESCALA : INDICADA FECHA : MARZO 2006	LAMINA : <b>02</b>





**CALICATAS-TRINCHERAS**

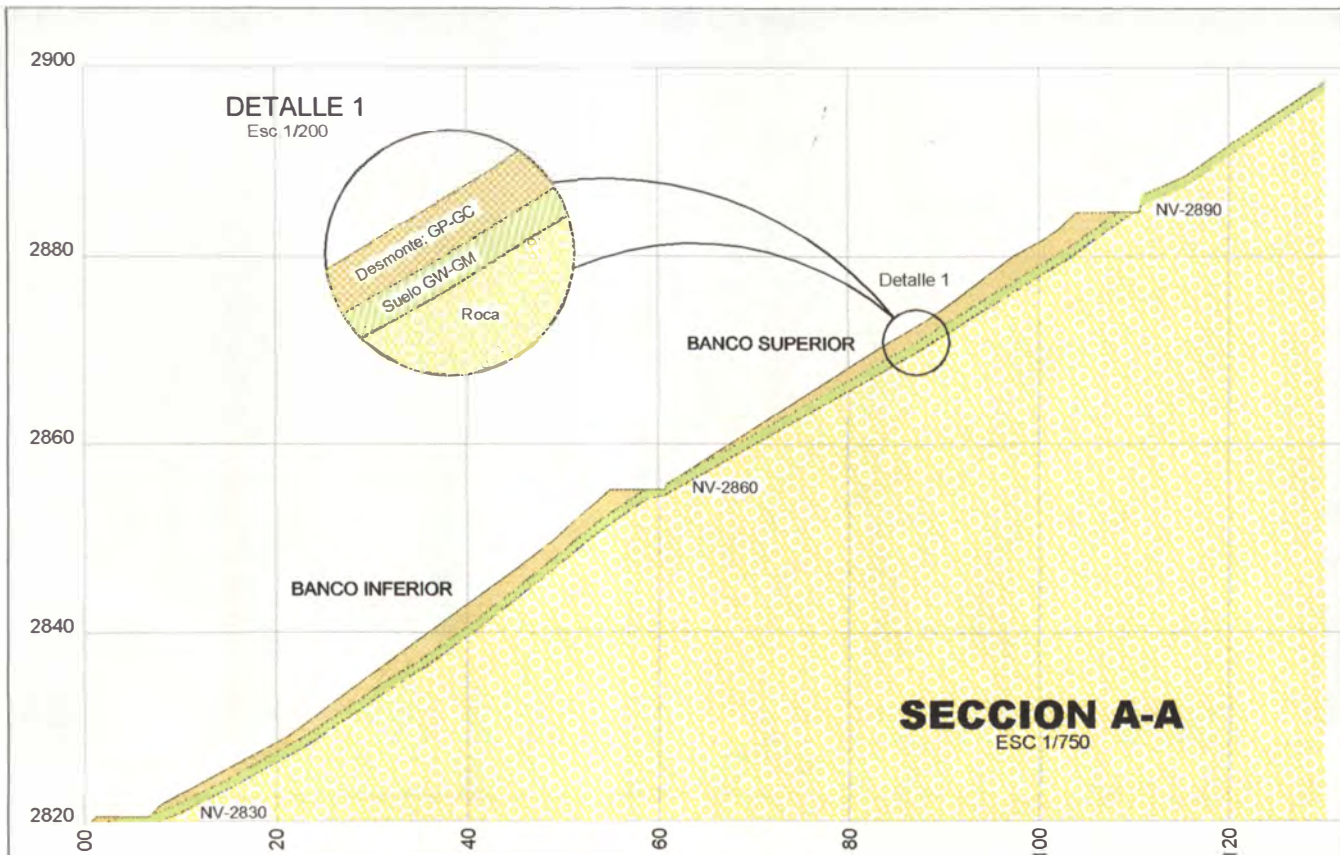
TRINCHERA	ESTE	NORTE	ELEVACION
TR-1	613,472.4	8'271,947.6	2,856.2
TR-2	613,514.5	8'271,923.9	2,886.1

**SONDAJES DPL**

DPL	ESTE	NORTE	ELEVACION
DP-1	613,471.5	8'271,951.8	2,856.2
DP-2	613,462.5	8'271,941.6	2,855.0
DP-3	613,512.6	8'271,928.2	2,884.8
DP-4	613,503.5	8'271,915.1	2,885.0

**PLANTA**  
ESC 1/500

DATUM U.T.M. PSAD 56 - Zona 18



**LEYENDA**

- CURVA DE NIVEL C/5 M
- CURVA DE NIVEL C/1 M
- PLATAFORMA
- CALICATA-TRINCHERA  
C-1
- PENETRACION LIGERA  
DP-1

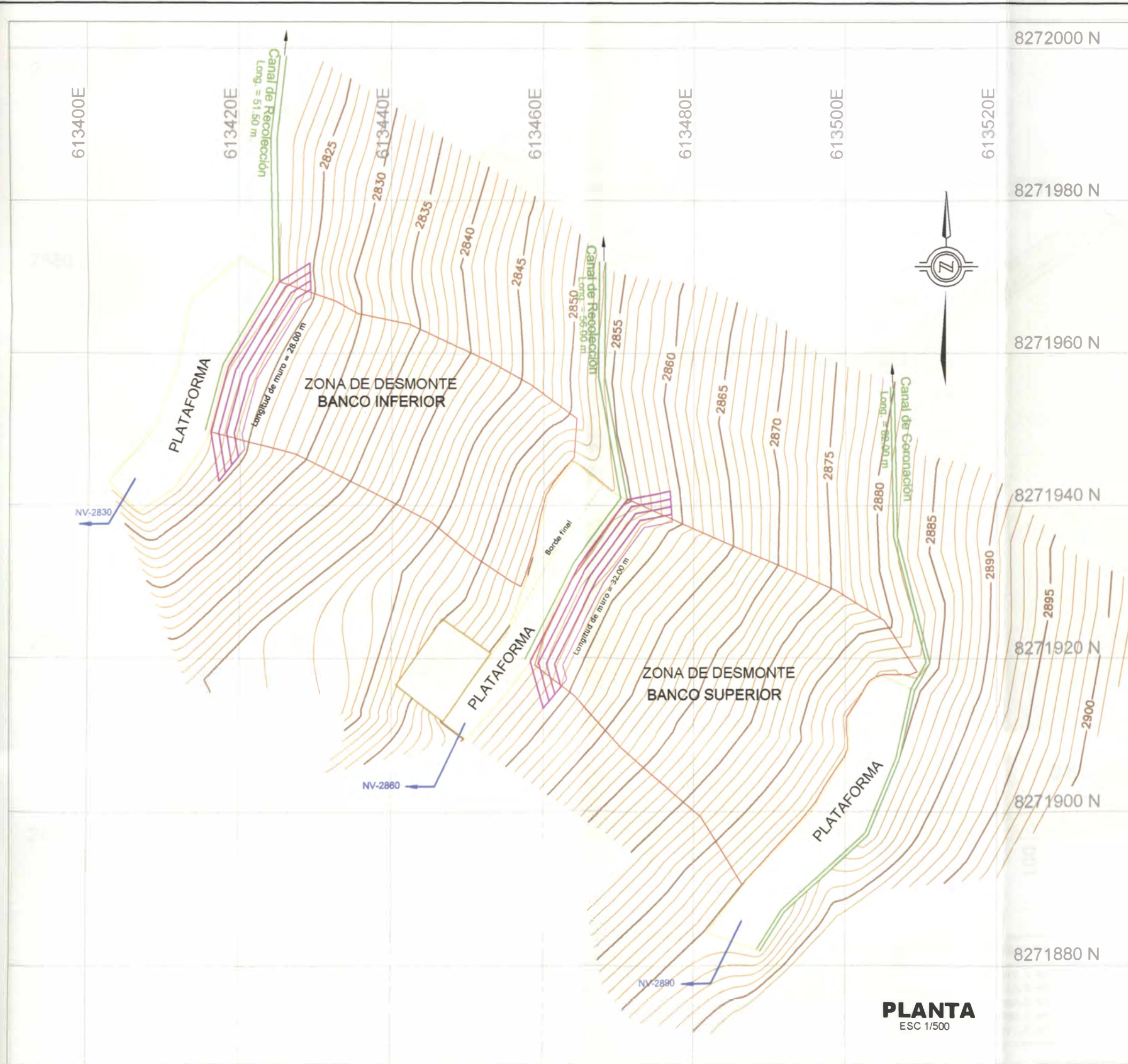
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**INVESTIGACIONES GEOTECNICAS  
Y PERFIL DE SUELO**

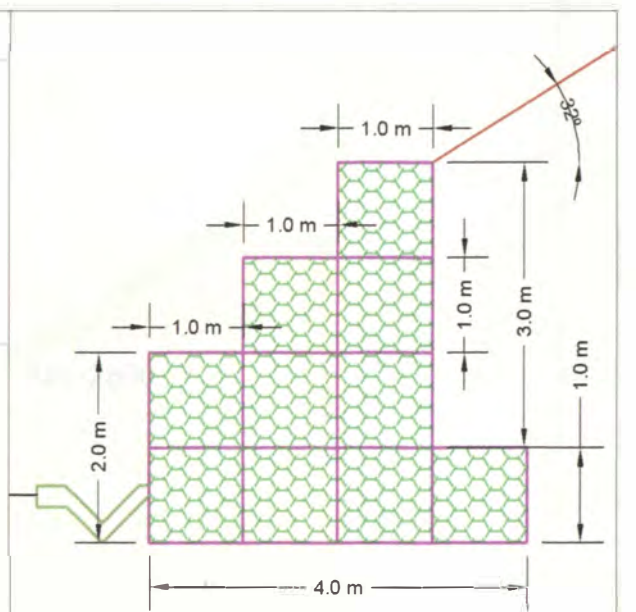
DEPOSITO DE DESMONTE "PIEDRA GRANDE II"

<b>UBICACION:</b> DIST. HUANUHUANU PROV. CARAVELI DPTO. AREQUIPA	<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>LAMINA:</b>
	<b>FECHA:</b> MARZO 2006	<b>03</b>

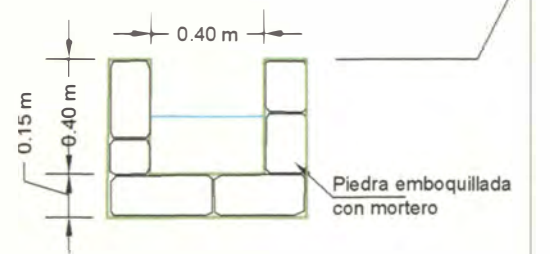




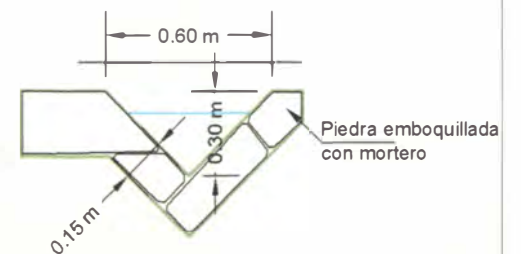
**PLANTA**  
ESC 1/500



**MURO DE CONTENCION (GAVION)**  
ESC 1/75



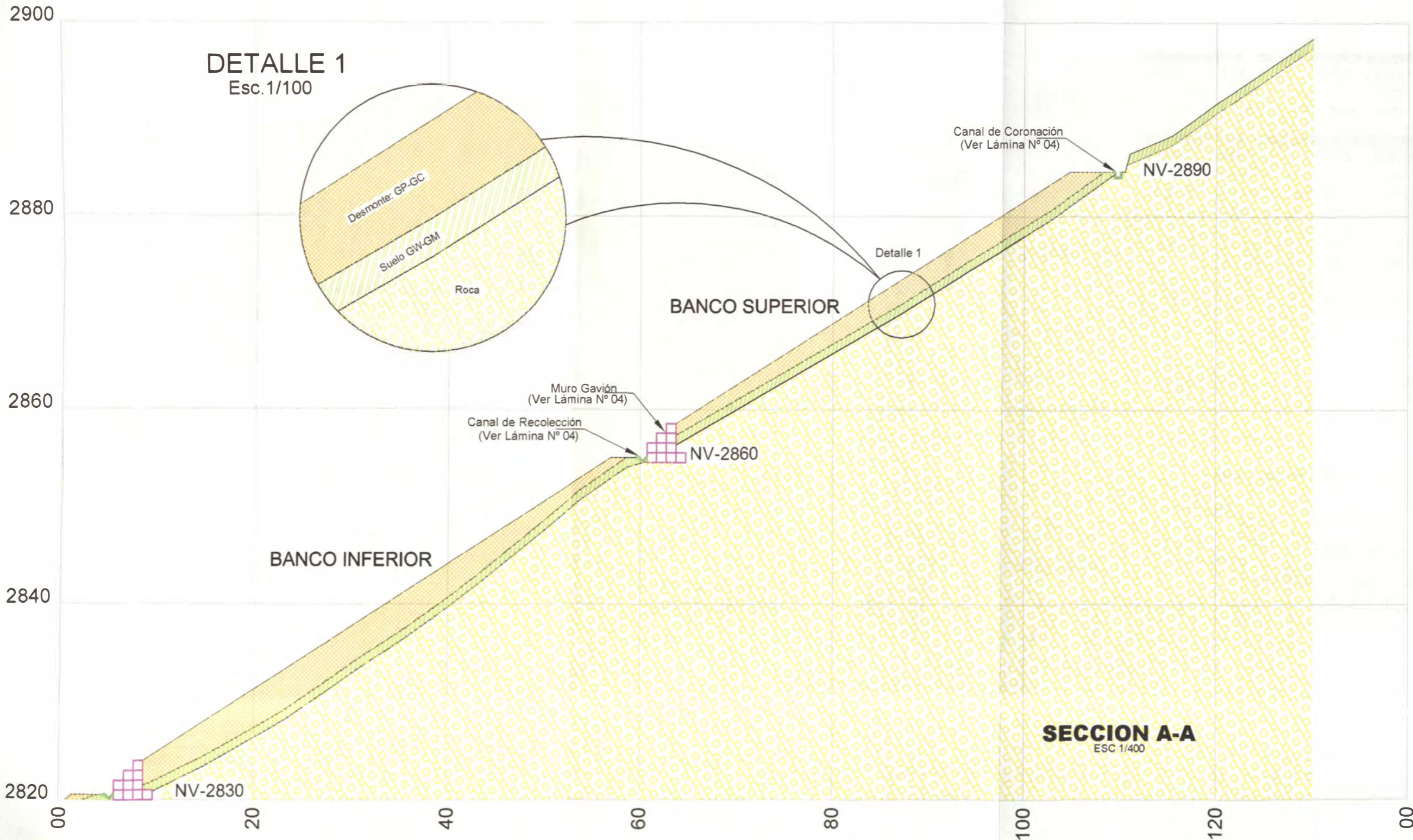
**CANAL DE CORONACION**  
ESC 1/25



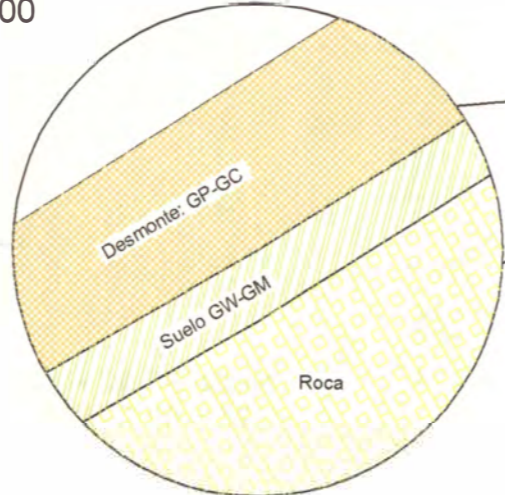
**CANAL DE RECOLECCION**  
ESC 1/25

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>		
<b>DISPOSICION GENERAL</b>		
DEPOSITO DE DESMONTE "PIEDRA GRANDE II"		
<b>UBICACION :</b> DIST. HUANUHUANU PROV. CARAVELI DPTO. AREQUIPA	<b>ESCALA :</b> INDICADA <b>FECHA :</b> MARZO 2006	<b>LAMINA :</b> <b>04</b>





**DETALLE 1**  
Esc.1/100



CARACTERISTICAS GEOMETRICAS FINALES DEL DEPOSITO DE DESMORTE			
BANCO SUPERIOR		BANCO INFERIOR	
En el Talud, Dist. Horizontal	= 47.5 m	En el Talud, Dist. Horizontal	= 52.9 m
En el talud. Dist. Vertical	= 30.0 m	En el talud. Dist. Vertical	= 35.0 m
Altura desmorte	= 3.0 m	Altura desmorte	= 3.0 m
Ancho del Depósito	= 32.5 m	Ancho del Depósito	= 22.5 m
Longitud del muro Gavión	= 32.0 m	Longitud del muro Gavión	= 28.0 m
Angulo del talud de desmorte	= 32°	Angulo del talud de desmorte	= 32°

VOLUMEN DEL DEPOSITO DE DESMORTE	
Volumen Muro Superior	= 320.0 m <sup>3</sup>
Volumen Desmorte Superior	= 3,080.0 m <sup>3</sup>
Volumen Muro Inferior	= 280.0 m <sup>3</sup>
Volumen Desmorte Inferior	= 3,480.0 m <sup>3</sup>
Volumen TOTAL de desmorte	= 7,160.0 m <sup>3</sup>

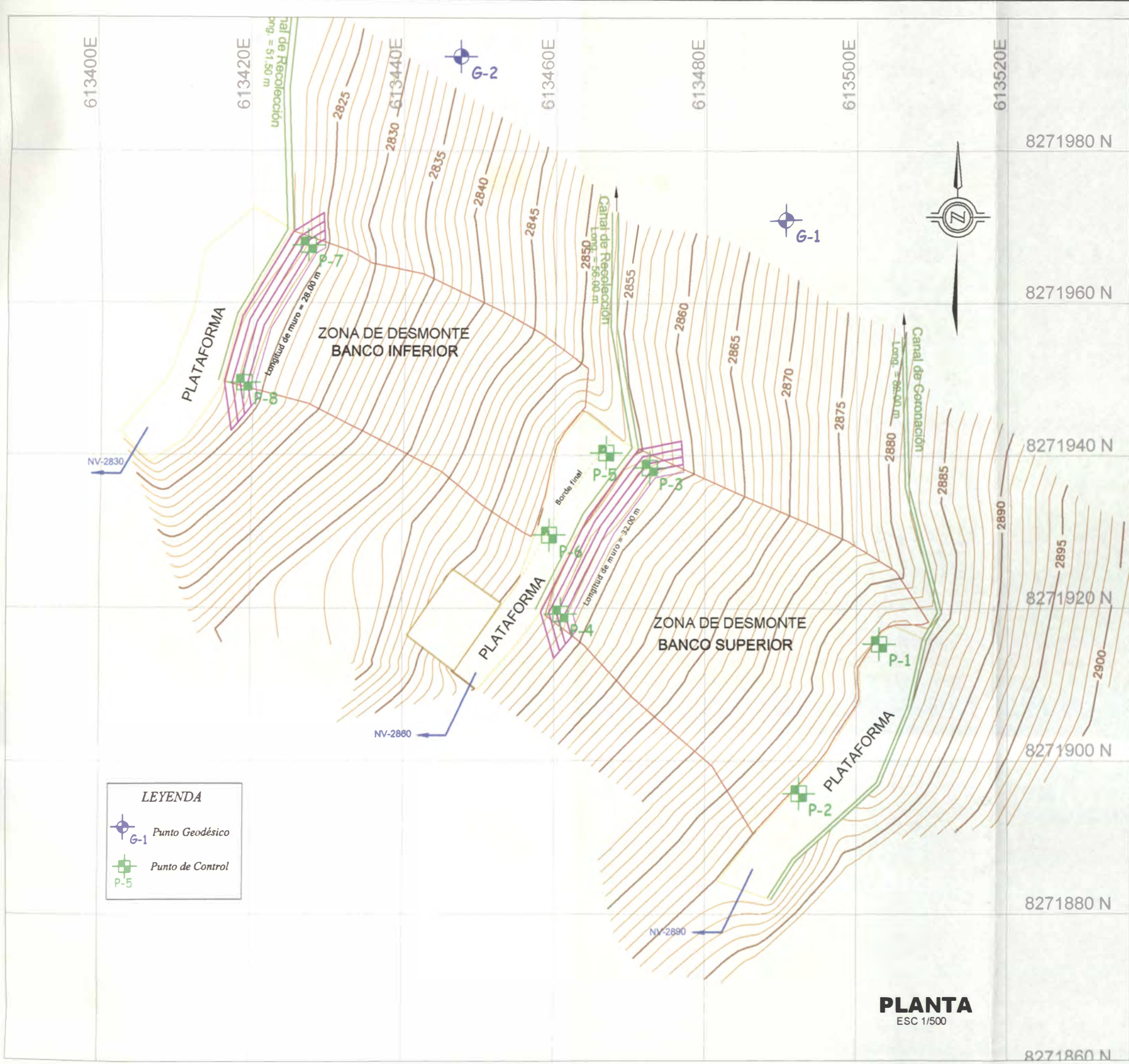
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**SECCION TIPICA**

DEPOSITO DE DESMORTE "PIEDRA GRANDE II"

UBICACION: DIST. HUANUHUANU PROV. CARAVELI DPTO. AREQUIPA	ESCALA: INDICADA FECHA: MARZO 2006	LAMINA: <b>05</b>
---	---------------------------------------	----------------------





**COORDENADAS U.T.M. - UBICACION DE PUNTOS GEODESICOS**

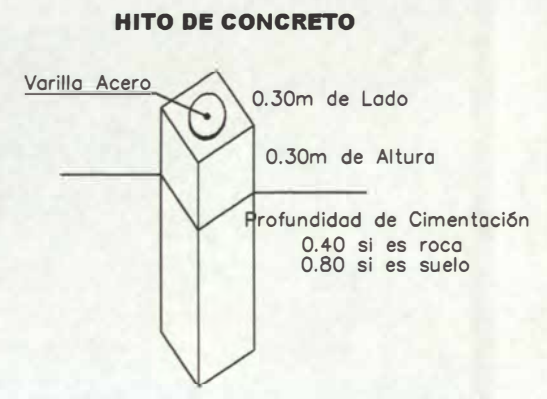
PUNTO	ESTE	NORTE	ELEVACION
G-1	613,490.5	8'271,971.0	2,867.5
G-2	613,447.5	8'271,992.4	2,834.8

**COORDENADAS U.T.M. - UBICACION DE PUNTOS DE CONTROL**

PUNTO	ESTE	NORTE	ELEVACION
P-1	613,503.0	8'271,915.4	2,885.0
P-2	613,492.4	8'271,895.8	2,885.0
P-3	613,472.7	8'271,938.4	2,858.5
P-4	613,460.9	8'271,919.3	2,858.5
P-5	613,466.9	8'271,940.3	2,855.0
P-6	613,459.4	8'271,929.6	2,855.0
P-7	613,427.2	8'271,967.6	2,824.5
P-8	613,418.8	8'271,949.5	2,824.5

**LEYENDA**

	Punto Geodésico
	Punto de Control



DETALLE DE PUNTO DE CONTROL GEODESICO

**PLANTA**  
ESC 1/500

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**MONITOREO GEOTECNICO**

DEPOSITO DE DESMONTE "PIEDRA GRANDE II"

<b>UBICACION:</b> DIST. HUANUHUANO PROV. CARAVELI DPTO. AREQUIPA	<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>LAMINA:</b> <b>06</b>
<b>FECHA:</b> MARZO 2006		