

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**TESIS PROFESIONAL**

**ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE LA PRESA DE  
RELAVES COLLPARACRA MINERA MILPO  
ANCASH - PERÚ**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO GEÓLOGO**

**Elaborado por:**

**Bach. ATALIAS INFANTE QUISPE**

**Asesor:**

**Ing. REINALDO RODRÍGUEZ CRUZADO**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2014**

## **DEDICATORIA**

*A mis hermanos (a), porque siempre estuvieron para ayudarme, motivarme y hacer todo lo posible para lograr mis sueños. Por todo su apoyo y aprecio, a ustedes por siempre en mi corazón.*

*Y en especial a mi padre Julián Infante T., por confiar en mí y formarme como una persona de bien, tú eres mi ejemplo, mi inspiración, te admiro y te amo con todo mi corazón.*

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios, por la sabiduría que me da, por la tenacidad de buscar siempre lo mejor y poder lograrlo y de colmarme de muchas bendiciones.*

*A los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica: por sus enseñanzas y motivación en mi formación profesional.*

*A la empresa Geotécnica SAC. En especial al Ing. Mauro Zuñiga Umeres, por facilitarme la información para el desarrollo de mi tesis*

*A mi esposa e hija, por su apoyo y comprensión.*

*Un agradecimiento especial por la comprensión, paciencia y el ánimo recibidos de mi familia y amigos.*

*Al Ing. Reinaldo Rodríguez Cruzado, por la orientación, el seguimiento y la supervisión Continúa de la misma, por su apoyo, dedicación y tiempo no solo durante el desarrollo de esta tesis sino también por las enseñanzas como docente en mi formación profesional.*

# CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
LISTA DE TABLAS.....	vi
LISTA DE GRÁFICOS .....	vii
LISTA DE FOTOGRAFÍAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT .....	x
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	3
2.1 Antecedentes .....	3
2.2 Bases teóricas .....	3
2.3 Definición de términos.....	16
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1 Generalidades.....	18
3.1.1 Ubicación .....	18
3.1.2 Accesibilidad.....	19
3.1.3 Clima.....	20
3.2 Geología .....	26
3.2.1 Geología regional .....	26
3.2.2 Geología local .....	29
3.3 Geomorfología .....	35
3.4 Eventos geodinámicos.....	36
3.5 Geología estructural .....	38
3.5.1 Aspectos estructurales del área de estudio .....	38
3.5.2 Análisis estructural de los flancos y valle de la presa de relaves.....	40
3.6 Investigación sísmica .....	44
3.6.1 Aspectos sísmicos del área.....	44
3.6.2 Sismicidad histórica .....	44

	Pág.
3.6.3	Análisis determinístico..... 44
3.6.4	Análisis probabilístico..... 45
3.6.5	Ensayos de refracción sísmica ..... 47
3.6.6	Ensayos MASW ..... 47
3.7	Hidrogeología..... 49
3.7.1	Ensayos de permeabilidad..... 49
3.7.2	Análisis del comportamiento hidrogeológico ..... 52
3.8	Investigación geotécnica ..... 55
3.8.1	Investigación geotécnica de campo..... 55
3.8.2	Ensayos de laboratorio ..... 61
3.8.3	Caracterización geotécnica..... 66
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS ..... 69	
4.1	Área del depósito de relaves. .... 69
4.2	Área de la presa de relaves..... 70
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 74	
5.1	Conclusiones ..... 74
5.2	Recomendaciones..... 75
BIBLIOGRAFIA..... 76	
ANEXOS..... 77	

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Pág.</b>
Figura 2.1	Carta de plasticidad SUCS ASTM D2487.....	6
Figura 2.2	Diagrama de flujo para la clasificación de suelos de partículas gruesas.....	7
Figura 2.3	Diagrama de flujo para la clasificación de suelos de partículas finas.....	8
Figura 2.4	Diagrama de flujo para suelos orgánicos de partículas finas.....	9
Figura 2.5	Interpretación de los tipos de materiales litológicos y velocidades de onda P ....	15
Figura 3.1	Ubicación del área de estudio .....	18
Figura 3.2	Accesibilidad al área de estudio .....	20
Figura 3.3	Contexto estructural sobre la cual se sitúa el proyecto magistral.....	39
Figura 3.4	Principales planos, proyección estereográfica EM-1 .....	40
Figura 3.5	Principales planos, proyección estereográfica EM-2 .....	41
Figura 3.6	Principales planos, proyección estereográfica EM-3.....	42
Figura 3.7	Principales planos, proyección estereográfica EM-4.....	43
Figura 3.8	Curva de amenaza sísmica para la aceleración horizontal máxima.....	46
Figura 3.9	Variación de la permeabilidad con la profundidad en el macizo rocoso.....	54

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla</b>		<b>Pág.</b>
Tabla 2.1	Símbolos de grupo clasificación SUCS .....	5
Tabla 2.2	Proctor Estandar ASTM D 698.....	10
Tabla 2.3	Puntaje según el valor del R.Q.D.....	11
Tabla 2.4	Puntaje según la resistencia a la Compresión Simple.....	12
Tabla 2.5	Puntaje según espaciamiento de discontinuidades .....	12
Tabla 2.6	Puntaje según las condiciones de las discontinuidades generalizada.....	12
Tabla 2.7	Puntaje según las condiciones de las discontinuidades detallada.....	13
Tabla 2.8	Puntaje según las condiciones del agua subterránea.....	13
Tabla 2.9	Corrección por la orientación de las discontinuidades.....	13
Tabla 2.10	Clasificación Geomecánica final .....	14
Tabla 3.1	Accesibilidad a través de las dos rutas.....	19
Tabla 3.2	Variación de la precipitación anual para años lluviosos y secos .....	21
Tabla 3.3	Variación de la precipitación anual.....	22
Tabla 3.4	Rangos de temperaturas y humedad relativa.....	23
Tabla 3.5	Evaporación mensual promedio.....	24
Tabla 3.6	Velocidad y dirección del viento.....	25
Tabla 3.7	Radiación solar promedio.....	25
Tabla 3.8	Ensayos de Refracción Sísmica.....	47
Tabla 3.9	Ubicación de los ensayos de MASW.....	47
Tabla 3.10	Ensayos de MASW.....	48
Tabla 3.11	Ensayos de permeabilidad en sondajes.....	51
Tabla 3.12	Ensayos de permeabilidad en calicatas.....	52
Tabla 3.13	Resumen de calicatas efectuadas con fines de fundación.....	56
Tabla 3.14	Resumen de sondajes.....	58
Tabla 3.15	Resultado de los Ensayos Estándar.....	63
Tabla 3.16	Ensayos especiales en muestras de calicatas.....	65
Tabla 3.17	Ensayos de Carga Puntual en Sondajes.....	65

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico</b>		<b>Pág.</b>
Gráfico 3.1	Precipitación regional .....	22
Gráfico 3.2	Temperatura.....	23
Gráfico 3.3	Humedad relativa.....	24
Gráfico 3.4	Evaporación .....	24

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

<b>Foto</b>		<b>Pág.</b>
Foto 3.1	Depósitos morrénicos.....	30
Foto 3.2	Depósitos de gravas y cantos.....	30
Foto 3.3	Suelo orgánico.....	31
Foto 3.4	Coluvios.....	32
Foto 3.5	Suelo orgánico mezclado con clastos .....	32
Foto 3.6	Afloramiento de calizas.....	34
Foto 3.7	Calizas de la Formación Jumasha.....	34
Foto 3.8	Valle donde se va a cimentar la presa de relaves .....	36
Foto 3.9	Estribo izquierdo donde se va a cimentar la presa de relaves.....	37
Foto 3.6	Quebrada Laguna Blanca, .....	37

## RESUMEN

La Presa de Relaves Collparacra es parte del Proyecto Magistral, propiedad de la Empresa Minera Milpo; se ubica en el distrito de Conchucos, provincia de Pallasca y departamento de Ancash; regionalmente se sitúa en la parte Norte del Perú en la Cordillera Occidental de los Andes.

El objetivo de la presente tesis profesional es determinar la caracterización geológica-geotécnica del área en el cual se va a cimentar la presa de relaves Collparacra. Para ello se desarrolló un trabajo de gabinete, campo y laboratorio. Estos trabajos incluyeron la revisión de la información disponible, mapeo geológico de superficie, investigaciones geofísicas, calicatas, perforaciones y toma de muestras de roca y suelo representativas para ensayos de laboratorio. La investigación geológica comprende: cartografiado geológico, geomorfológico y estructural

En la Investigación geofísica, se realizaron cinco (5) líneas de refracción sísmica y seis (6) ensayos Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW). En la Investigación geotécnica, se realizaron treinta y tres (33) calicatas para determinar el tipo de suelo, con una profundidad mínima de 1.20 m y una profundidad máxima de 7.50 m, en ninguna de las calicatas se tuvo contacto con roca; se determinó la permeabilidad en calicatas seleccionadas mediante ensayos tipo Lefranc y se extrajeron muestras representativas de suelo para ensayo de laboratorio. Asimismo se ejecutaron siete (07) sondajes bien distribuidos en el área a cimentar, alcanzando una profundidad máxima de 250.00 m. Se determinó la conductividad hidráulica mediante ensayos tipo Lugeon y Lefranc, y se extrajeron muestras representativas de rocas para ensayos de laboratorio.

En base a los resultados de las investigaciones de campo y laboratorio se realizó un análisis e interpretación del estado actual del área en cual se va a cimentar la presa de relaves Collparacra, obteniendo como resultado: cinco (5) unidades geotécnicas, siendo las rocas más frecuentes los tipos II (RMR de 61 a 80) y III (RMR de 41 a 60), la conductividad hidráulica varía con la profundidad de  $7.5 \times 10^{-5}$  cm/s a  $5.3 \times 10^{-6}$  cm/s.

*Palabras Claves:* Relaves, presa de relaves, refracción sísmica, unidad Lugeon, calicata, sondaje, lecho rocoso.

## ABSTRACT

Collparacra Tailings Dam is part of the Master Project, owned by Empresa Minera Milpo; is located in the district of Conchucos Pallasca province, Ancash, regionally is located in the northern part of Peru in the western Cordillera of the Andes.

The objective of this thesis is to determine professional geotechnical characterization of the area in which you will build the tailings dam Collparacra. For this, a field survey and geotechnical investigation in the tailings dam was developed. These works included the review of available information, surface geological mapping, geophysical surveys, test pits, drilling and sampling of representative soil and rock laboratory testing.

Geological research comprises mapped geological, geomorphological and structural

In Geophysical Research, five (5) seismic refraction lines and six (6) tests Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) were performed.

In the geotechnical investigations, thirty-three (33) test pits were performed to determine the type was ground with a minimum depth of 1.20 m and a maximum depth of 7.50 m in any of the test pits were had contact with rock; permeability in selected pits was determined by Lefranc tests and representative soil samples were taken for laboratory testing. It was also executed seven (07) drill holes are well distributed in the area to build, reaching a maximum depth of 250.00 m hydraulic conductivity type was determined by testing Lugeon and Lefranc, and representative rock samples for laboratory tests were taken.

Based on the results of field investigations and laboratory analysis and interpretation of the current status of the area in which it is to build the tailings dam Collparacra was performed. Resulting in: 5 geotechnical units, the most common rock types II (RMR of 61-80) and III (RMR of 41-60), the hydraulic conductivity varies with depth of  $7.5 \times 10^{-5}$  cm / s to  $5.3 \times 10^{-6}$  cm / s.

Keywords: Tailings, tailings dam, seismic refraction, Lugeon unit test pit, probing bedrock.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La Compañía Minera Milpo S.A. es una empresa privada que se dedica a la explotación y procesamientos de minerales, actualmente viene desarrollando el Proyecto Magistral; uno de los requisitos para el inicio de las operaciones de la mina es contar con un lugar para depositar los relaves provenientes de la planta de tratamiento de sulfuros. Para lo cual, en el año 2012 contrató a Golder Associates para realizar el estudio de pre-factibilidad de la presa de relaves Collparacra y a la empresa Geotécnica S.A.C. para encargar la ejecución de las perforaciones.

La quebrada Collparacra se ubica en un valle glacial, con acumulación de sedimentos cuaternarios, el macizo rocoso está compuesta por rocas lutáceas, margosas, calizas y areniscas, la presencia de una falla local en el área se considera el principal rasgo estructural. Las calizas presentes en ambos flancos de la quebrada se encuentran afectados por fracturas; la cual amerita un estudio de la caracterización geológico-geotécnico suelo – roca del terreno en el cual se va a cimentar la estructura, para evitar a futuro el colapso de la presa. Frente a este problema se formula la siguiente pregunta: ¿Cuál es el comportamiento geológico – geotécnico de la zona de cimentación de la presa de relaves Collparacra?

En base a la pregunta, se plantea los siguientes objetivos: Determinar la caracterización geológica-geotécnica del lugar donde se cimentará la presa de relaves Collparacra considerando los aspectos geodinámicos y sísmicos, evaluar las condiciones geológicas geomorfológicas y geodinámicas donde se cimentará la presa de relaves Collparacra, evaluar las características geomecánicas del macizo suelo – roca del área de cimentación, realizar perforaciones hidrogeológicas y geotécnicas con recuperación de testigos, analizar el comportamiento hidráulico, mediante ensayos de permeabilidad in situ, determinar los parámetros geomecánicos e hidráulicos del suelo – roca; y como fin académico obtener el título profesional de Ingeniero Geólogo.

Se seleccionó el lugar para cimentar la represa de relaves de acuerdo a la siguiente hipótesis: las condiciones geológicas y geomorfológicas de la zona donde se construirá la presa de relaves Collparacra, presentan características geotécnicas favorables para la estabilidad de la presa. Justificando el estudio de la investigación con la necesidad de ubicar los relaves definió la realización del Estudio Geotécnico para el Diseño de la Presa de Relaves Collparacra Minera

Milpo Ancash – Perú; con el cual se evaluó hasta límites razonables de estabilidad en suelos y rocas en ambos estribos para la implantación de la presa. Los alcances del presente estudio es lograr un aporte técnico ingenieril, mediante un análisis integrado de la información de los registros de los instrumentos así como de las investigaciones geotécnicas necesarias que sirvan de base en el diseño y cimentación de la presa de relaves Collparacra; se realizará una investigación de tipo transversal, cuantitativa y analítica.

Se desarrolló una metodología y un procedimiento por etapas: primera etapa consiste en buscar y compilar información existente, la segunda etapa en realizar una investigación de campo, la tercera etapa en la clasificación sistemática e interpretación de los resultados de campo y ensayos de laboratorio, y finalmente la presentación y sustentación del informe.

La distribución de los capítulos es de la siguiente manera:

Capítulo II: Marco teórico, bases teóricas y definición de términos base.

Capítulo III: materiales y métodos, donde se detalla la metodología utilizada y la descripción de los materiales.

Capítulo IV: Análisis y discusión de resultados, referido al tema de la tesis.

Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones, obtenidas en base a los objetivos planteados.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes**

- En 1995, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), realizó un estudio de la geología del cuadrángulo de Pallasca, el cual se encuentra desarrollado en la Hoja 17-h y el Boletín N° 60 de la Carta Geológica Nacional Serie A.
- En 2007, la Empresa Samuel Engineering Inc. realizó el estudio de Factibilidad de todo el Proyecto Magistral, para la Empresa Inca Pacific Resources Inc.
- En 2012, Golder Associates inicia el estudio de pre-factibilidad, Evaluación Geológica del área del depósito de relaves Quebrada Collparacra.
- En 2012 y 2013, Geotécnica S.A.C. es encargada de ejecutar las perforaciones en toda el área de Magistral.

#### **2.2 Bases teóricas**

##### **2.2.1 Clasificación de suelos**

###### **- Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)**

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Unified Soil Classification System (USCS)), fue presentado por Arthur Casagrande, usado para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se puede clasificar suelos con tamaños menores de tres (3) pulgadas; se representa mediante un símbolo con dos letras, B. Das (2001).

Los suelos de granos grueso y fino se distinguen mediante el tamizado del material por el tamiz N°. 200. Los suelos gruesos corresponden a los retenidos en dicho tamiz y los finos a los que lo pasan, de esta forma se considera que un suelo es grueso si más del 50% de las partículas del mismo son retenidas en el tamiz N°. 200

y fino si más del 50% de sus partículas son menores que dicho tamiz. Los suelos se designan por símbolos de grupo. El símbolo de cada grupo consta de un prefijo y un sufijo. Los prefijos son las iniciales de los nombres en inglés de los seis principales tipos de suelos (grava, arena, limo, arcilla, suelos orgánicos de grano fino y turbas), mientras que los sufijos indican subdivisiones en dichos grupos.

Esta clasificación divide los suelos en:

- **Suelos gruesos.** Se dividen en gravas y arena, y se separan con el tamiz N° 4, de manera que un suelo pertenece al grupo de grava si más del 50% retiene el tamiz N° 4 y pertenecerá al grupo arena en caso contrario.
- **Suelos finos.** El sistema unificado considera los suelos finos divididos entre grupos: limos inorgánicos (M), arcillas inorgánicas (C) y limos y arcillas orgánicas (O). Cada uno de estos suelos se subdivide a su vez según su límite líquido, en dos grupos cuya frontera es  $Ll = 50\%$ . Si el límite líquido del suelo es menor de 50 se añade al símbolo general la letra L (low compressibility). Si es mayor de 50 se añade la letra H (high compressibility). Obteniéndose de este modo los siguientes tipos de suelos:

**ML:** Limos Inorgánicos de baja compresibilidad.

**OL:** Limos y arcillas orgánicas.

**CL:** Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad.

**CH:** Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad.

**MH:** Limos inorgánicos de alta compresibilidad.

**OH:** arcillas y limos orgánicas de alta compresibilidad.

- **Suelos orgánicos.** Constituidos fundamentalmente por materia orgánica. Son inservibles como terreno para cimentación.

Tabla 2.1 Símbolos de grupo clasificación SUCS.

Tipo de Suelo	Prefijo	Subgrupo	Sufijo
Grava	G	Bien gradada	W
Arena	S	Pobremente gradada	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Límite líquido bajo (<50)	H

*Suelos gruesos.*

Para que el suelo sea una grava debe cumplirse lo siguiente: retiene el tamiz N° 4 > ½ FG, retiene el tamiz N° 4: 100 menos lo que pasa el tamiz N° 4

Para que el suelo sea una arena debe cumplirse lo siguiente: retiene el tamiz N° 4 < ½ FG

Las gravas con 5 a 12% de finos requieren el uso de símbolos dobles:

- GW-GM grava bien gradada con limo;
- GW-GC grava bien gradada con arcilla;
- GP-GM grava mal gradada con limo;
- GP-GC grava mal gradada con arcilla.

Las arenas con 5 a 12% de finos requieren el uso de símbolos dobles:

- SW-SM arenas bien gradada con limo;
- SW-SC arenas bien gradada con arcilla;
- SP-SM arena mal gradada con limo;
- SP-SC arena mal gradada con arcilla.

$$Cu = D_{60}/D_{10} \quad Cc = D_{30}^2/D_{60} \cdot D_{10}$$

Cu: Coeficiente de uniformidad.

Cc: Coeficiente de curvatura.

Si los límites de Atterberg se sitúan en el área sombreada de la carta de plasticidad, el suelo es una arcilla limosa CL-ML.

Si el suelo contiene  $\geq 15\%$  de arena, añada "con arena" al nombre del grupo.

Si el suelo contiene  $\geq 15\%$  de grava añada "con grava" al nombre del grupo.

Si el suelo contiene 15 a 29% mayor de la malla No. 200 añada "con arena" o "con grava", el que sea predominante.

Si el suelo contiene  $\geq 30\%$  mayor de la malla No. 200, predominantemente arena, añada "arenoso" al nombre del grupo.

Si el suelo contiene  $\geq 30\%$  mayor de la malla No. 200, predominantemente grava, añada "gravoso" al nombre del grupo.

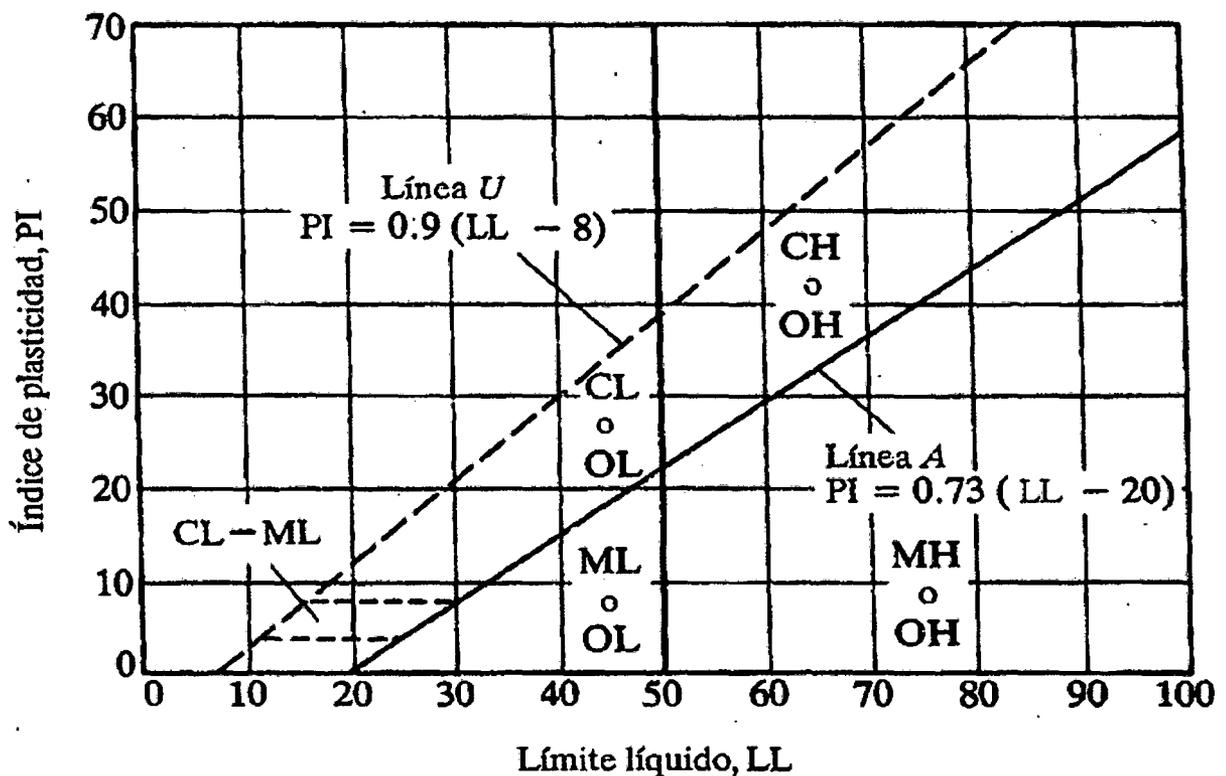


Fig. 2.1 Carta de plasticidad SUCS ASTM D2487

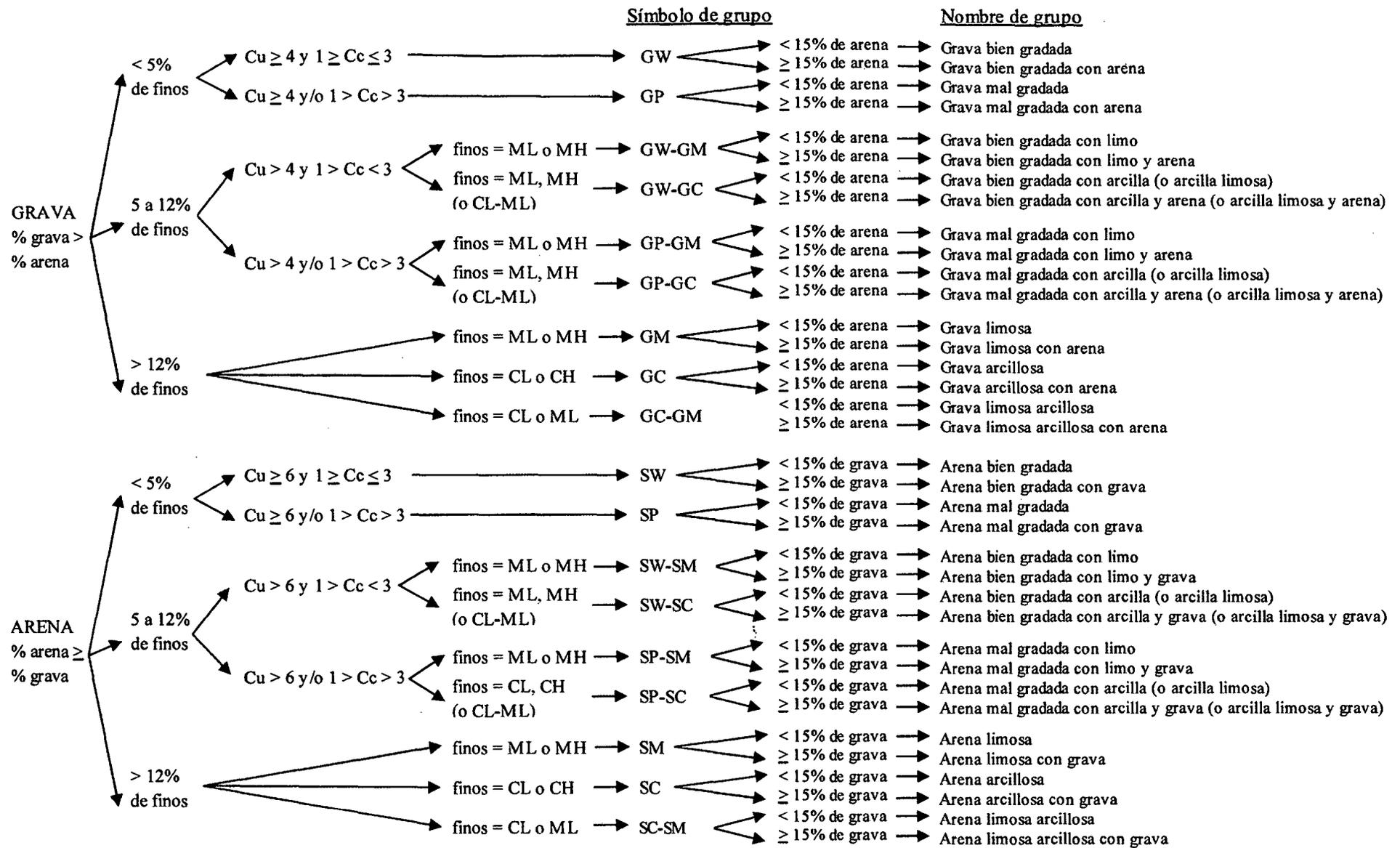


Fig. 2.2 Diagrama de flujo para la clasificación de suelos de partículas gruesas (SUCS ASTM D 2487)

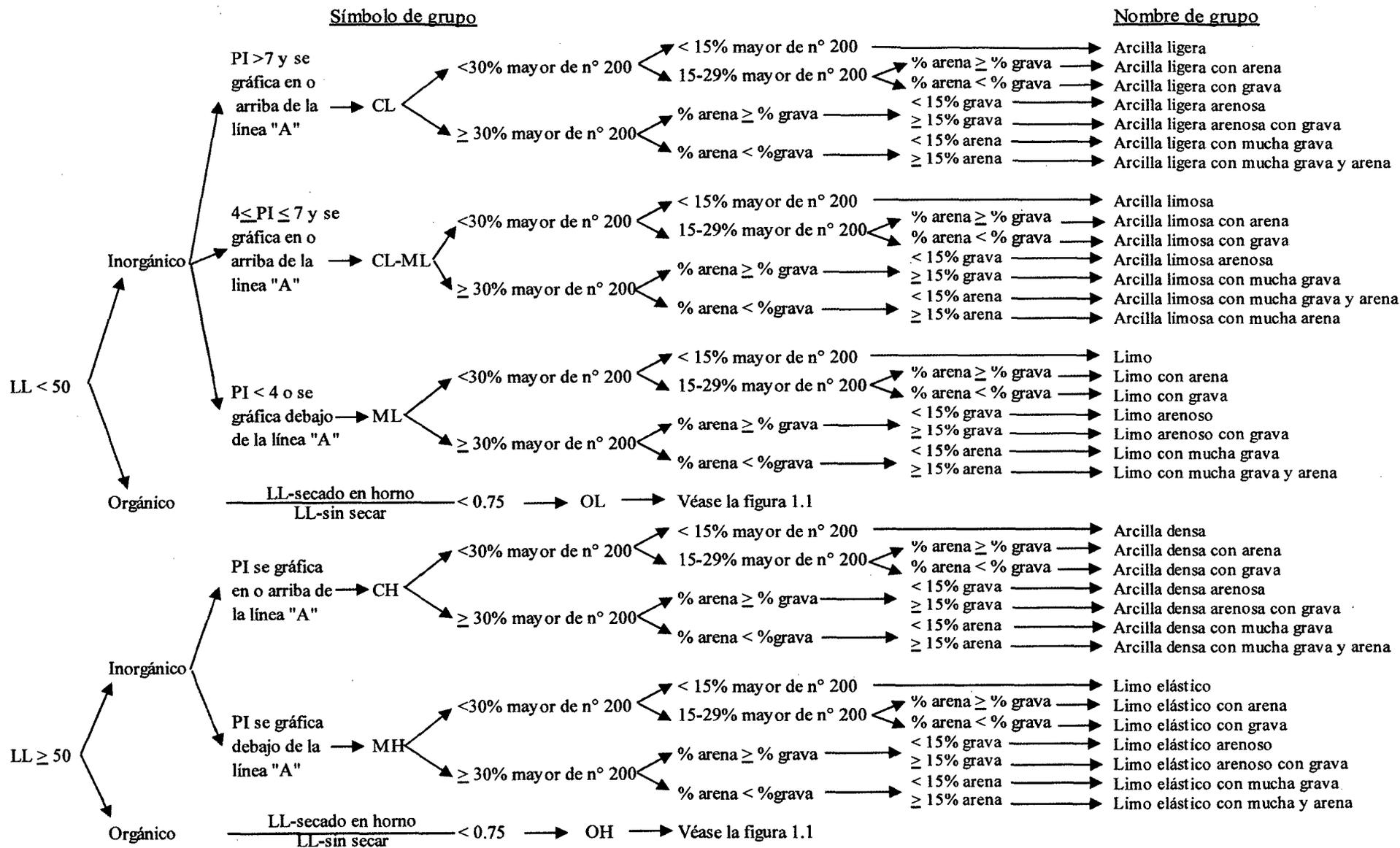


Fig. 2.3 Diagrama de flujo para la clasificación de suelos de partículas finas (SUCS ASTM D 2487)

Símbolo de grupo

Nombre de grupo

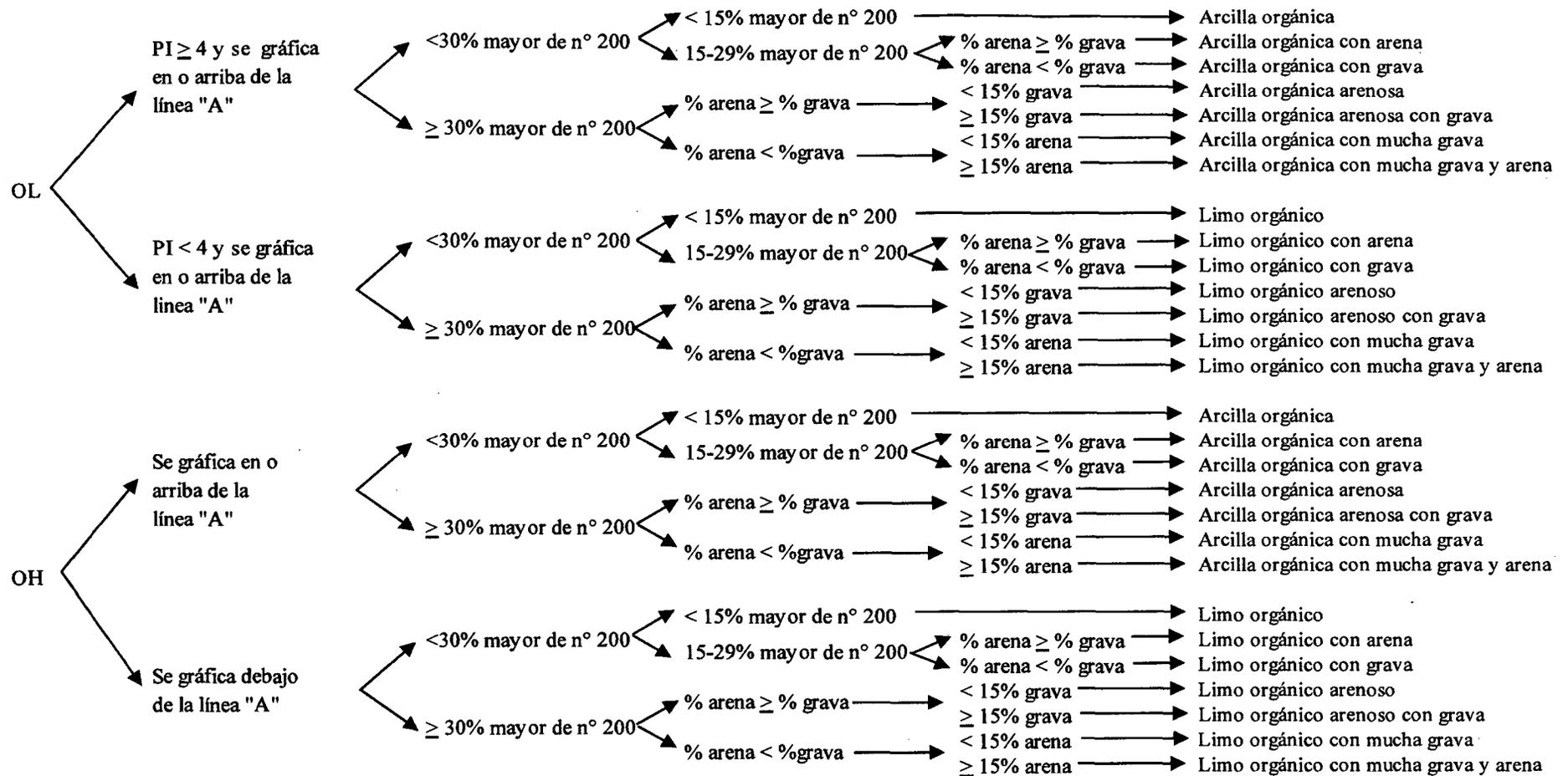


Fig. 2.4 Diagrama de flujo para la clasificación de suelos orgánicos de partículas finas

Tabla 2.2 Proctor Estandar ASTM D 698

METODO	A	B	C
Condiciones para elección del método	% rete. acum. N° 4 ≤ 20%	% rete. acum. N° 3/8" ≤ 20% y % ret. acum. N° 4 > 20 %	% rete. acum. N° 3/4" ≤ 30% y % ret. acum. N° 3/8 > 20 %
Tipo de material utilizado	Pasante la malla N° 4	Pasante la malla N° 3/8	Pasante la malla N° 3/4
Número de capas (n)	3	3	3
Numero de golpes (N)	25	25	56
Diámetro de moldes (cm)	10.16 ± 0.04	10.16 ± 0.04	15.24 ± 0.07
Altura de molde (cm)	11.64 ± 0.05	11.64 ± 0.05	11.64 ± 0.05
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> ) (V)	944 ± 14	944 ± 14	2124 ± 25
Peso del martillo (kg) (W)	2.5 ± 0.01	2.5 ± 0.01	2.5 ± 0.01
Altura de caída del martillo (cm) (h)	30.46 ± 0.13	30.46 ± 0.13	30.46 ± 0.13
Diámetro del martillo (cm)	5.080 ± 0.025	5.080 ± 0.025	5.080 ± 0.025
Energía específica de compactación (kg. cm/cm <sup>3</sup> )	6.054	6.054	6.027

$$\text{Energía específica de compactación} = \frac{N \cdot n \cdot w \cdot h}{V}$$

## 2.2.2 Caracterización Geomecánica

Las tres clasificaciones más utilizadas actualmente son la de Bieniawski (RMR), la de Barton, Lien y Lunde (Q) y la de Hoek-Brown (GSI). Las dos primeras utilizan un parámetro, RQD (Rock Quality Designation), que constituye la base de la clasificación de Deere.

### a. Clasificación de DEERE mediante el RQD (1964)

La clasificación de Deere mediante el RQD (RQD = Rock Quality Designation) se funda en la cuantificación del grado de fractura de la roca. Permite la obtención de un índice, que es un valor cuantitativo que representa la calidad del macizo rocoso, teniendo en cuenta las características del testigo recuperado en una perforación. Todos estos trozos enteros de testigo o estas partes de roca fracturada se miden y se contabilizan para entonces aplicarlos a una fórmula de cálculo.

La condición para ser contabilizadas es que tengan una longitud mayor que 0,1 m

$$RQD = \frac{\text{Longitud recuperada en piezas} \geq 0.1m}{\text{longitud del sondeo}} \times 100$$

**b. Clasificación de Bieniawski (1989)**

RMR = ROCK MASS RATING

La clasificación geomecánica RMR fue presentada por Bieniawski en 1973, siendo modificada sucesivamente por el autor en 1976, 1979, 1984 y 1989. La clasificación incluye un RMR básico, independiente de la estructura de la roca, y de un factor de ajuste.

El RMR básico se obtiene estimando el rango de valores de varios parámetros: El RQD, resistencia a la compresión simple, espaciamiento de las discontinuidades, condiciones de las discontinuidades, condiciones del agua subterránea

El método se aplica asignando la valoración correspondiente para cada parámetro. El factor de ajuste, definido cualitativamente, depende de la orientación de las discontinuidades y tiene valores distintos según se aplique a túneles, cimentaciones o taludes. El resultado de la resta (el factor de ajuste es negativo) es el índice final RMR, que puede variar entre 0 y 100, y que clasifica los macizos rocosos en cinco clases. Presentamos seguidamente las tablas dirigidas a la evaluación expeditiva de macizos rocosos de Bieniawski (1989):

**A. El RQD**

*Tabla N° 2.3 Puntaje según el valor del R.Q.D.*

Calidad del Macizo	RQD (%)	Puntaje
Excelente	90 - 100	20
Buena	75 - 90	17
regular	50 - 75	13
Mala	25 - 50	8
Muy mala	<25	3

## B. Resistencia a la compresión simple

Tabla N° 2.4 Puntaje según resistencia a la Compresión Simple

Clase	Descripción de roca	UCS (Mpa)	PLS (Mpa)	Identificación de campo	Puntaje
R6	extremadamente dura	>250	>10	Los golpes del martillo geológico solo obtienen esquirlas	15
R5	muy dura	100-250	4-10	Se requieren muchos golpes del martillo geológico para romper la roca.	12
R4	Dura	50-100	2-4	Se rompe con más de un golpe del martillo geológico.	7
R3	Moderada o mediamente dura	25-50	1-2	No puede ser escarbada con una navaja. Se rompe con un golpe fuerte del martillo geológico.	4
R2	Débil	5-25	N.A	Con dificultad puede ser escarbada con una navaja. Marcas superficiales pueden ser hechas con un golpe firme con la punta del martillo geológico,	2
R1	Muy débil	1-5	N.A	Se disgrega o desintegra al golpe firme con la punta del martillo geológico, puede ser escarbada con una navaja	1
R0	Extremadamente débil	<1	N.A	La roca puede ser marcada con la uña del pulgar	0

## C. Espaciamiento de las discontinuidades

Tabla N° 2.5 Puntaje según espaciamiento de discontinuidades

Descripción	Espaciamiento (cm)	Puntaje RMR
Muy junto	>200	20
Junto	60 - 200	15
Moderadamente junto	20 - 60	10
Separado	6 - 20	8
Muy separado	<6	5

## D. Condición de las discontinuidades

Tabla 2.6 Puntaje según las condiciones de las discontinuidades generalizada

Descripción	Puntaje
Superficies muy rugosa, poca extensión, paredes de roca resistente	30
Superficies poco rugosas, apertura menor a 1 mm, paredes de roca resistente	25
Idem anterior, pero con paredes de roca blanda	20
Superficies suaves o relleno de falla de 1 a 5 mm de espesor o apertura de 1 a 5 mm, las discontinuidades se extienden por varios metros.	10
Discontinuidades abiertas, con relleno de falla de más de 5 mm de espesor o apertura de más de 5 mm, las discontinuidades se extienden por varios metros.	0

Tabla 2.7 Puntaje según las condiciones de las discontinuidades detalladas

Parámetro de discontinuidad	Condición o característica				
Continuidad (m)	<1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	>20
Valoración	6	4	2	1	0
Apertura (mm)	0	<0.1	0.1 - 1	1 - 5	>5
Valoración	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa o suave	Pulida
Valoración	6		3	1	0
Condición de relleno	Sin relleno	Duro <5mm	Duro >5mm	Blando <5mm	Blando >5mm
Valoración	6	4	2	2	0
Alteración	Fresca	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta
Valoración	6	5	3	1	0

### E. Condición del agua subterránea

Tabla 2.8 Puntaje según las condiciones del agua subterránea

Filtración por cada 10 m de longitud de túnel (L/min)	Presión del agua en la discontinuidad dividido la tensión principal mayor	Condiciones generales	Puntaje
0	0	Completamente seco	15
<10	0.0 - 0.1	Apenas húmedo	10
10 - 25	0.1 - 0.2	húmedo	7
25 - 125	0.2 - 0.5	goteo	4
>125	>0.5	Flujo continuo	0

### F. Corrección por la orientación de las discontinuidades

Tabla 2.9 Corrección por la orientación de las discontinuidades

Evaluación de la influencia de la orientación para la obra	Puntaje para túneles	Puntaje para fundaciones
Muy favorable	0	0
Favorable	-2	-2
Medio	-5	-7
Desfavorable	-10	-15
Muy desfavorable	-12	-25

## Categoría de la Clasificación Geomecánica

Tabla 2.10 Clasificación Geomecánica final

CLASIFICACION GEOMECANICA FINAL (Bieniawski)		
R.M.R. suma de los puntajes de las tablas	Calidad del macizo rocoso	Clase
81 - 100	Muy bueno	I
61 - 80	Bueno	II
41 - 60	Medio	III
21 - 40	Malo	IV
0 - 20	Muy malo	V

### 2.2.3 Prospección geofísica

a. **Refracción sísmica con tomografía icónica.** Según J. Arce (2002), el método de refracción sísmica permite determinar la secuencia vertical de variaciones en impedancia acústica de una columna litológica afectada por ondas originales en un punto de impacto. Las condiciones elásticas de los materiales del subsuelo están definidas por el grado de cohesión de las partículas y por la densidad; las velocidades de onda están, por tanto, en relación directa con la compacidad y con el peso. Se deduce, pues que los sedimentos no consolidados y livianos son más lentos que las rocas duras y densas.

La aplicación típica del método de Refracción Sísmica en estudios geotécnicos esta, fundamentalmente, en la determinación del perfil del basamento, y de otros planos de contacto elástico que separan rocas con diferente impedancia acústica. Las velocidades de onda sísmica son amortiguadas cuando la roca esta fracturada ya que los espacios abiertos disminuye la cohesión original. La operación de campo sísmica permite llegar a cálculos de profundidad bajo cada geófono (Arce, 2002)

La norma internacional ASTM D 5777, dice que las ondas producidas por un golpe o explosión viajan en todas direcciones, a velocidades dependientes de la impedancia acústica del medio elástico en que se mueven. Parte de la energía se disipa en el aire como sonido a 0.33 km/s de velocidad, el resto penetra al subsuelo siguiendo trayectorias que son modificadas por los cambios elásticos al pasar de un horizonte sísmico a otro.

J. Arce (2002), también dice que la interpretación y cálculo de sismogramas comienza con la identificación de llegadas de onda a cada geófono y su graficado en curvas de tiempo (llegadas)- distancia (a partir del punto de impacto), llamadas también dromocronicas. Estas curvas están realmente conformadas por segmentos cuyas pendientes son determinadas por las velocidades de las capas. Los tiempos de llegada, dos a cada geófono en los sismogramas de doble dirección, son relacionados con las duraciones totales de los registros y con las velocidades, para calcular las profundidades mediante técnicas conocidas como frentes de onda, o de tiempos de retardo, o por tomografía iónica de trayectorias.

J. Arce (2010) de acuerdo a sus experiencias durante las últimas cuatro décadas en los andes Latinoamericanos ha preparado un diagrama de referencia (fig. 2.5) para situaciones geológicas generales. La asignación de colores es arbitraria y es necesario adecuar la escala de colores a las condiciones propias de cada lugar investigado. Este diagrama no necesariamente es aplicable a situaciones particulares y se muestra solamente como referencia para compararlo con las características sísmicas y geológicas locales.

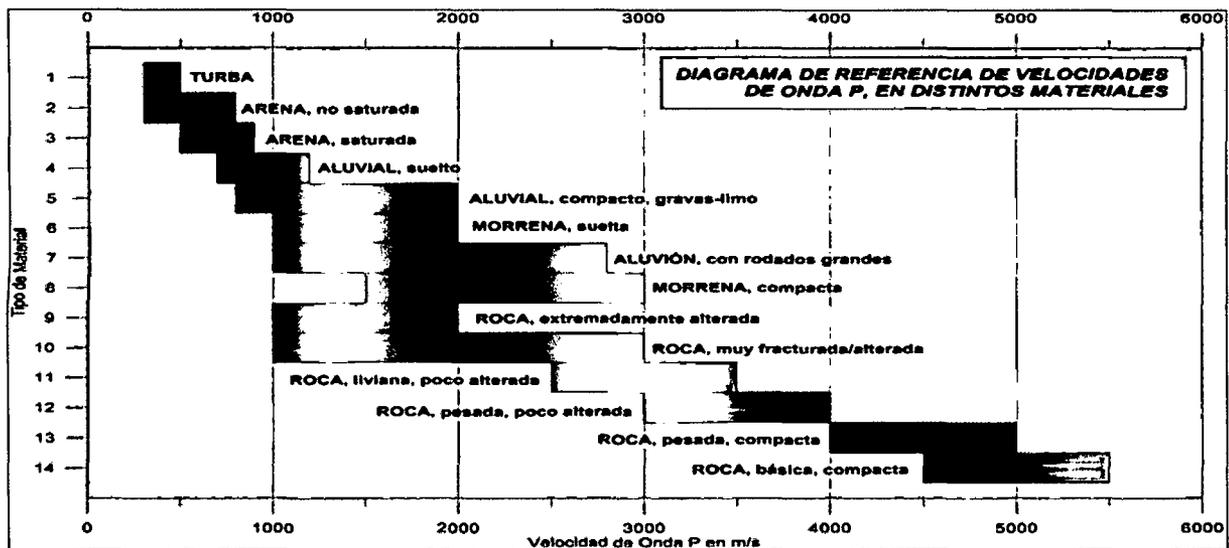


Fig. 2.5 Interpretación general de los tipos de materiales litológicos y sus velocidades de onda P (Arce Geofísicos – 2010)

**b. La Técnica Spectral Analysis of Surface Waves.** Según J. Arce (2002), el método Spectral Analysis of Surface Waves fue desarrollado entre 1999 y 2000 por los ingenieros y científicos del Kansas Geological Survey (KGS). Ahora es más

aceptado el nombre de Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW). Las técnicas de modelado han sido mejoradas desde entonces hasta obtener la precisión disponible en la actualidad, la cual es mayor que la de los registros convencionales tipo Down-Hole. Unas de las ondas menos utilizadas en el pasado era la onda de superficie, también conocida como Rayleigh o Groundroll, por inferir con las reflexiones y refracciones de las ondas de sonido, necesariamente para los estudios sísmicos. Los investigadores del KGS pudieron determinar que las ondas de superficie tienen un componente principal de más 98% de onda S y menos de 2% de onda P. la investigación también mostro que las ondas de superficie se atenúan a mayores frecuencias y con una disminución de velocidades de fase.

### 2.3 Definición de términos

- **Relaves.** “Suspensión fina de sólidos en líquido”, constituidos fundamentalmente por el mismo material presente in situ en el yacimiento, al cual se le ha extraído la fracción con mineral valioso, conformando una pulpa, que se genera y desecha en las plantas de concentración húmeda de especies minerales y estériles que han experimentado una o varias etapas en circuito de molienda fina. (*Ing. Ramírez, Nelson 2007*).
- **Presa de relaves.** Es una obra que se construye para mantener de forma segura los relaves (pasivos mineros), provenientes de una planta de beneficios de minerales. Está constituido principalmente por un dique de cierre construido con la porción gruesa del relave a almacenar, y un vaso o depósito propiamente dicho, en la cual se almacenara la fracción fina (partículas que pasan el tamiz N° 200) de los relaves. (*Ing. Ramírez, Nelson 2007*)
- **Depósito de suelo residual:** El suelo es producido por intemperismo es decir, por la fractura y rompimiento de varios tipos de roca en piezas más pequeñas mediante procesos mecánicos y químicos. Algunos suelos permanecen donde se forman y cubren la superficie rocosa de la que se derivan y se llaman suelos residuales. (*Braja M. Das 2001, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*)

- **Lecho rocoso:** Roca maciza que se encuentra en la superficie de la tierra o subyace bajo ella; extendida debajo de grava, tierra u otro material superficial se emplea como base rígida para los cimientos de una construcción. (*Gonzales de Vallejo, Luis 2004*).
- **Permeabilidad:** propiedad de los terrenos poroso y permeables de dejar pasar el agua fácilmente siguiendo las leyes hidrostáticas. Las gravas las areniscas los limos son permeables. Las arcillas son porosas pero no so permeables, pues una vez saturadas de agua no lo dejan pasar. (*Davila J. 2006, Diccionario Geológico*)
- **Sondajes:** son perforaciones diamantinas que sirven para extraer testigos de los materiales que se encuentran en el subsuelo. Los sondajes también pueden ser geofísicos tales como: sísmicos gravimétricos, eléctricos, etc. Que nos proporcionan datos o información de los comportamientos de los materiales del subsuelo. (*Davila J. 2006, Diccionario Geológico*)
- **Calicata.** Las calicatas permiten la inspección directa del suelo que se desea estudiar y, por lo tanto, es el método de exploración que normalmente entrega la información más confiable y completa. En suelos con gravas, la calicata es el único medio de exploración que puede entregar información más confiable, y es un medio muy efectivo para exploración y muestreo de suelos de fundación y materiales de construcción a un costo relativamente bajo. (*Mecánica de suelos*)
- **Unidad Lugeon.** La unidad de inyectabilidad denominada Lugeón (en honor a Maurice Lugeón), es una unidad concebida para cuantificar la permeabilidad al agua de la roca y la conductividad hidráulica como resultado de sus fracturas, está dado por el caudal de admisión en l/min x m en función de la presión ensayada. La unidad Lugeon es el gasto de 1 litro de agua en un metro del tramo de ensayo a una presión efectiva de 10 kg/cm<sup>2</sup>, y su equivalencia en términos de permeabilidad es 1.3 x 10<sup>-5</sup> cm/s. (*Arevalo C., 1992*)

## CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Generalidades

#### 3.1.1 Ubicación

El Proyecto Magistral se encuentra ubicado en el margen oeste de la Cordillera occidental de los Andes peruanos al este de los puertos de Trujillo y Chimbote y al norte-noroeste de la ciudad de Lima. La propiedad se encuentra en la latitud  $8^{\circ} 13' S$  y longitud  $77^{\circ} 46' W$ , en el distrito de Conchucos, provincia de Pallasca y departamento de Ancash. Figura 3.1

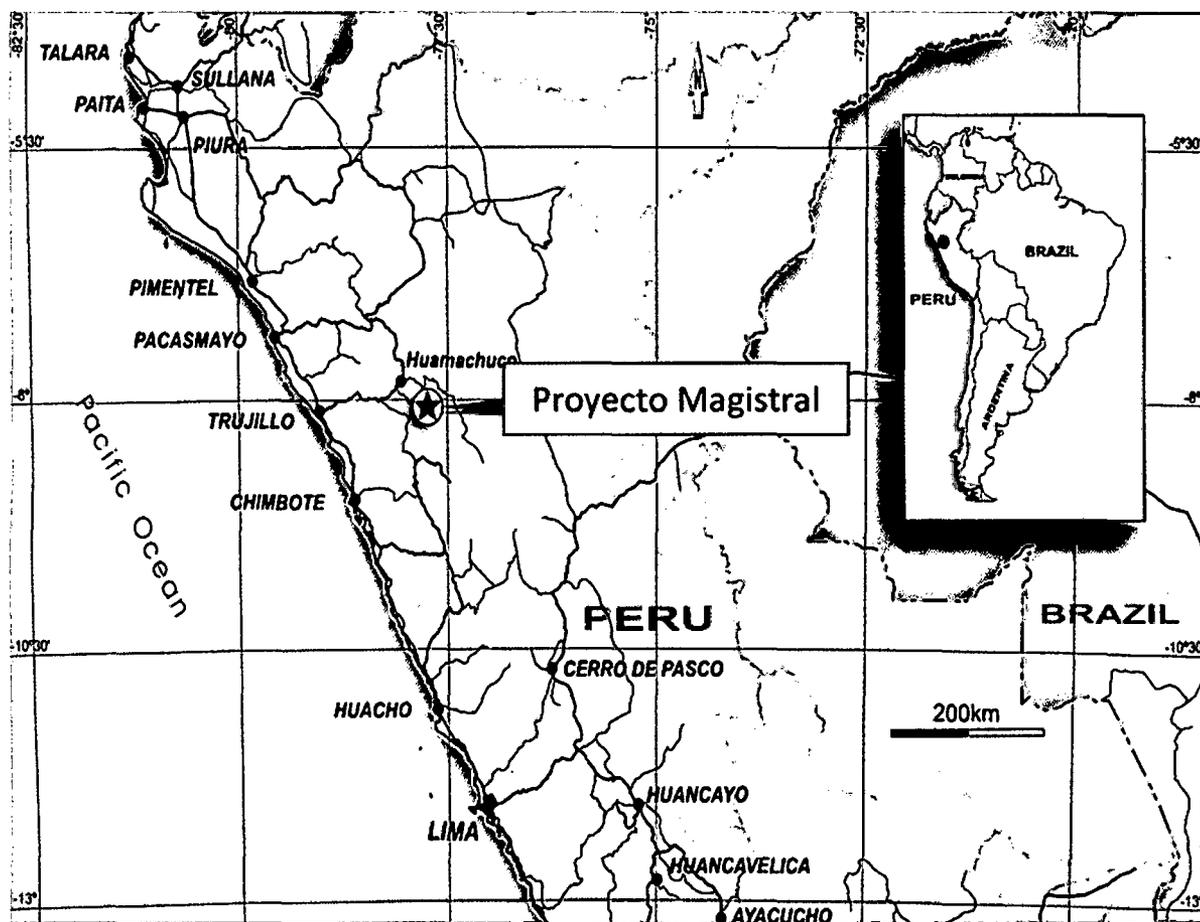


Fig. 3.1 Ubicación del área de estudio

### 3.1.2 Accesibilidad

El acceso al área de estudio desde la ciudad de Lima es mediante dos rutas. Figura 3.2.

La primera ruta de acceso es, partiendo de la ciudad de Lima hasta el puerto peruano costero de Chimbote, pasando por la ciudad Santa, a través de los asentamientos de Chuquicara, Quiroz, Huallanca, Pallasca y Conchucos; de Conchucos al Proyecto Magistral, el acceso es mediante una carretera en malas condiciones; (esta ruta es la más utilizada). La segunda ruta de acceso es, partiendo también de la ciudad de Lima hasta la ciudad costera de Trujillo, pasando por los asentamientos de Simbal, Otuzco, Quiruvilca, Quesquenda, Alto de Tamboras y Laguna de Pelagatos. Tablas 3.1.

Trujillo tiene un aeropuerto con vuelos diarios desde y hacia Lima y viceversa.

El acceso a la propiedad desde Cajamarca se sigue los siguientes tramos: Cajamarca – Trujillo y se continua con la ruta dos y Cajamarca – Chimbote (esta ruta es la más utilizada) y se continua con la ruta uno. Tabla 3.1.

*Tabla 3.1 Accesibilidad a través de las dos rutas*

Tramo	Distancia (km)	Tipo de vía	Tiempo (hr)
Lima – Chimbote	430	Asfaltada	8
Chimbote – Quiroz	100	Asfaltada	2.5
Quiroz - Conchucos	140	Afirmada	3.5
Conchucos – Magistral	20	Trocha carrozable	1
Tramo	Distancia (km)	Tipo de vía	Tiempo (hr)
Lima – Trujillo	560	Asfaltada	8
Trujillo – Huamachuco	160	Asfaltada	4
Huamachuco – Conchucos	100	Afirmada	2
Tramo	Distancia (km)	Tipo de vía	Tiempo (hr)
Cajamarca – Trujillo	225	Asfaltada	6
Cajamarca - Chimbote	355	Asfaltada	8

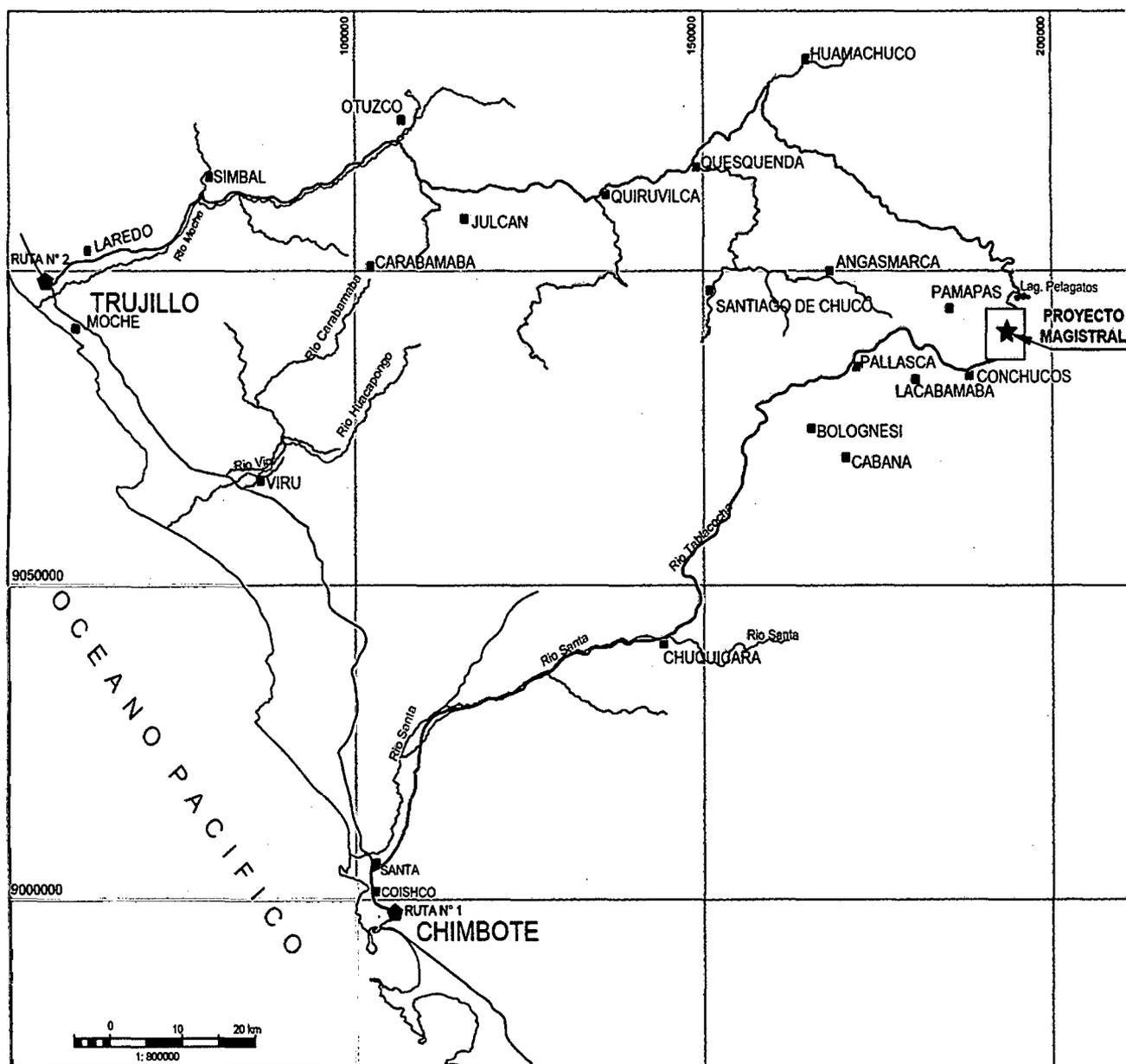


Fig. 3.2 Accesibilidad al área de estudio

### 3.1.3 Clima

Los datos básicos utilizados para el estudio fueron tomados del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), también se instaló una estación meteorológica en Magistral. La estación meteorológica Magistral fue instalada en noviembre de 2004 a mayo de 2007 y ha estado recogiendo mediciones horarias de precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad, dirección del viento, la presión barométrica, radiación solar y la evaporación. Los datos se midieron por varios sensores que están conectados a un registrador de datos.

### 3.1.3.1 Precipitación

Los registros de precipitación de la estación Magistral estaban disponibles para un período de 30 meses; aunque este registro no se considera muy confiable, debido a su corta longitud, para fines de diseño de ingeniería, por lo que fue necesario llevar a cabo un análisis regional de los datos de precipitación. Se identificaron un total de catorce (14) estaciones meteorológicas operadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y cinco (5) estaciones adicionales operadas por otras compañías mineras ubicadas en zonas similares a la zona del proyecto. El pluviómetro Shorey ostenta el récord de precipitación más fiable y está considerado como el más representativo, debido a sus condiciones similares a la zona del Proyecto Magistral.

La precipitación media anual en Magistral sobre la base de los datos Shorey se determinó en 1154 mm, usando los datos provenientes de las once (11) estaciones regionales vecinos.

La tabla 3.2 muestra los parámetros estadísticos asociados para la precipitación anual para Magistral, así como las correspondientes precipitaciones anuales totales estimadas para los años lluviosos y secos de diferentes períodos de registro.

*Tabla 3.2 Variación de la precipitación anual para años lluviosos y secos*

Parámetro	Valor (mm)
Promedio	1154
desviación estándar	185
coeficiente de variación	0.16
100- años seco	724
50-años seco	774
20-años seco	850
10-años seco	917
10-años lluvioso	1390
20-años lluvioso	1457
50-años lluvioso	1533
100-años lluvioso	1583

*Fuente: Estudio hidrogeológico del Proyecto Magistral. Diciembre, 2007*

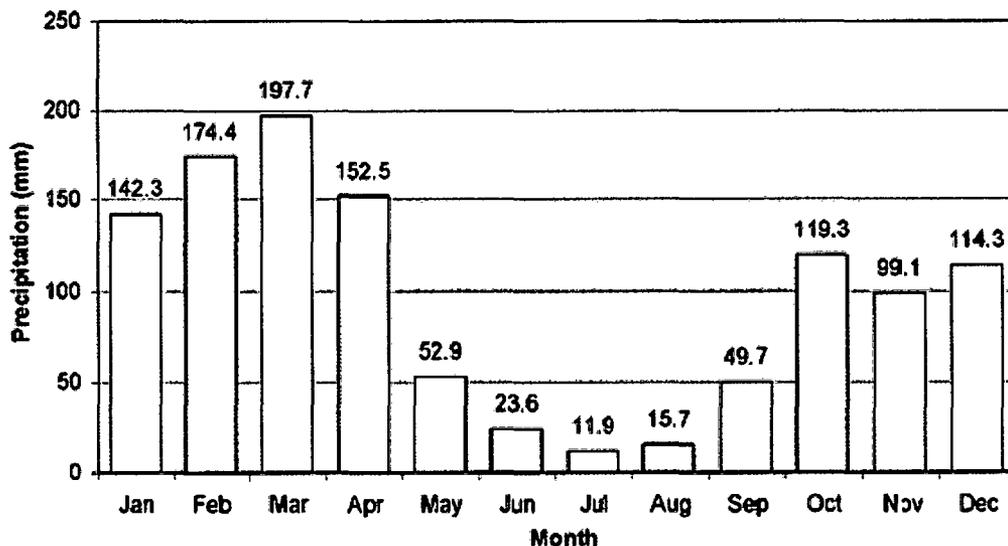
La precipitación mensual en Magistral fue estimado por extrapolación de la precipitación de Shorey. El grafico 3.1 muestra la distribución típica de la precipitación anual estimada en Magistral de acuerdo a los valores medios.

La tabla 3.3 muestra la precipitación promedio, desviación estándar, valores máximos y mínimos mensuales y los totales mensuales promedio como porcentaje del promedio de precipitación total anual.

*Tabla 3.3 Variación de la precipitación anual*

Mes	Promedio (mm)	Desviación estándar (mm)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	% del total anual (%)
Enero	142	65.2	318.5	45.5	12%
Febrero	174	68.6	397.5	43.8	15%
Marzo	198	60	322.5	85	17%
Abril	152	43.4	267	59.2	13%
Mayo	53	27.2	129.4	9.9	5%
Junio	24	16.1	66	0	2%
Julio	12	10.3	45.5	0	1%
Agosto	16	14.5	57.9	0	1%
Septiembre	50	29.2	128.1	0	4%
Octubre	119	49.7	228.4	22.3	10%
Noviembre	99	39.3	209.1	4.4	9%
Diciembre	114	51.2	207.8	0	10%
<b>Anual</b>	<b>1154</b>	<b>184.6</b>	<b>1536.5</b>	<b>782.8</b>	<b>100%</b>

*Fuente: Estudio hidrogeológico del Proyecto Magistral. Diciembre, 2007*



*Grafico 3.1 Precipitación regional*

*Fuente: Estudio hidrogeológico del Proyecto Magistral. Diciembre, 2007*

### 3.1.3.2 Temperatura y Humedad Relativa

En la tabla 3.4 y el gráfico 3.2 se muestra un resumen de las temperaturas promedios mensual mínimas y máximas para los meses de noviembre 2005 a mayo 2007. Las temperaturas promedios mensuales oscilaron desde 5,7 hasta 6,6 °C, las temperaturas máximas mensuales oscilaron desde 10,3 hasta 11,5 °C y temperaturas mínimas mensuales oscilaron desde 1,3 hasta 3,8 °C. La variación de la temperatura es más baja durante la estación húmeda. La temperatura más baja registrada es de -5,8 °C, en el mes de julio de 2006.

Como se muestra en la Tabla 3.4 y el gráfico 3.3, la humedad relativa promedio oscila entre un mínimo de 49,8 por ciento en julio de 2006 a 80,2 por ciento en marzo de 2005, lo que refleja las diferencias entre las estaciones húmedas y secas.

Tabla 3.4 Rangos de temperaturas y humedad relativa

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Annual
Temperatura máxima	11.0	10.7	10.0	10.6	11.1	10.3	10.7	10.5	11.0	11.0	11.1	10.3	11.2
Temperatura mínima	3.4	3.9	3.8	3.8	2.2	2.3	1.8	1.9	2.3	2.3	2.2	3.0	2.2
Temperatura media	6.4	6.6	6.2	6.5	6.1	5.8	5.8	5.7	6.0	5.8	5.8	5.9	6.0
Humedad relativa	73.1	74.8	77.6	72.4	61.9	62.9	46.9	58.1	63.6	68.2	63.9	74.8	66.5

Fuente: Estudio hidrogeológico del Proyecto Magistral. Diciembre, 2007

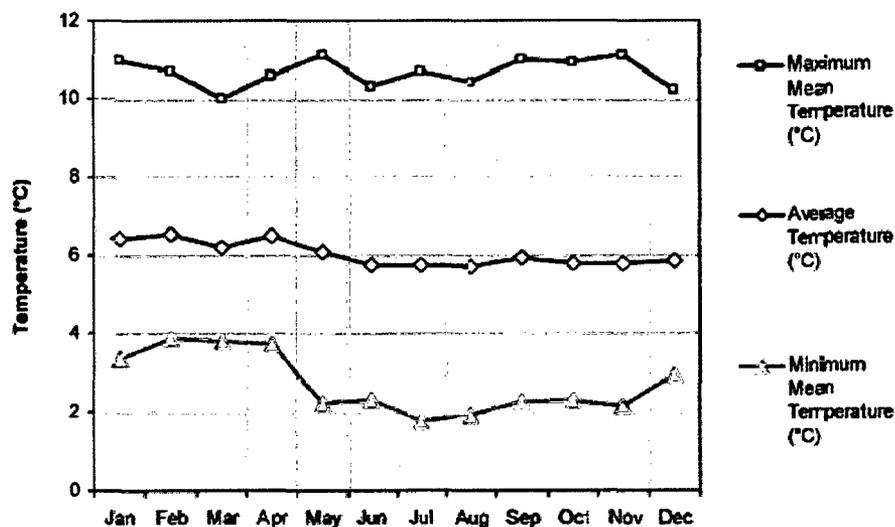


Grafico. 3.2 Temperatura

Fuente: Estudio hidrogeológico del Proyecto Magistral. Diciembre, 2007

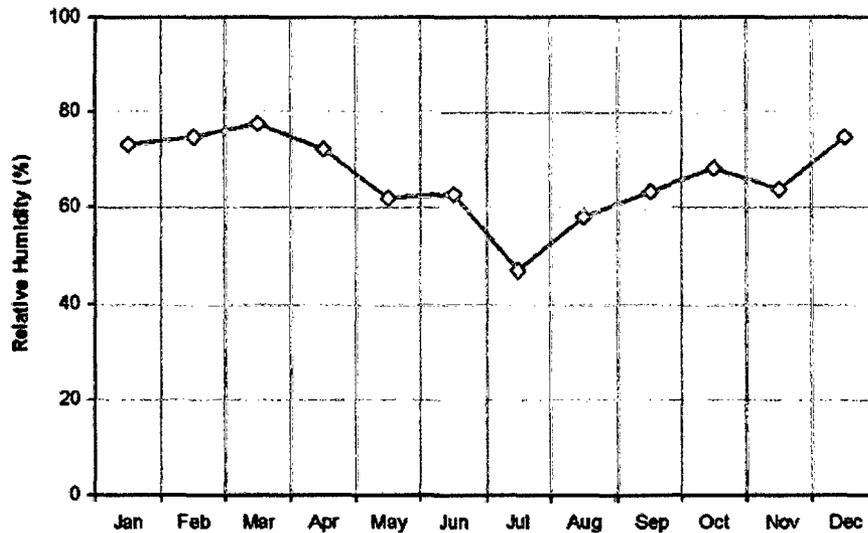


Grafico. 3.3 Humedad Relativa

Fuente: Estudio hidrogeologico del Proyecto Magistral. Diciembre, 2007

### 3.1.3.3 Evaporación

La Tabla 3.5 y el gráfico 3.4 muestran la evaporación mensual promedio para los meses de noviembre 2005 a mayo 2007. La evaporación promedio mensual osciló desde 68,8 hasta 135,3 mm. La evaporación promedio anual es de 1116 mm.

Tabla 3.5 Evaporación mensual promedio

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Evaporación (mm)	74.0	68.8	74.3	73.6	97.6	81.4	135.3	89.8	97.2	99.3	97.9	127.4	1116.6

Fuente: Estudio hidrogeologico del Proyecto Magistral. Diciembre, 2007

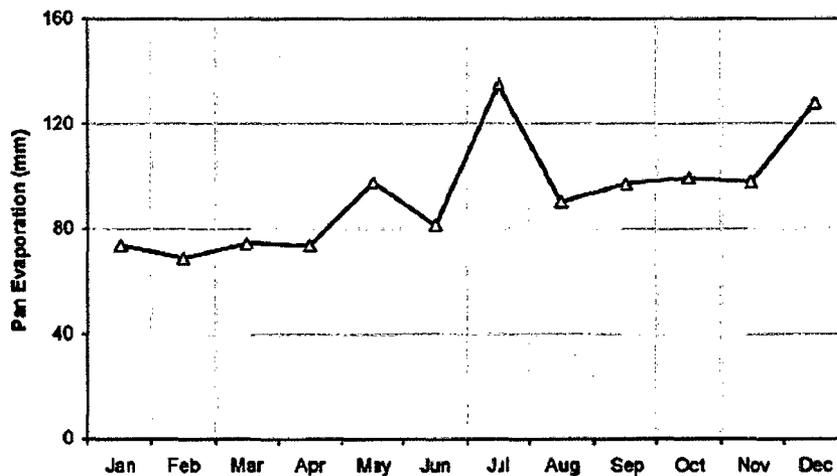


Grafico. 3.4 Evaporación

Fuente: Estudio hidrogeologico del Proyecto Magistral. Diciembre, 2007

### 3.1.3.4 Velocidad y dirección del viento

En la tabla 3.6 muestra un resumen de la velocidad y dirección del viento promedio mensual. La dirección del viento es principalmente desde el sur al oeste y del norte al este durante el período de diciembre 2005 a mayo 2007. La velocidad del viento promedio mensual oscila entre 2,5 a 4,1 m/s sin variación estacional aparente. Se observaron altas velocidades de viento (hasta 9 m/s) durante principios de julio del 2006.

Tabla 3.6 velocidad y direccion del viento

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Annual
Velocidad del viento (m/s)	2.7	2.9	2.5	2.9	3.2	3.4	4.1	2.8	3.4	2.7	2.8	2.6	3.0
Dirección del viento	SW	SW	SW	NNE/S W	NE	NE	NE	NE/NN E	NE	SW/NE	SW	SW	SW/NN E

Fuente: Estudio hidrogeológico del Proyecto Magistral. Diciembre, 2007

### 3.1.3.5 Radiación Solar

Como se muestra en la Tabla 3.7, los promedios de radiación neta 3,1 kW/m<sup>2</sup>/día, aumentando a un promedio mensual de hasta 3,7 kW/m<sup>2</sup>/día durante la estación seca (julio de 2005) a un mínimo de 1,5 kW/m<sup>2</sup>/día durante la temporada de lluvias (marzo de 2007).

Tabla 3.7 radiacion solar promedio

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Annual
Radiación	3.2	3.1	2.7	2.8	2.8	3.3	3.6	3	3.4	3.1	3.3	3.1	3.1

Fuente: Estudio hidrogeológico del Proyecto Magistral. Diciembre, 2007

## **3.2 Geología**

### **3.2.1 Geología Regional**

El proyecto Magistral se encuentra cerca del extremo noreste de la Cordillera Blanca. La geología del lugar está dominado por una secuencia muy potente de sedimentos cretácicos con una potencia alrededor de 3.000 m de espesor total. La secuencia sedimentaria del Cretácico cubre discordantemente las rocas metamórficas. Las rocas del Cretácico son estructuralmente cubiertas por esquistos negro y roca arenisca del Jurásico superior de la formación Chicama hacia el este y que avanza a lo largo de una estructura regional prominente. Esta secuencia se ha inmiscuido localmente por granodiorita y diorita de cuarzo relacionados con un gran batolito de la cordillera Blanca.

La secuencia sedimentaria del Cretácico se divide en un miembro inferior compuesta principalmente por rocas clásticas sedimentarias (roca arenisca, cuarcita, pizarra, y en menor proporción de carbonato), mientras que el miembro superior está compuesto principalmente por sedimentos calcáreos (caliza, margas, areniscas y lutitas calcáreas). Las rocas sedimentarias clásticas del miembro inferior incluyen las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat, que constituyen el grupo Goyllarisquizga. Las unidades calcáreas superiores incluyen las formaciones Pariahuanca, Chulec, Pariatambo, Jumasha y Celendín.

Varias características estructurales importantes son evidentes en las rocas sedimentarias del Cretácico en el lugar Magistral, incluyendo anticlinales, sinclinales y fallas inversas. La tendencia de los ejes de pliegue y el rumbo de las fallas oscilando del noroeste al norte, cerca de Magistral.

- **Formación Chicama (Js-chic)**

Esta unidad está compuesta por lutitas y areniscas finas. Tienen contenido de pirita y nódulos ferruginosos en las capas intermedias. Estas rocas son de color gris a beige, afaníticas, se encuentran medianamente meteorizadas. Esta unidad es subyacente a la formación Chimú.

- **Formación Chimú (Ki-ch)**

Esta unidad está representada por una secuencia de cuarcitas, areniscas y arcillas muy consolidada con mantos de carbón (antracita), con un espesor de aproximadamente 120 m. Esta formación aflora a lo largo de una estrecha franja que se extiende desde la parte superior del valle Collparacra a Laguna Pelagatos hacia el norte.

- **Formación Santa (Ki-s)**

Esta unidad está representada por calizas oscuras y lutitas calcáreas muy consolidada, con un espesor de aproximadamente 130 m. Sus contactos con otras formaciones son discordantes. En el área de Magistral, esta unidad se encuentra en el margen derecho del valle en contacto con las formaciones Chimú y Carhuaz

- **Formación Carhuaz (Ki-c)**

Esta formación es de espesor variable, está representada por areniscas y lutitas muy consolidada. También hay cuarcitas marrones finos en capas delgadas con abundante intercalaciones, fangolitas, con un espesor de aproximadamente 300 m. En el área de Magistral, esta unidad se encuentra en el margen derecho del valle en contacto con las formaciones Santa y Farrat.

- **Formación Farrat (Ki-f)**

Esta unidad está representada por finas cuarcitas en capas delgadas a medianas con intercalaciones, muy consolidado, lutitas de color marrón amarillento, con un espesor total de aproximadamente 700 m. En el área de Magistral, esta unidad se encuentra en el margen derecho del valle en contacto con las formaciones Carhuaz y Pariahuanca; en el margen izquierdo se corta por la falla Huacchara, y entra en contacto con la formación Jumasha. También se corta por la unidad intrusiva la formación Pariahuanca. Esta unidad está representada por calizas con algunas lutitas y margas muy consolidadas. En el área de Magistral, esta unidad se encuentra

en los márgenes derecho e izquierdo de la quebrada Collparacra en contacto con las formaciones Farrat y Chulec. En las inmediaciones del proyecto esta unidad ha sido descrito como cuarcita con un espesor de aproximadamente 400 m.

- **Formaciones Pariahuanca, Chulec y Pariatambo (Kis-Pchp)**

Estas formaciones se agrupan en la zona Magistral formando un espesor combinado de unos 500 m. La Formación Pariahuanca consta de arenisca de grano fino, caliza hacia la parte superior de la unidad, y pizarras negras, con un espesor de aproximadamente 150 m. La Formación Chulec consiste en finas a medianas capas de caliza con nódulos y concreciones, margas y lutitas calcáreas, con un espesor de aproximadamente 250 m. Esta unidad se encuentra al margen derecho e izquierdo de la quebrada Collparacra en contacto con las formaciones Pariahuanca y Pariatambo. La Formación Pariatambo cubre concordantemente la formación Chulec y se compone de margas y lutitas negras inter-estratificadas con roca caliza. Tiene un espesor de aproximadamente 100 m.

- **Formación Jumasha (Kis-j)**

Esta unidad está representada por calizas de color gris claro, debido a la intemperie; algunos de ellos son dolomías grises y amarillentas, textura fina a media, en medio de gruesas capas presenta un espesor total de aproximadamente 900 m. Esta formación se encuentra en la mayor parte intermedia y parte superior de la quebrada Collparacra. Esta formación aflora también a lo largo de la parte inferior de la Quebrada Collparacra, en las partes superiores del Valle Toldobamba, a los lados este y norte de la Laguna Pelagatos, y algunas de la parte superior de la Quebrada Challhuacocha. Está en contacto en la parte inferior con la formación Pariatambo y en la parte superior con la formación Celendín.

- **Formación Celendín (Kis-c)**

Consta de margas grises, lutitas calcáreas y capas delgadas de caliza con un espesor total de aproximadamente 300 m. Esta formación aflora a lo largo del eje de un pliegue a lo largo de las cadenas montañosas del noreste en la parte superior de la Quebrada Collparacra, y en la zona de la cabecera de la Quebrada Pelagatos.

- **Depósitos Cuaternarios**

Esta unidad está representada por depósitos coluviales formados por acumulaciones de bloques de roca. Además, hay depósitos de morrena de grava de tamaño entre 1/2 "a 2" con los cantos rodados subredondeada de 0,20-0,50 metros de ancho en una matriz de arena limosa arcillosa. Los depósitos lagunares están representados por limos y arcillas muy consolidadas en capas saturadas, que se encuentra en la parte inferior del valle. Por último, hay depósitos de humedales que son los sistemas superficiales y temporales hidromórficos ubicados en la parte central del valle.

### **3.2.2 Geología local**

Las unidades de suelo y roca de interés relacionadas al área de presa y del depósito de relaves se describen a continuación.

#### **3.2.2.1 Unidades de suelo**

Las unidades de suelo comprenden, en general, a los materiales producidos en un ambiente glacial, tales como los depósitos morrénicos, fluvio-glaciares, suelos orgánicos y de movimientos en masa como los coluvios antiguos y coluvios recientes.

##### **a. Depósitos morrénicos**

Se ha diferenciado como depósito morrénico a las acumulaciones de material de origen glacial que se extiende en ambos flancos de la parte superior del sector intermedio de la quebrada y de manera aislada, en las laderas del flanco derecho. Estos depósitos están compuestos predominantemente por grava areno-arcillosa y arcilla areno-gravosas.

Las morrenas se encuentran en el flanco izquierdo, a la altura del campamento Magistral, donde alcanzan espesores superiores a los 10 m. Estas morrenas presentan lomas de formas redondeadas y cubren las rocas de la formación Jumasha, y en menor medida las areniscas del Farrat. Hacia el flanco derecho los depósitos morrénicos pueden llegar hasta los 3 m de espesor y cubren calizas, margas y arcillitas calcáreas del Pariahuanca, Chulec y Pariatambo. Foto 3.1



*Foto 3.1 Calicata muestra depósitos morrénicos consolidados cubierto por una capa de suelo orgánico*

#### **b. Depósitos fluvioglaciales**

Se distribuyen sobre el fondo del valle en el área de influencia del cauce principal de la quebrada Collparacra. Se extienden desde el sector intermedio de la quebrada hacia aguas abajo del eje propuesto para la presa, compuestas principalmente por grava arenosa con finos y arena arcillo-limosa con grava, poco densa, además de bolonería. Están soterrados por materiales finos saturados y suelos hidromórficos (bofedales) en el sector intermedio, mientras que en el sector inferior están expuestos a la superficie o están ligeramente cubierto por coluvios. Foto 3.2



*Foto 3.2 Calicata muestra depósitos de grava y cantos angulosos a subangulosos*

### c. Bofedales

Corresponden a los suelos hidromorfos que cubren depósitos glaciales y fluvioglaciales, constituidos por suelos orgánicos saturados (turbas) que en esta zona alcanzan espesores entre 3.0 y 5.0 m. Estos materiales se encuentran principalmente en el sector de la cabecera y en el sector intermedio entre el campamento Magistral y el límite inferior de este sector, donde suelen estar cubiertos por coluvios. Foto 3.3



*Foto 3.3 Calicata muestra suelo orgánico*

### d. Coluvios

Los depósitos coluviales corresponden en general a clastos angulosos y subangulosos, heterométricos y naturaleza pelítica y calcárea, con matriz limosa. Predominan en el sector intermedio y bajo de la quebrada Collparacra, donde cubren una gran extensión del pie de las laderas de la quebrada y parte del fondo del valle, son estables y tienen espesores menores a los 20 m. En la foto 3.4 se observan sobre el flanco izquierdo algunos deslizamientos antiguos donde los coluvios antiguos están cubiertos y mezclados con coluvios recientes, los mismos que están conformados por escombreras de cantos y bloques de roca caliza. Es de interés indicar que los bloques regulares de caliza pueden alcanzar los 5.0 m de diámetro en el sector inferior de la quebrada. En el límite entre el sector intermedio y el sector inferior de la quebrada se observa un gran deslizamiento antiguo en el flanco izquierdo de la quebrada.



*Foto 3.4 Coluvios producidos por el sismo de 1946.*

#### **e. Suelos Residuales**

Este tipo de suelos está conformado por mezclas de suelos orgánicos y clastos meteorizados de la roca madre. Están distribuidos de manera restringida en las partes medias y altas de ambos flancos de los tres sectores de la quebrada Collparacra, encontrándose principalmente en el sector intermedio y en el de la cabecera. Sus espesores son mínimos, estando mayormente entre 0.3 m a 1.0 m.

Foto 3.5



*Foto 3.5 Calicata muestra suelo orgánico mezclado con clastos*

### 3.2.2.2 Unidades de Roca

Las unidades de rocas reconocidas y relacionadas al proyecto forman parte de la secuencia de areniscas cuarzosas de la Formación Farrat; calizas en estratos delgados, margas, arcillitas calcáreas y arcillitas correspondientes a las Formaciones Pariahuanca, Chulec y Pariatambo, y calizas grises en estratos medios a gruesos de la Formación Jumasha. Como unidades de rocas ígneas están los pórfidos intrusivos de composición diorítica a granodiorítica.

#### a. Areniscas – limolitas (Ki-fa)

Bajo esta designación se tiene areniscas blanquecinas y areniscas cuarzosas gris blanquecinas con limolitas intercaladas en la parte superior de la secuencia. La roca es de textura granular fina a media, en estratos de moderado espesor, con promedio de 0.2 m a 1 m, las capas tienen orientación N 160° y buzamiento de 40° a 50° al SO. Aflora en la parte intermedia de la quebrada Collparacra, al oeste de la falla Huacchara, de 50 a 70 m de espesor.

#### b. Calizas – margas – arcillitas (Ki – Pchp)

Estas formaciones indiferenciadas afloran en el sector intermedio de la quebrada Collparacra, se componen de sucesiones aleatorias de secuencias de calizas, margas y arcillitas que se extienden a manera de una franja que sigue la dirección NO-SE. Las calizas son de color gris blanquecino a oscuro, grano fino, frescas a poco meteorizadas y afloran en estratos delgados a medios, entre 0.1 m a 0.8 m. Las margas son de color gris oscuro, frescas a poco meteorizadas, en estratos delgados a moderados, menores a 0.5 m. Las arcillitas son de color gris oscuro a amarillo y naranja, compuestas por arcillas calcáreas finas y dispuestas en estratos delgados (0.3 m en promedio). Estas últimas suelen estar cubiertas por suelo y presentan pocos afloramientos. La orientación promedio de estas secuencias es N 170° en el flanco derecho y N 150° en el flanco izquierdo; buzamiento general de 45° al SO. Esta secuencia se intercala de manera esporádica por estructuras tabulares ígneas de composición andesítica a basáltica, con disposición paralela a la estratificación (sills) y transversales a la estratificación (diques). Foto 3.6



*Foto 3.6 Afloramiento de calizas intercaladas con areniscas calcáreas y limolitas.*

### **c. Calizas (Ks-j)**

Esta unidad está conformada por capas gruesas y bancos de calizas que dan lugar a escarpas pronunciadas en los flancos del valle. Están en contacto normal y se distribuyen de manera paralela a la secuencia de calizas, margas y arcillitas (Kis-Pchp). La roca es de color gris, de textura granular fina, de aspecto algo lajoso y con aisladas manifestaciones incipientes de karsticidad en superficie. Los estratos tienen espesores que van de 1.0 m a 6.0 m, que se intercalan en ocasiones con dolomitas y arcillitas rojas. Las capas tienen orientación N-S en el flanco derecho y N 150°-170° en el flanco izquierdo, con buzamientos de 45° a 60° al SO.

Los afloramientos de calizas se distribuyen en el sector inferior de la quebrada Collparacra y están relacionados al eje de la presa proyectado. Foto 3.7



*Foto 3.7 Calizas de la formación Jumasha*

#### **d. Dioritas – granodioritas (T-d/gd)**

Esta unidad corresponde a afloramientos de pequeños stocks de pórfido diorítico y granodiorítico. Se presentan en las proximidades de la falla Huacchara en el sector intermedio de la quebrada Collparacra, y en el sector superior de la quebrada Collparacra en el flanco izquierdo. La mayoría de estos stocks están relacionados con la mineralización de la zona, afloran como cuerpos tabulares alargados o promontorios oxidados. La roca tiene textura porfirítica, color gris verdoso claro a blanco verdoso, puede presentarse fresca o con alteración de metasomatismo de contacto (silicatos verdes). Es común encontrarlos con diseminación de pirita, calcopirita y minerales de arsénico contenidos en venillas de cuarzo que cortan el cuerpo ígneo.

### **3.3 Geomorfología**

El contexto sobre el cual se desarrolla el proyecto de la relavera en la quebrada Collparacra, tiene una morfología característica de valle glacial, con sección transversal amplia en forma de U, superficies llanas onduladas en el fondo del valle y laderas con pendientes moderadas labradas en rocas sedimentarias. El valle es el resultado de procesos glaciales pleistocénicos, modificado parcialmente por erosión fluvial y remociones en masa. Entre las geofomas que resaltan se tiene la artesa (fondo de valle glacial amplio de orientación noreste-noroeste, desarrollado sobre rocas calcáreas y probablemente siguiendo una debilidad estructural). Las formas de acumulación de los sedimentos cuaternarios son: materiales glaciares (morrenas), coluvios estables antiguos y recientes en los flancos, y suelos hidromorfos (bofedales) sobre la planicie de inundación del curso principal de quebrada Collparacra -sector medio/bajo.

El valle que aloja el área Magistral tiene una forma de circo con el fondo semi-plana y orientación noreste. Los flancos del valle muestran afloramientos de roca fresca, la vegetación, se caracteriza por la hierba y pequeños arbustos, se encuentra principalmente en la parte inferior del valle y en las laderas inmediatas. Desde el punto de vista geomorfológico, El área del Proyecto magistral se encuentra en el límite norte de la Cordillera Blanca, al lado de la divisoria de aguas entre las cuencas del Marañón al este y al río Santa en el oeste.

En el área del proyecto Magistral, se pueden encontrar las siguientes geoformas:

*Circo glaciar:* Se caracteriza por las altas crestas de apariencia semicírculo, amplios fondos de los valles, y materiales morrénicos que rodean pequeñas lagunas de distribución escalonada. Sus laderas están formadas por afloramientos y depósitos superficiales recientes.

*Valle glaciar:* Se extiende aguas abajo del circo glaciar. Se caracteriza por laderas de media a baja inclinación y un amplio fondo tapizado por una cubierta reciente. Foto 3.8



*Foto 3.8 Valle donde se va a cimentar la presa de relaves.*

### **3.4 Eventos geodinámicos**

En el sector del cierre de la presa y zonas próximas sobre las partes altas de las laderas se han identificado zonas de inestabilidad que involucran afloramientos de roca caliza. Específicamente se trata de afloramientos rocosos estratificados afectados por fallas longitudinales, fallas transversales y discontinuidades longitudinales mayores que están relacionados a desprendimientos y caídas de bloques de roca.

Tal como se presenta el contexto geológico, sísmico y climático, la región donde se sitúa el proyecto Magistral, tiene una alta recurrencia de movimientos en masa. En el periodo histórico se tiene recurrencia de avalanchas de rocas, flujos de detritos (tipo aluvión) en los valles glaciares de montaña; así como deslizamientos, flujos de detritos (tipo huayco) y movimientos complejos, en sus vertientes.

Las observaciones geológicas relacionadas al área (Heim, 1949), a razón del terremoto del 10 de noviembre de 1946, menciona grandes eventos de deslizamientos de tierras en las zonas de Pelagatos, Quiches, Sihuas y Rio Pampas. Eventos típicos de avalanchas y deslizamientos de rocas ocurrieron en las quebradas de Pelagatos, Suytuccocha, Llama, San Miguel, con importantes represamientos de valle. Destacan también las avalanchas de roca del cerro Buenavista, que represso el rio Llama-Actuy, la avalancha de rocas del cerro Peñacocha (Suytuccocha, Mayas), además de un deslizamiento menor en la cabecera de Suytuccocha. Los derrumbes se manifiestan en ambas márgenes de la quebrada Pelagatos, en los cerros Movillo y Berlín, formando una pequeña laguna aguas debajo de la laguna Pelagatos. La avalancha de rocas en el cerro Uctucocha represso la quebrada Santa Rosa de Huissha (Conchucos). Otros eventos como el caso de la quebrada de Laguna Blanca y en la quebrada Challhuacocha (adyacentes a la quebrada Collparacra), son avalanchas de rocas no registrados, el cual se presume tenga relación con el sismo de 1946.



*Foto 3.9 Estribo izquierdo, se aprecian los depósitos de derrumbes y coluvios producidos por el sismo de 1946.*



*Foto 3.10 Quebrada Laguna Blanca*

## **3.5 Geología estructural**

### **3.5.1 Aspectos estructurales del área de estudio**

Como se muestra en la figura 3.3, el depósito de relaves Collparacra se ubica sobre un contexto estructural complejo a escala local, dominada en la cabecera de la quebrada por la presencia de la falla Huacchara (no activa) como principal rasgo estructural, y en el sector intermedio y bajo por la presencia de fallas normales de alto ángulo, pliegues volcados de orientación norte y evidencias de antiguos deslizamientos.

La falla Huacchara, ubicada en el límite de la cabecera y el sector intermedio de la quebrada Collparacra es el principal rasgo estructural en el área y disturba la secuencia estratigráfica con un desplazamiento vertical estimado en por lo menos 1000 m. Tiene orientación norte-sur con un buzamiento de 60° al oeste y pone en contacto cuarcitas del Chimú y calizas de la Formación Santa con las calizas del Jumasha. Al este de la falla Huacchara, la estructura predominante es una serie de anticlinales y sinclinales apretados con plano axial hacia el NO y con inmersión entre 10° a 50° en esa dirección.

Los afloramientos de stocks intrusivos en ambos flancos de la quebrada Collparacra se encuentran asociados a la existencia de la falla. La falla Huacchara y las fallas secundarias asociadas a esta se consideran que se encuentran en estado inactivo. En el reconocimiento de campo no se encontró evidencia de ningún desplazamiento en el Cuaternario. La formación del valle colgado de Huacchara, ubicado en la margen derecha de la quebrada Collparacra se formó precisamente siguiendo la dirección de la falla.

En el sector intermedio de la quebrada las estructuras dominantes son los planos de estratificación que determina el relieve en forma de bancos y laderas de pendiente moderada a escarpadas, labradas en las areniscas del Farrat, la secuencia de lutitas, margas y calizas del Pariahuanca – Chúlec - Pariatambo y hacia el límite de este sector, las calizas del Jumasha. La estratificación tiene una orientación promedio N 340° con un buzamiento medio de 45 a 50° hacia el SO. En el entorno del cierre de la presa los flancos tienen direcciones NE-SO. Esta configuración da lugar a que la estratificación sea transversal al valle y su buzamiento sea hacia aguas abajo.

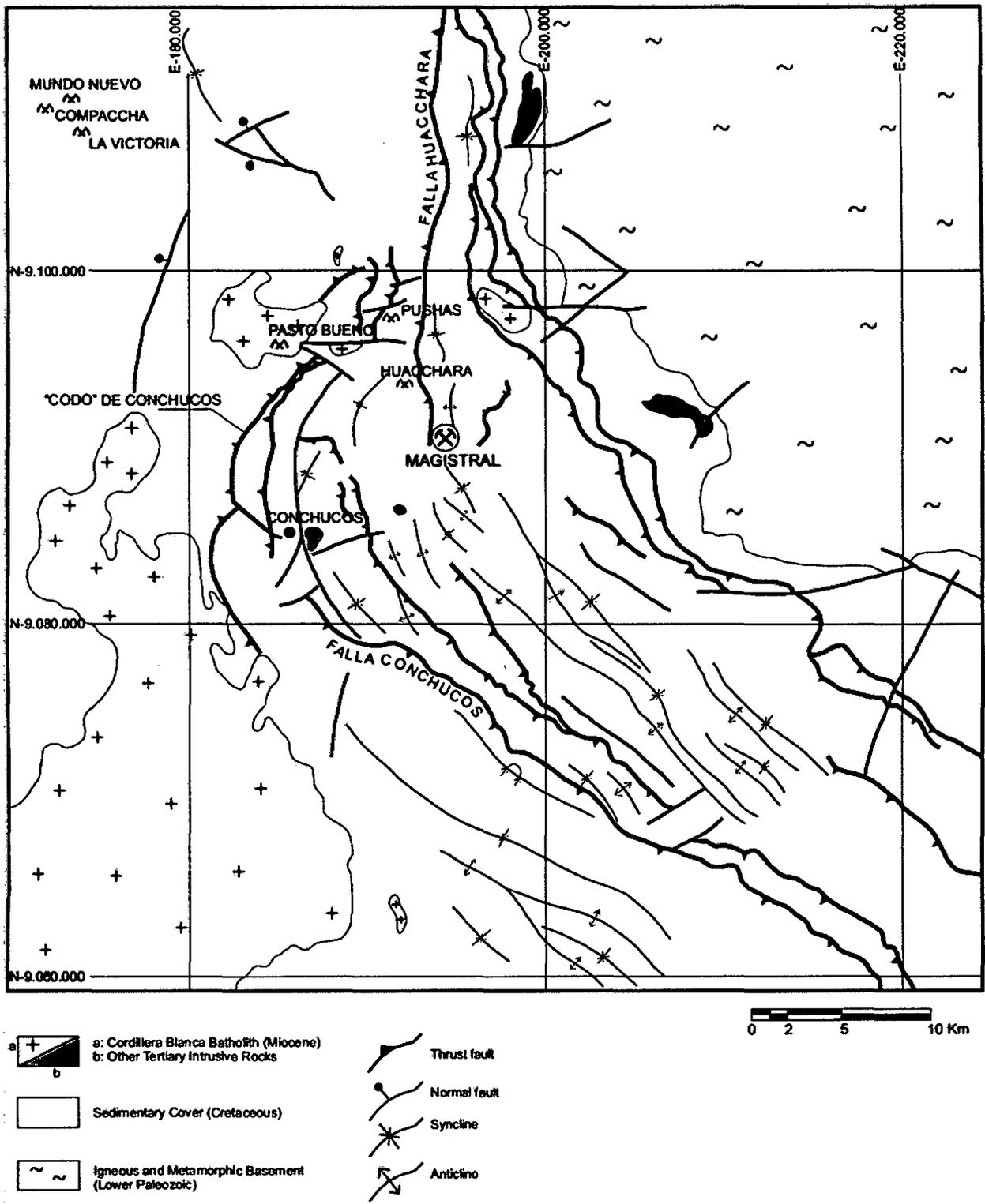


Fig. 3.3 Contexto estructural sobre el cual se sitúa el proyecto Magistral (Wilson et al. 1995).

### 3.5.2 Análisis Estructural de los flancos y valle de la presa de relaves

- **Estación Micro-Tectónica (EM-1):** Esta estación ha sido mapeada en el margen derecho del depósito de relaves en rocas areniscas y cuarcitas de la formación Carhuaz y Farrat, mediana a altamente fracturada, medianamente alterada, regular a buena dureza. La localización de esta estación (EM-1) se puede observar en la figura 3.4. El mapeo del sistema de fallas y la estratificación son los siguientes:

#### Sistemas de juntas

F1 = N60°E - 75°NW (I S)

F2 = N80°W - 68°SW (II S)

F3 = N50°W - 42°NE (III S)

**Estratificación:** N10°W - 25°SW (E)

**Falla:** N05°E - 25°NW (F)

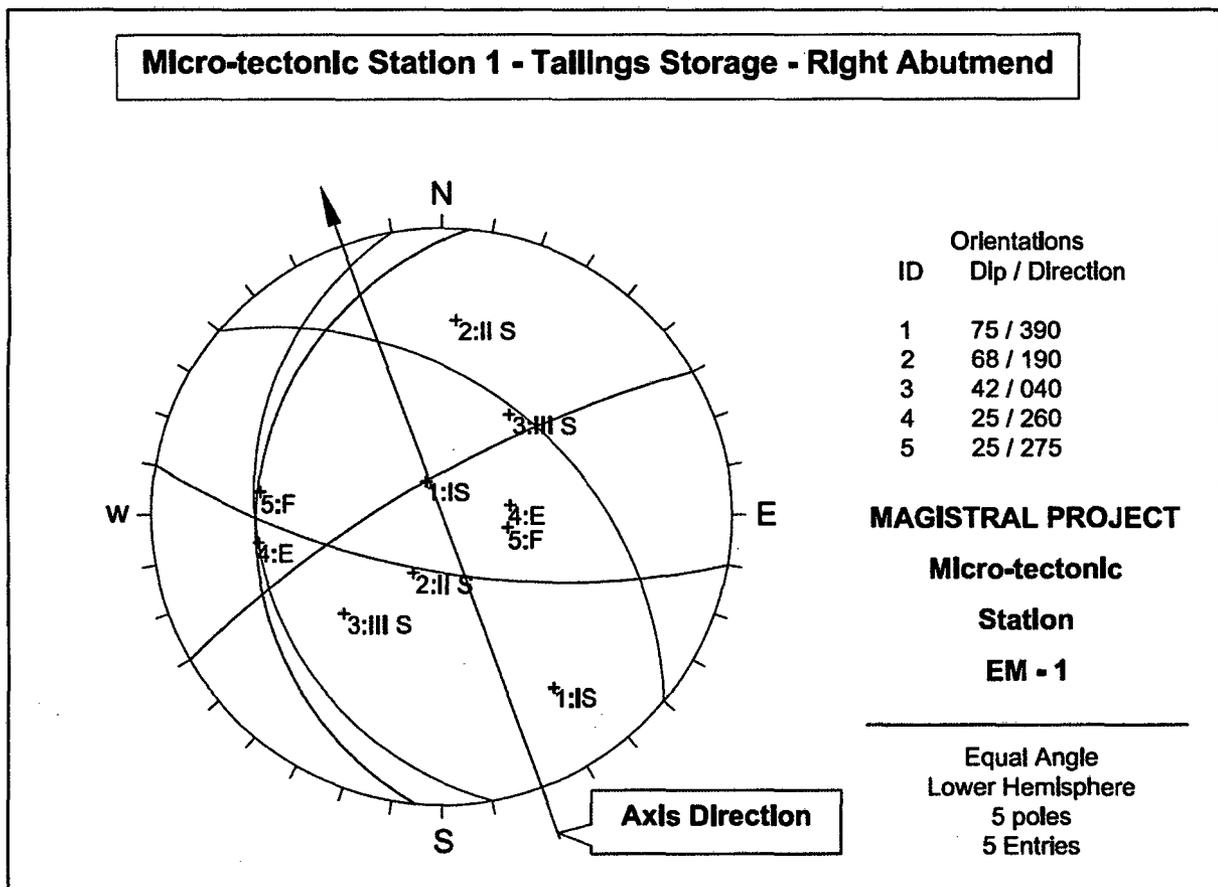


Fig. 3.4 Principales planos, proyección estereográfica – Estación micro-tectónica 1

- **Estación Micro-Tectónica (EM-2):** Esta estación ha sido mapeada en el margen izquierdo del depósito de relaves en rocas cuarcitas de la formación Farrat y calizas de la Formación Jumasha, mediana a altamente fracturada, medianamente alterada, regular a buena dureza. La localización de esta estación (EM-2) se puede observar en la figura 3.5. El mapeo del sistema de fallas y la estratificación son los siguientes:

**Sistemas de juntas**

- F1 = NS - 80°E (I S)
- F2 = N20°W - 50°SW (II S)
- F3 = N30°E - 60°NW (III S)

**Estratificación:** N05°E - 30°NW (E)

**Falla:** N70°E - 75°NW (F)

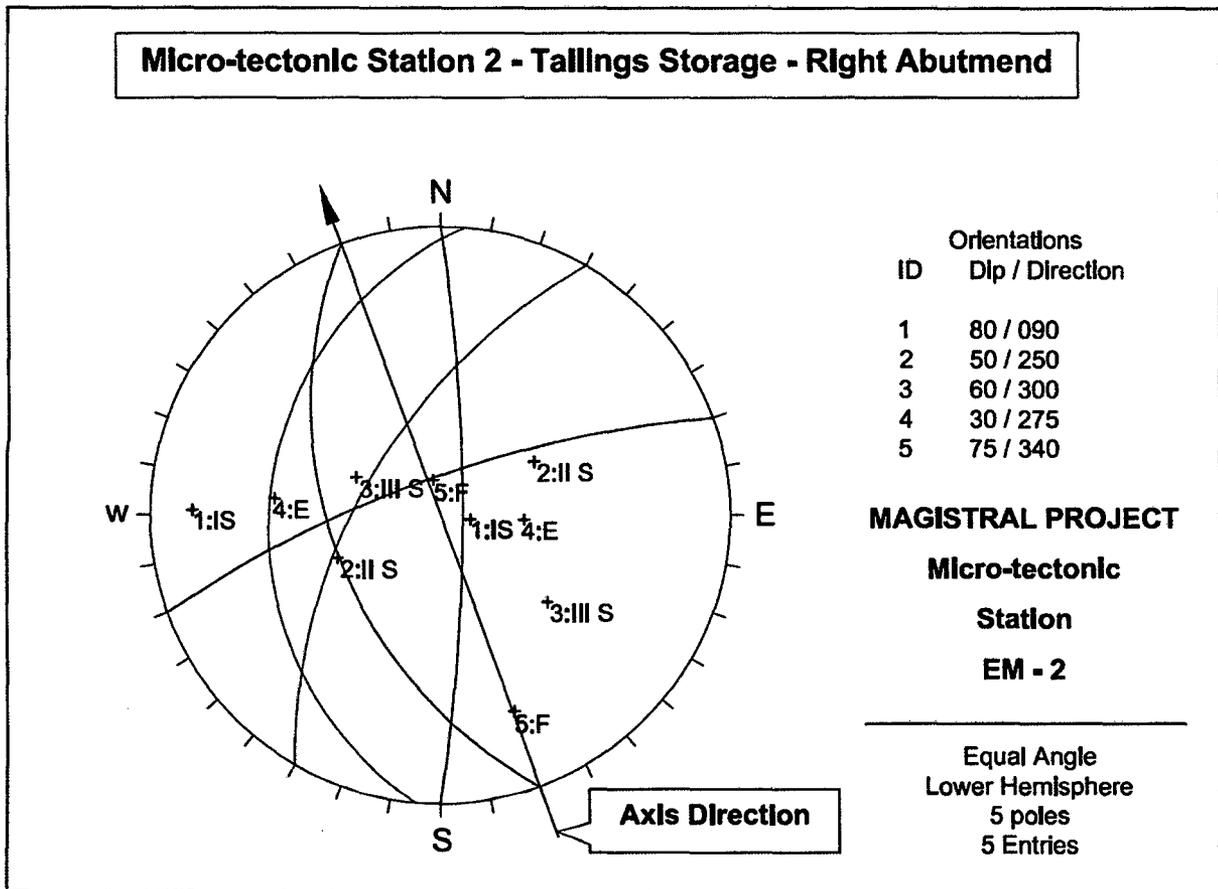


Fig. 3.5 Principales planos, proyección estereográfica – Estación micro-tectónica 2

- **Estación Micro-Tectónica (EM-3):** Esta estación ha sido mapeada en el margen izquierdo de la presa de relaves en calizas de la Formación Jumasha, mediana a altamente fracturada, ligeramente alterada, regular a buena dureza. La localización de esta estación (EM-3) se puede observar en la figura 3.6. El mapeo del sistema de fallas y los planos de estratificación se muestran de la siguiente manera:

**Sistema de juntas**

F1 = N75°E - 80°SE (I S)

F2 = NS - 82°W (II S)

F3 = N70°W - 65°NE (III S)

**Estratificación:** N05°W - 20°SW (E)

**Falla:** N20°E - 60°NW (F)

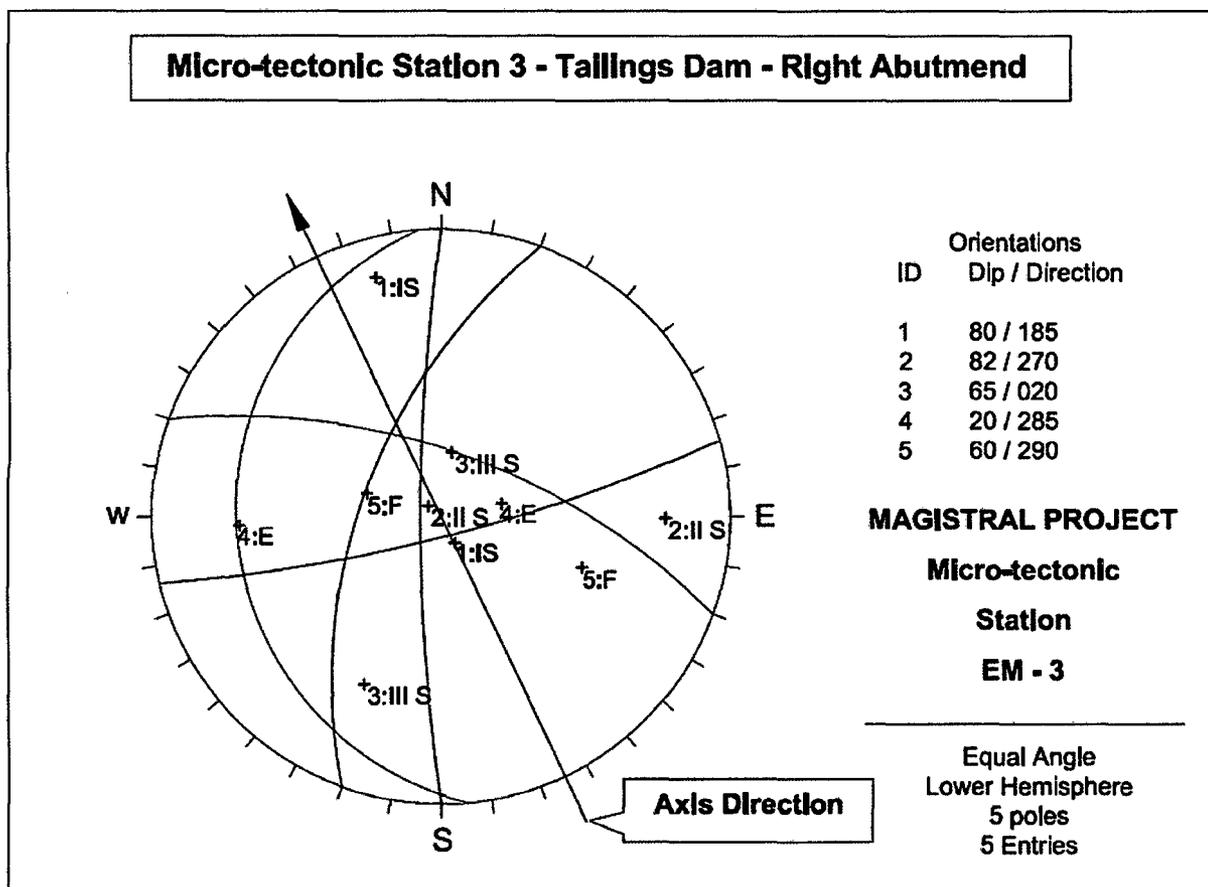


Fig. 3.6 Principales plano, proyección estereográfica – Estación micro-tectónica 3

- **Estación Micro-Tectónica (EM-4):** Esta estación ha sido mapeada en el margen izquierdo de la presa de relaves, en calizas de regular a buena dureza. La localización de esta estación (EM-4) se puede observar en la figura 3.7. El mapeo del sistema de fallas y los planos de estratificación se muestran de la siguiente manera:

**Sistema de juntas:**

F1 = N70°E - 80°SE (I S)

F2 = N50°W - 75°NE (II S)

F3 = N70°W - 80°NE (III S)

**Estratificación:** N05°E - 20°NW (E)

**Falla:** N85°W - 80°NE (F)

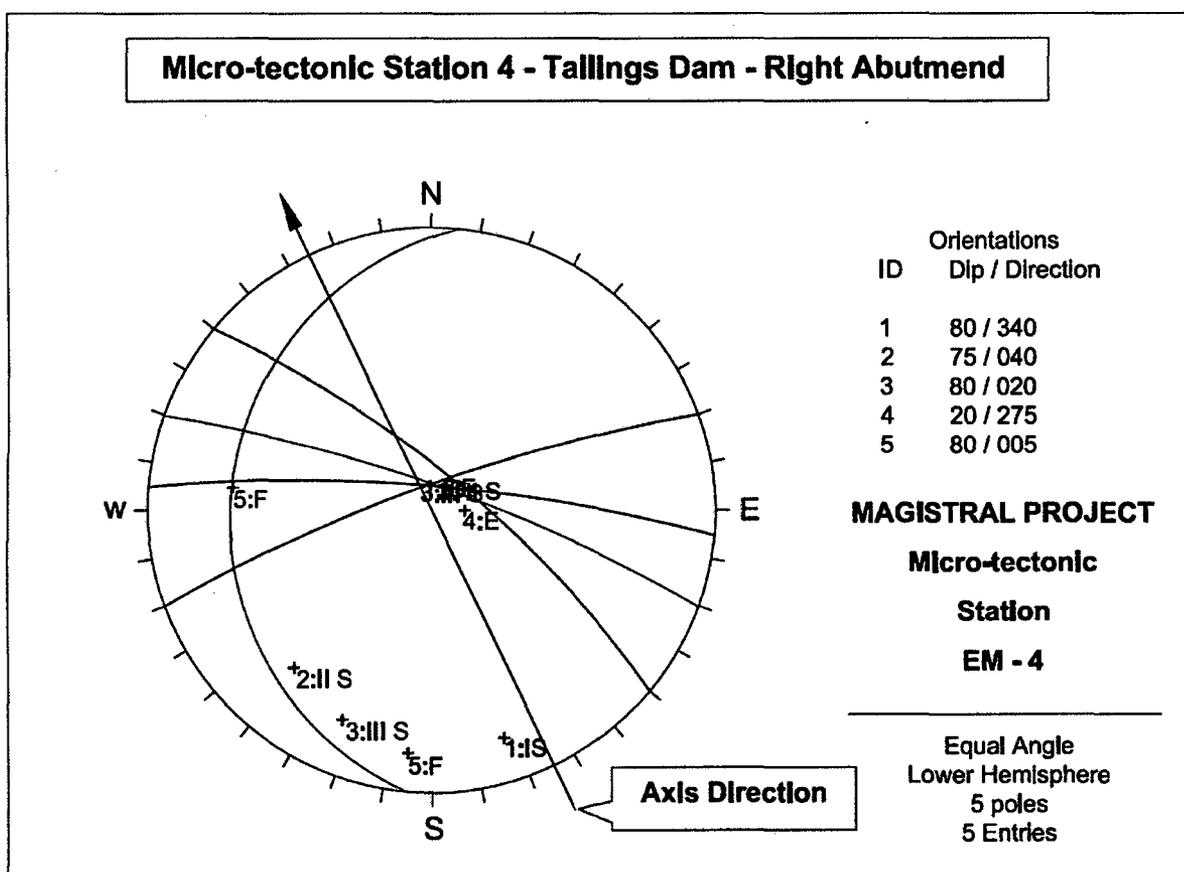


Fig. 3.7 Principales plano, proyección estereográfica – Estación micro-tectónica 4

## **3.6 Investigación sísmica**

### **3.6.1 Aspectos sísmicos del área**

El Marco Tectónico Regional, sitúa a la región en un contexto geológico y sísmico muy complejo y activo. El Proyecto Magistral, se encuentra a unos 13 km al oeste de la falla activa Quiches, y a unos 30 km al noreste del sistema de fallas activas de la Cordillera Blanca. La falla activa Chaquilbamba, se ubica a unos 85 km al noreste de Magistral.

Entre los eventos sísmicos importantes se tiene el sismo del 10 de noviembre de 1946, un terremoto de magnitud 7.2 MMS (NEIC) que produjo destrucción parcial en las localidades de Pallasca, Pomabamba y Quiches. Fue considerado el sismo de mayor intensidad ocurrido en los altos andes peruanos, con epicentro localizado a 15 km al noroeste de la localidad de Quiches.

Este contexto sismo tectónico constituye un factor que induce a movimientos en masa (flujo de detritus, avalanchas de roca y detritus, caída de rocas y derrumbes, deslizamientos rotacionales y trasnacionales y movimientos complejos) frecuentes en esta parte de la región Ancashina.

### **3.6.2 Sismicidad Histórica**

La sismicidad histórica y los principales mapas de isosistas del terremoto muestran que en el área de estudio, se produjo eventos sísmicos de intensidad hasta IX en Mercalli Modificada (MM) en la zona costera. En el área del proyecto, la intensidad que se ha registrado es de IX a MMI debido a la actividad sísmica de la falla de Quiches.

### **3.6.3 Análisis Determinístico**

El análisis determinista de los efectos sísmicos en la zona del proyecto se refiere a los eventos sísmicos observados a fallas activas o potencialmente activas con el fin de determinar los efectos epicentral y la atenuación en el lugar.

En el análisis de riesgos determinista sísmica, los sismos localizados en la zona de subducción de la costa y en la zona de subducción intermedia debajo del continente han sido considerados. Además, los sistemas de fallas más cercanas al proyecto han sido identificados para el análisis, que en este caso es la Falla de Quiches.

Los resultados muestran que en el caso de un terremoto extremo, el área del proyecto Magistral estará expuesto a las aceleraciones máximas del suelo de 0,39 g, procedente de la actividad sísmica en la zona continental superficial (Falla Quiches). La actividad sísmica generada por el área superficial de falla de subducción podría alcanzar valores de hasta 0,21 g, lo que representa solicitaciones moderadas para las instalaciones del proyecto.

En la Operación sismo, que considera un terremoto con un período de retorno de 200 años, los resultados de los análisis deterministas muestran que, en el área del proyecto Magistral, se espera una aceleración máxima del suelo de hasta 0,30 g. Estos se originan en la actividad sísmica en la zona continental superficial (Falla Quiches).

#### **3.6.4 Análisis Probabilístico**

Para el análisis probabilístico de peligro sísmico, las fuentes sísmicas han sido consideradas como áreas. Para el sismo de diseño de la zona del proyecto Magistral, se recomienda que se utilice el valor máximo de aceleración para un evento de tiempo de regresar 475 años. Esto corresponde a una exposición sísmica de 50 años, con un 10 por ciento de probabilidad de excedencia. La aceleración máxima del terreno horizontal para este evento es de 0,36 g de lecho de roca o suelo rígido en la zona de emplazamiento de la mina.

Figura 3.8 se muestra la curva de amenaza sísmica para la máxima aceleración horizontal del suelo en términos de la probabilidad anual de excedencia para el lugar Magistral, en las coordenadas 77.77 W, 8,22 S.

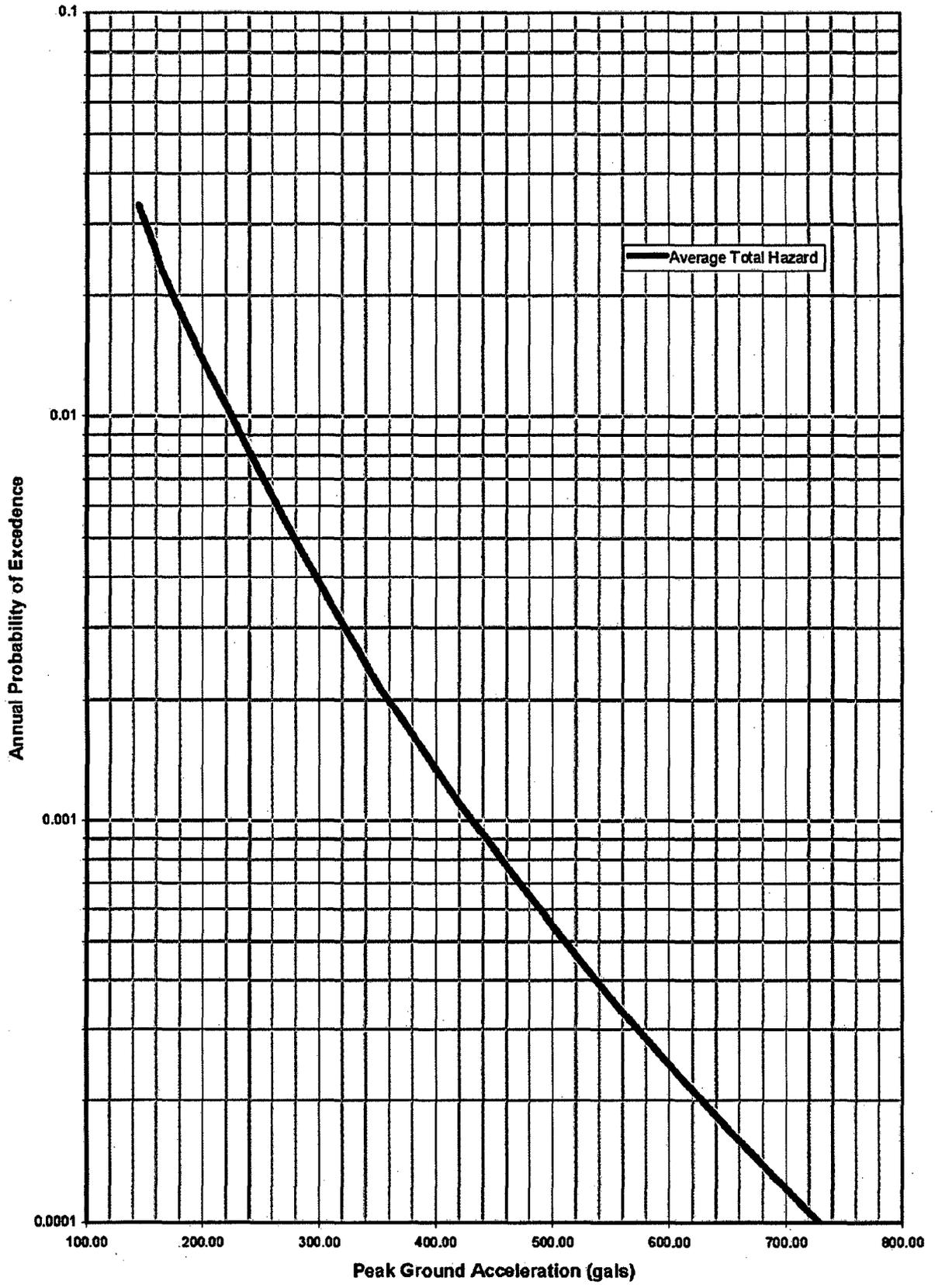


Fig. 3.8 Curva de amenaza sísmica para la aceleración horizontal máxima  
 Coordenadas. 77,77 W, S 8,22.

### 3.6.5 Ensayos de refracción sísmica

Se han realizado cinco (5) líneas de refracción sísmica para obtener perfiles de ondas de compresión u ondas P. en el área de la presa de relaves, con 3.54 km de longitud. En la tabla 3.8 se presentan las coordenadas de inicio y fin y la longitud de cada línea de refracción sísmica. En anexo 03 se presenta la ubicación de las líneas de refracción sísmica.

### 3.6.6 Ensayos MASW

Con la finalidad de obtener el perfil de ondas de corte u ondas S en determinados puntos, se han realizado seis (6) ensayos MASW en el área de la presa de relaves. En la tabla 3.9 se presentan las coordenadas de la ubicación de cada ensayo MASW realizado y en anexo 03 se presenta la ubicación de los puntos de los ensayos MASW. En la Tabla 3.10 se presentan los valores de ondas de corte (ondas S) en m/s, obtenidos en cada punto de ensayo MASW.

*Tabla 3.8 Ensayos de Refracción Sísmica*

Área	Nombre de línea	Inicio			Fin			Longitud (m)
		Este	Norte	Cota	Este	Norte	Cota	
Presa de Relaves	L1	190928.51	9087836.59	4007.83	190679.42	9088307.89	4013.16	600
	L2	190853.32	9088456.22	4061.88	191096.59	9087995.18	3977.24	600
	L3	191321.40	9088007.93	4065.66	191083.44	9088460.85	4018.23	600
	L4	191700.86	9088499.21	3951.78	190603.3	9088029.51	3846.36	1200
	L5	191273.31	9088539.31	4000.52	191494.47	9088130.23	4042.97	540

Longitud Total (m) : 3540

*Tabla 3.9 Ubicación de los ensayos de MASW*

Área	Ensayo MASW	Ubicación			Profundidad (m)
		Este	Norte	Cota	
Presa de Relaves	S-1	190655.61	9088056.48	3844.67	39.78
	S-2	190782.66	9088107.67	3874.28	41.17
	S-3	190993.02	9088204.26	3881.90	40.06
	S-4	191069.13	9088491.9	4040.79	41.04
	S-5	191273.75	9088103.86	3979.27	42.18
	S-6	191370.77	9088358.89	3923.08	39.79

Tabla 3.10 Ensayos MASW

Área	Ensayo MASW	Profundidad (m)	Vs (m/seg)
Presa de Relaves	S-1	13.89	734
		18.59	1150
		24.47	1379
		31.82	1426
		39.78	3287
	S-2	4.87	262
		7.36	504
		10.48	614
		14.37	469
		19.24	548
		25.33	1138
		32.94	1806
	41.17	1716	
	S-3	2.79	137
		7.16	275
		10.19	354
		13.98	534
		18.72	776
		24.64	1028
		32.04	1322
	40.06	1757	
	S-4	2.26	228
		4.85	196
		7.33	254
		10.44	696
		14.32	656
		19.17	640
		24.24	958
		32.83	1297
	41.04	2736	
	S-5	1.31	218
		2.94	291
		4.98	456
		7.54	345
		10.73	1021
		14.72	752
19.71		904	
25.95		1126	
33.74		2923	
42.18	2778		
S-6	1.23	146	
	2.78	161	
	4.70	243	
	7.11	356	
	10.13	583	
	13.89	664	
	18.59	782	
	24.48	987	
	31.83	1694	
39.79	2412		

Nota: Vs: Velocidad de ondas corte

### 3.7 Hidrogeología

Con el fin de evaluar las propiedades hidráulicas de los materiales de cimentación en el depósito y presa de relaves, se llevaron a cabo ensayos de permeabilidad in-situ, en sondajes Lugeon y Lefranc y únicamente Lefranc en calicatas.

#### 3.7.1 Ensayos de permeabilidad

##### 3.7.1.1 En sondajes

**a. Depósito de Relaves.** En esta área, en los sondajes (SG\_DR-01 y SG\_DR-02) se realizó un (1) ensayo de permeabilidad en cada sondaje.

**Sondaje SG\_DR-01,** se realizó un (1) ensayo de permeabilidad en la sección de 74 a 100 metros de profundidad; la litología es cuarcita, muy fracturada, altamente meteorizada, roca débil a medianamente fuerte. La permeabilidad media geométrica es  $1.11 \times 10^{-5}$  cm/s.

**Sondaje SG\_DR -02,** se realizó un (1) ensayo de permeabilidad en la sección de 28,9 a 65,4 metros de profundidad; la litología correspondiente a este tramo es de cuarcita, un poco fracturado, medianamente meteorizada, roca medio fuerte a fuerte. La permeabilidad media geométrica es  $2.42 \times 10^{-4}$  cm / s.

**b. Presa de relaves.** En esta área, se realizaron cinco (5) sondajes (SG\_PR-01 a SG\_PR-05) para los ensayos de permeabilidad a diferentes profundidades.

**Sondaje SG\_PR-01,** se realizó un (1) ensayo de permeabilidad (tipo) Lugeon en la sección 73,9 a 100 m. de profundidad roca ligeramente fracturada, medianamente meteorizada, roca caliza medianamente fuerte a fuerte. La permeabilidad media geométrica es:  $4.34 \times 10^{-6}$  cm/s. También se realizaron dos ensayos de permeabilidad en suelos (tipo) Lefranc en el tramo 6.8 a 11.4 m. y 19,5 a 24,9 m. de profundidad, con valores de permeabilidad de  $7.41 \times 10^{-5}$  cm/s y  $1.67 \times 10^{-4}$  cm/s, respectivamente.

**Sondaje SG\_PR -02**, se realizaron (4) cuatro ensayos de permeabilidad en las secciones 25,9 a 54,5 m., 55,9 a 74,5 m., 73,9 a 86,5 m., y 85,9 y 100.0 m. Todos estos ensayos se realizaron en roca caliza de grano fino, de color gris, un poco fracturado, medianamente a ligeramente meteorizada y moderadamente fuerte a fuerte. Los valores de la permeabilidad media geométrica es:  $2.30 \times 10^{-4}$  cm/s,  $4.49 \times 10^{-5}$  cm/s,  $4.37 \times 10^{-4}$  cm/s y  $6.43 \times 10^{-7}$  cm/s, respectivamente.

**Sondaje SG\_PR -03**, se realizaron (4) cuatro ensayos de permeabilidad en las secciones 46,9 a 69,7 metros (roca caliza), 81,5 a 131,4 m. (areniscas y lutitas pizarras), 141,5 a 191,4 m. (lutitas pizarras), y 201,3 a 250,0 m. (cuarcita y arenisca). En general, la roca fracturada a bajo fracturamiento, medianamente meteorizada, dura a muy dura, con los valores de la permeabilidad media geométrica de  $5.48 \times 10^{-5}$  cm/s,  $3.30 \times 10^{-5}$  cm/s,  $7.95 \times 10^{-5}$  cm/s, y  $2.32 \times 10^{-5}$  cm/s, respectivamente.

**Sondaje SG\_PR -04**, se realizaron (6) seis ensayos de permeabilidad, en las secciones 14 a 40 metros, 32,0 a 56,5 m, 56,0 a 80,3 m., 80 a 103 m., 107 a 129,5 m. y 130,7 a 150,0 m. Todos estos eran en roca caliza de grano fino, de color gris, bajo fracturamiento, medianamente a ligeramente meteorizado, semiduro a duro, con los valores de la permeabilidad media geométrica de  $1.36 \times 10^{-4}$  cm/s,  $3.51 \times 10^{-4}$  cm/s,  $7,73 \times 10^{-5}$  cm/s,  $7.63 \times 10^{-5}$  cm/s,  $2.8 \times 10^{-5}$  cm/s, y  $1.94 \times 10^{-6}$  cm/s, respectivamente.

**Sondaje SG\_PR -05**, se realizaron (4) cuatro ensayos de permeabilidad en las secciones 23,0-45,9 m. (roca caliza), 44,0 a 102,9 m. (caliza y arenisca), 101 a 124 m. (arenisca y granodiorita), y 125,1 a 150,0 m. (granodiorita). En general, el macizo rocoso está ligeramente fracturado a fracturado, medianamente meteorizada, de dureza media a dura, con los valores de la permeabilidad media geométrica de  $3.41 \times 10^{-5}$  cm/s,  $2.10 \times 10^{-5}$  cm/s,  $1.53 \times 10^{-6}$  cm/s, y  $7.42 \times 10^{-5}$  cm/s, respectivamente.

Tabla 3.11 Ensayos de Permeabilidad en sondajes

Área	Sondaje	Tipo de ensayo	Nº de ensayo	Profundidad (m)		Litología	K (cm/s)
				Inicio	Final		Promedio geométrico
Depósito de relaves	SG_DR-01	Lugeon	1	74	100	Cuarcita, muy fracturada, altamente intemperizada.	1.11E-05
	SG_DR-02	Lugeon	1	28.9	65.4	Cuarcita, ligeramente fracturada, medianamente intemperizada.	2.42E-04
Presa de Relaves	SG_PR-01	Lefranc	1	6.8	11.4	Grava mal gradada (GP).	7.41E-05
		Lefranc	2	19.5	24.9	Grava mal gradada (GP).	1.67E-04
		Lugeon	3	73.9	100	Caliza, ligeramente fracturada, medianamente intemperizada.	4.34E-06
	SG_PR-02	Lugeon	1	25.9	54.5	Caliza de grano fino, gris, ligeramente fracturada, medianamente a ligeramente intemperizada, de medio a muy fuerte.	2.30E-04
		Lugeon	2	55.9	74.5		4.49E-05
		Lugeon	3	73.9	86.5		4.37E-04
		Lugeon	4	85.9	100		6.43E-07
	SG_PR-03	Lugeon	1	46.9	69.7	Caliza	5.48E-05
		Lugeon	2	81.5	131.4	Arenisca y lutita pizarrosa	3.30E-05
		Lugeon	3	141.5	191.4	Lutita pizarrosa	7.95E-05
		Lugeon	4	201.3	250.0	Cuarcita a arenisca	2.32E-05
	SG_PR-04	Lugeon	1	14	40	Caliza de grano fino, poco fracturado, medianamente a ligeramente meteorizada.	1.36E-04
		Lugeon	2	32	56.5		3.51E-04
		Lugeon	3	56	80.3		7.73E-05
		Lugeon	4	80	103		7.63E-05
		Lugeon	5	107	129.5		2.80E-05
		Lugeon	6	130.7	150.0		1.94E-06
	SG_PR-05	Lugeon	1	23	45.9	Caliza	3.41E-05
		Lugeon	2	44	102.9	Caliza y arenisca	2.10E-05
		Lugeon	3	101	124	Arenisca y granodiorita	1.53E-06
Lugeon		4	125.1	150	Granodiorita	7.42E-04	

**Notas:**

K: Coeficiente de permeabilidad

### 3.7.1.2 En calicatas

Se realizaron cinco (5) ensayos de permeabilidad (tipo Lefranc), se llevaron a cabo en las calicatas seleccionadas: CAM\_PR-6, CAM\_PR-10, CAM\_PR-15, y CAM\_PR-16. Los resultados de estos ensayos muestran una variación de permeabilidades de  $2.12E-02$  cm/s a  $1.58E-03$  cm/s, mostrando media a alta permeabilidad de estos materiales. Los ensayos se realizaron sobre suelos arcillosos y gravas arcillosas con limo que pertenece a suelos coluviales y aluviales, respectivamente.

Tabla 3.12 Ensayos de permeabilidad en calicatas

Código de Ensayo	Coordenadas UTM		N° de Ensayo	Prof. De Ensayo (m)	Clasificación SUCS	K (cm/s)
	Norte	Este				Del promedio de datos
CAM_PR-16	9088234	191075	1	1.5	GC	3.84E-03
CAM_PR-16	9088234	191075	2	2.1	GC	1.60E-03
CAM_PR-6	9088124	190881	1	1.6	GC	2.12E-02
CAM_PR-10	9088349	190999	1	1.8	GC	3.39E-03
CAM_PR-15	9088202	191413	1	3.0	GC - GM	1.24E-02

Notas:

K: coeficiente de permeabilidad

### 3.7.2 Análisis del comportamiento hidrogeológico

- **En las unidades de suelos (Q-mo, Q-bof, Q-fg, Q-co, Q-re).** De acuerdo con las características litológicas descritas anteriormente, esta unidad es detrítica, no consolidada y conformada por depósitos fluvioglaciares, coluviales y también de bofedales, suelos residuales y morrenas. Todas ellas poseen porosidad primaria. Los dos primeros se consideran, en general, unidades hidrogeológicas con granulometría gruesa y relativamente bien seleccionada (Gravas, bloques dentro de matriz arenosa - limosa), lo cual les otorga una permeabilidad moderada ( $10^{-5}$  cm/s a  $10^{-2}$  cm/s), aunque su extensión es de carácter local. Los bofedales, morrenas y suelos residuales en cambio constituyen también unidades hidrogeológicas locales, con granulometría fina (Limo, arcilla y turba) y consecuentemente tienen baja permeabilidad ( $10^{-7}$  cm/s a  $10^{-5}$  cm/s). Estas unidades se observan ocupando

esencialmente a lo largo del valle de la quebrada Collparacra, aunque con escasos espesores, generalmente menores a 10 m, donde se asentaría la estructura de la presa propuesta y del correspondiente depósito de relaves, pero esta unidad hidrogeológica está también ocupando parcialmente las laderas del valle, cubriendo parcialmente al macizo rocoso también con espesores menores.

- **En la formación Jumasha (Ks-J)** se han realizado once (11) ensayos de permeabilidad, ver el Gráfico 3.9 y Tabla 3.11. El valor más alto de permeabilidad obtenido es  $4.37 \times 10^{-4}$  cm/s a una profundidad promedio de 80 m (sondaje SG-PR-02) y el valor más bajo de permeabilidad es  $6.43 \times 10^{-7}$  cm/s a una profundidad promedio de 92 m (sondaje SG-PR-02). Se observa una clara tendencia de la disminución de la permeabilidad con la profundidad. Se califica a esta unidad hidrogeológica de extensión regional, con porosidad secundaria por fracturamiento y disolución, con rasgos leves de carstificación en superficie; su conductividad hidráulica es moderada a baja.
  
- **En la formación Pariahuanca – Chulec – Pariatambo (Ki-Pchp)** se han realizado cuatro (4) ensayos de permeabilidad. En este caso la variación de la permeabilidad con la profundidad es menor. A una profundidad promedio de 57 m se obtiene una permeabilidad de  $5.48 \times 10^{-5}$  cm/s (sondaje SG-PR-03) y a una profundidad promedio de 112 m la permeabilidad es  $1.53 \times 10^{-6}$  cm/s (sondaje SG-PR-05). Al igual que la formación Jumasha, la correlación entre la permeabilidad y la profundidad es evidente. Se califica como una unidad hidrogeológica de extensión regional con porosidad secundaria por fracturamiento y disolución, posee una conductividad hidráulica baja a moderada.
  
- **En la formación Farrat (Ki-fa)** se han realizado cinco (5) ensayos de permeabilidad. En este caso se tiene una variación de  $2.42 \times 10^{-4}$  cm/s (sondaje SG-DR-2, profundidad promedio: 47 m) a  $1.11 \times 10^{-5}$  cm/s (sondaje SG-DR-1, profundidad promedio: 87 m). Se le califica como una unidad hidrogeológica de extensión regional, con porosidad secundaria por fracturamiento, la conductividad hidráulica corresponde a un valor moderado.

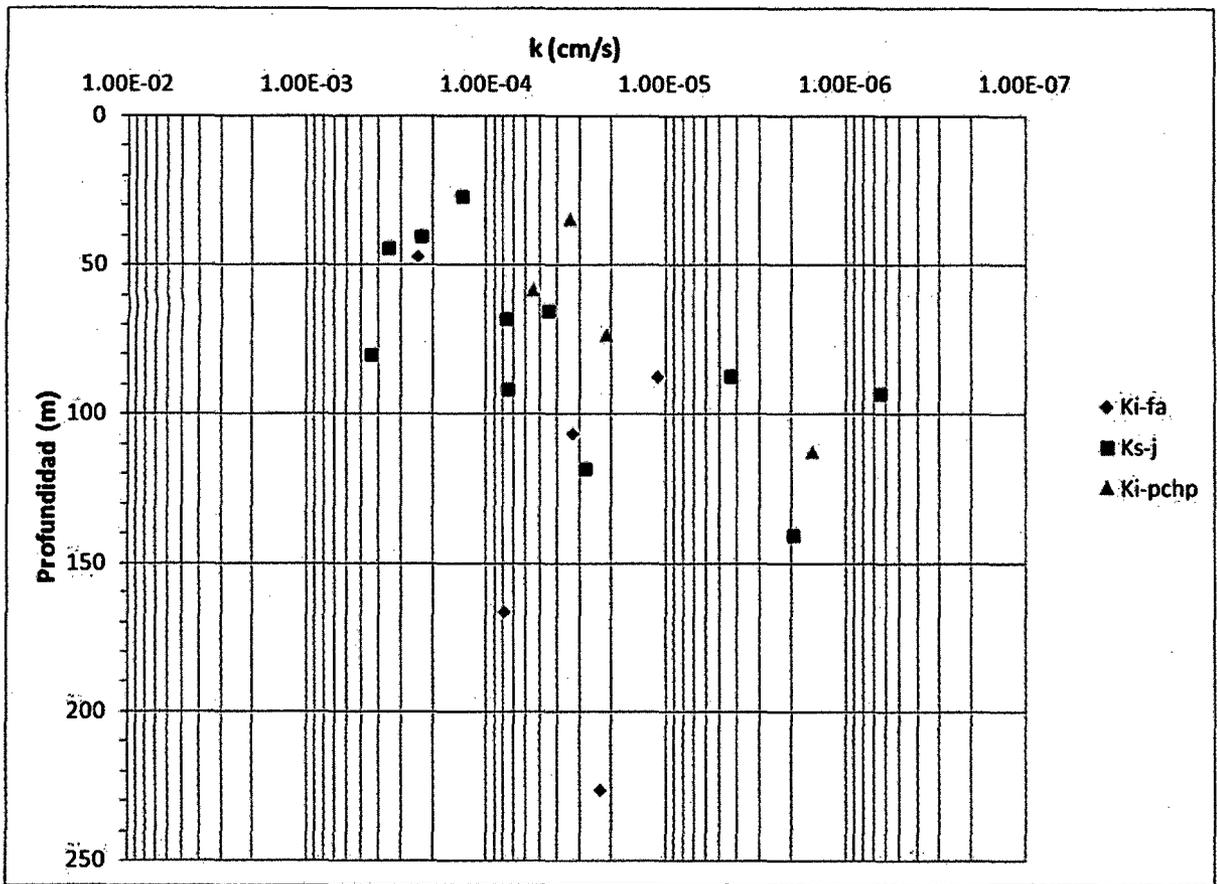


Fig. 3.9 Variación de la permeabilidad con la profundidad en el macizo rocoso bajo la presa de relaves

### **3.8 Investigación geotécnica**

#### **3.8.1 Investigación Geotécnica de Campo**

Se realizó la investigación geotécnica de campo del proyecto Magistral en el área del depósito de relaves y presa de relaves. Esta investigación comprende desarrollo de calicatas, pozos de perforación y ensayos in-situ; así como un muestreo representativo de los materiales de cimentación y los correspondientes ensayos de laboratorio. Las investigaciones llevadas a cabo se describen a continuación.

##### **3.8.1.1 Mapeo Geológico - Geotécnico**

Se realizó un mapeo geológico y geotécnico del área de estudio y sus alrededores con el fin de identificar características geológicas y unidades geotécnicas existentes. El plano geológico geotécnico se muestra en el anexo N° 04. Las unidades geotécnicas en el área del proyecto ha sido clasificado de la siguiente manera: humedales y depósitos lagunares (Unidad Geotécnica I), escombros y fragmentos de roca (Unidad Geotécnica II) coluviales y aluviales (Unidad Geotécnica III), depósitos de morrena (Unidad Geotécnica IV) y lecho rocoso (Unidad Geotécnica V). Los contactos de estas unidades se muestran en el anexo N° 04.

##### **3.8.1.2 Calicatas**

Se llevó a cabo la investigación en veinticuatro (24) calicatas en la presa de relaves y nueve (9) calicatas en el depósito de relaves un total de treinta y tres (33) calicatas, las que fueron correctamente ubicadas y ejecutadas a lo largo del área de estudio con el fin de proporcionar una evaluación de las condiciones geotécnicas de los materiales de cimentación. Las calicatas propuestas para la investigación fueron ejecutadas manualmente por el personal de Magistral y el uso de una excavadora CAT-320B. En la tabla 3.13 muestra un resumen detallado, la profundidad máxima alcanzada fue de 7,50 m, para cada calicata se llevó a cabo un registro detallado y muestreo de los diferentes materiales existentes. En el anexo 2 se proporciona una descripción detallada de cada una. En anexos 04 muestra la ubicación y la distribución de las calicatas.

Tabla 3.13 Resumen de Calicatas efectuadas con fines de fundación

Área	Calicata	Coordenadas UTM		Nivel de Agua (m)	Topsoil (m)	PC (m)	Contacto con Roca (m)	Profundidad Total (m)
		Norte	Este					
Depósito de Relaves	CAM_DR-1	9088799	191677	NE	0.8	1.8	NE	3.3
	CAM_DR-2	9088977	192020	NE	0.8	1.4	NE	2.6
	CAM_DR-3	9088775	192131	NE	0.6	1.4	NE	2.7
	CAM_DR-4	9089116	192285	NE	0.5	2.5	NE	4.5
	CAM_DR-5	9089320	192314	NE	0.3	1.0	NE	1.9
	CAM_DR-6	9089258	192349	NE	0.2	3.0	NE	5.5
	CAM_DR-7	9089523	192644	NE	1.4	1.8	NE	2.3
	CAM_DR-8	9089383	192574	NE	0.2	ND	NE	3.0
	CAM_DR-9	9089270	192876	NE	0	1.2	NE	1.9
Presa de Relaves	CAM_PR-1	9088430	191221	NE	0.4	1.5	NE	5.0
	CAM_PR-2	9088364	191319	NE	0.3	ND	NE	3.0
	CAM_PR-3	9088351	191096	NE	0.6	2.0	NE	7.5
	CAM_PR-4	9088171	190825	NE	0.5	2.5	NE	6.5
	CAM_PR-5	9088112	190705	NE	0.3	2.5	NE	5.0
	CAM_PR-6	9088124	190881	NE	0.4	1.5	NE	1.6
	CAM_PR-7	9087932	190913	NE	0.4	1.5	NE	1.5
	CAM_PR-8	9088021	191044	NE	0.5	1.5	NE	3.3
	CAM_PR-9	9088204	190956	0.8	0.5	ND	NE	1.0
	CAM_PR-10	9088349	190999	NE	0.5	1.0	NE	1.8
	CAM_PR-11	9088069	191230	NE	0.8	ND	NE	1.5
	CAM_PR-12	9088190	191185	NE	0.5	ND	NE	2.0
	CAM_PR-13	9088492	191043	NE	0.7	2.5	NE	2.2
	CAM_PR-14	9088474	190904	NE	0.7	2.5	NE	2.0
	CAM_PR-15	9088202	191413	NE	0.6	2.0	NE	3.0
	CAM_PR-16	9088233	191075	NE	0.6	1.0	NE	2.1
	CAM_PR-17	9088026	191384	NE	0.3	1.5	NE	1.9
	CAM_PR-18	9088338	191684	NE	0.6	ND	NE	2.5
	CAM_PR-19	9088017	190891	NE	0.5	ND	NE	4.0
	CAM_PR-20	9088613	191310	NE	0.4	NE	NE	2.8
	CAM_PR-21	9087927	190466	1.0	0	0.3	NE	1.2
	CAM_PR-22	9087873	190704	NE	0.4	2.0	NE	2.0
	CAM_PR-23	9088099	190479	NE	1	2.0	NE	2.0
	CAM_PR-24	9088297	190752	NE	0.5	1.2	NE	2.0

Notas:

PC: Profundidad de cimentación propuesta;

ND: No determinado;

NE: No encontrado

### 3.8.1.3 Perforación

La perforación se realizó con la finalidad de determinar las características del lecho rocoso o analizar las características del subsuelo del basamento, prestando especial atención a la roca apropiada para la cimentación, se ejecutaron cinco (5) sondajes en la presa de relaves y dos (2) sondajes en el depósito de relaves. En esta etapa de perforación se determinó lo siguiente:

- Logueo geomecánico de testigos y selección de muestras para ensayos en laboratorio en mecánica de rocas para determinar la calidad del macizo rocoso para cimentaciones;
- Ensayos de permeabilidad de campo para evaluar la posibilidad de filtraciones en el área propuesta para la presa de relaves, (se describe en el ítem 3.7)
- Instalación de piezómetros para evaluar el comportamiento del nivel freático;
- La instalación de piezómetros eléctricos para evaluar el movimiento de tierra.

Los testigos de roca, fue geológica y geotécnicamente clasificados de acuerdo a las normas de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas, con especial énfasis en la calidad de la roca. La descripción de los testigos de roca incluyó la siguiente información:

- Litología;
- RQD;
- Número de fracturas;
- Condición de las juntas;
- Grado de meteorización;
- Grado de fracturamiento;
- Índice de dureza.

La Tabla 3.14 resume los puntos de perforación, ubicación, profundidad de sondaje, profundidad del lecho rocoso, y las coordenadas de los sondajes (basado en el sistema UTM). El logueo detallado de los pozos de perforación se presenta en el anexo 03. En anexos 04 muestra la ubicación y la distribución de los taladros.

**Tabla 3.14 Resumen de sondajes**

Área	Sondaje	Coordenadas UTM		Nivel de Agua (m)	Contacto con Roca (m)	Profundidad Total (m)
		Norte	Este			
Depósito de relaves	SG_DR-1	9088661	191705	NE	10.50	150.0
	SG_DR-2	9089169	192391	NE	15.10	107.0
Presa de relaves	SG_PR-1	9088021	190891	NE	70.00	100.0
	SG_PR-2	9088225	191088	NE	18.55	100.0
	SG_PR-3	9088374	191361	NE	26.50	250.0
	SG_PR-4	9088563	191191	NE	0.50	150.0
	SG_PR-5	9088138	191324	NE	19.50	150.0

Notas:

NE: No encontrado

### 3.8.1.4 Logueo geomecánico de testigos y clasificación RMR

El Logueo geomecánico realizado en los cores extraídos de los pozos de perforación se utilizó para obtener la clasificación del RMR (Bieniawski (1989)), que requiere los siguientes parámetros RQD: grado de fracturación, condiciones en las juntas, la dureza de la roca, y la condición de las aguas subterráneas. El nivel freático medido en los pozos de perforación se utilizó para evaluar la condición de las aguas subterráneas. La calidad del macizo rocoso se encuentra desde muy pobre a buena clase de roca en el área del proyecto. En el anexo N° 03 se proporciona un logueo detallado de cada tramo.

#### a. Depósito de Relaves

En esta área, se realizaron dos (2) perforaciones y se distribuyeron adecuadamente dentro del Valle Collparacra. El lecho de roca que se encuentra en estos dos (2) pozos de perforación se compone principalmente de cuarcita. Una breve descripción del suelo y del lecho rocoso en cada taladro de perforación se muestra a continuación.

- **SG\_DR-01:** La cobertura del suelo se caracteriza por una primera capa de 0,50 metros de topsoil, seguido de una intercalación de suelo grueso, no plástico, y suelo fino, mediana plasticidad, se encontró el lecho rocoso a 10,50 metros de profundidad. Por debajo de este nivel, el lecho de roca es principalmente cuarcitas, que presenta un bajo a nulo RQD, 10,5-15,0 metros y 101-130 metros. En ambas secciones de la roca es muy fracturada, pero en la primera sección de los fragmentos son duras (R4), mientras que en la otra sección la resistencia de la roca es muy baja. En las secciones 15 a 101 metros y 130 a 150 metros, el valor promedio RQD es de 75 por ciento. En estas secciones la roca es ligeramente fracturada, medianamente alterada, y la calidad geomecánica oscila entre regular a buena según la estimación básica RMR. La profundidad máxima alcanzada es de 150.
  
- **SG\_DR-02:** La cobertura del suelo se caracteriza por una primera capa de 0,50 metros de topsoil, seguido por suelo aluvial constituida por suelos gruesos y finos, cierta cantidad de limo de baja plasticidad, grava pobremente graduada con arena y arcilla arenoso de mediana plasticidad, a una profundidad de 15,10 metros se encuentra el lecho rocoso. Por debajo de este nivel, se encuentra roca cuarcita principalmente con un valor RQD promedio igual a 60 por ciento, fracturado, medianamente meteorizada, medio fuerte a fuerte dureza (R3 a R4). La calidad geomecánica es bueno de acuerdo al valor básico RMR, La profundidad máxima alcanzada es de 107 metros.

#### **b. Presa de relaves**

En esta área, se realizaron cinco (5) perforaciones: dos (2) en el Valle, uno (1) en el margen derecho del valle, y dos (2) en el margen izquierdo. Se presenta una breve descripción de los materiales que se encuentran en los pozos de perforación.

- **SG\_PR-01:** Este pozo de perforación se encuentra en un depósito morrénico en la margen izquierda del Valle Collparacra. Este depósito se compone principalmente de grava arcillosa con limo, mediana plasticidad, densa, de color gris, ligeramente húmeda. El lecho de roca, se encontró a una profundidad de 70 metros, consiste de roca caliza de grano fino con un valor RQD igual a 82 por

ciento, de color gris, ligeramente fracturado, medio meteorizado, y con una dureza fuerte (R4), con buena calidad geomecánica, de acuerdo con el valor básico RMR. Esta perforación alcanzó una profundidad total de 100 metros.

- **SG\_PR-02:** Este sondaje se encuentra aproximadamente a lo largo del eje del Valle Collparacra. La cobertura del suelo pertenece a un antiguo deslizamiento que se produjo en 1946 (suelos gruesos limpios), seguido de un depósito aluvial de suelos gruesos y finos, de mediana plasticidad, de color gris claro, húmedo, con cantos rodados y guijarros de tamaño variable.

El lecho de roca se encontró a una profundidad de 18,55 metros, que consiste en una roca caliza de grano fino, roca dura (R4), con buena calidad geomecánica de acuerdo con la estimación básica RMR. La profundidad máxima alcanzada es de 100 metros.

- **SG\_PR-03:** Este sondaje se encuentra aproximadamente a lo largo del eje del valle y cerca de la presa de arranque. La cobertura del suelo pertenece a un material antiguo de deslizamiento, que se produjo en 1946 (suelos gruesos limpios), seguido de un depósito aluvial de suelos gruesos y finos, de mediana plasticidad, color gris claro, húmedo, con cantos rodados y guijarros de tamaño variable.

El lecho de roca se encontró a una profundidad de 26,50 metros, está compuesto de roca caliza de grano fino, con un promedio RQD igual al 60 por ciento hasta los 65 metros, fracturada, medianamente meteorizada, medianamente fuerte (R3.5), la calidad geomecánica calculado para esta sección es pobre. En la sección 65 a 250,00 metros, se encontraron diferentes rocas intercaladas (skarn, lutita, pizarra, caliza, cuarcita, y en la última sección, pórfidos) con un promedio RQD igual al 80 por ciento, dureza medianamente fuerte a fuerte (R3 y R4), y buena calidad geomecánica. La profundidad máxima alcanzada es de 250 metros.

- **SG\_PR-04:** Este sondaje se encuentra en el margen derecho del valle Collparacra, la cobertura del suelo comprende 0,50 metros de profundidad. El lecho de roca es principalmente caliza de grano fino con un RQD promedio igual al 90 por ciento, fracturado a bajo fracturamiento, mediamente meteorizada, medio fuerte a fuerte dureza (R3 a R4). La calidad geomecánica es buena de acuerdo con el valor básico RMR. La profundidad máxima alcanzada es de 150.0 metros.
- **SG\_PR-05:** Este sondaje se encuentra en el margen izquierdo del valle Collparacra, la cubierta pertenece a un depósito coluvial-aluvial de suelos gruesos. El lecho de roca se encuentra a una profundidad de 19.50 metros, la litología consiste de roca caliza de grano fino con un RQD promedio igual a 70 por ciento, fracturado, medio meteorizado, medio fuerte a fuerte dureza (R3 a R4), de buena calidad geomecánica de acuerdo con el valor básico del RMR,. La profundidad máxima alcanzada en este pozo de perforación es 150 metros.

### **3.8.2 Ensayos de laboratorio**

Todos los ensayos de laboratorio siguieron los procedimientos recomendados de acuerdo a los métodos de análisis más recientes de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM).

Se llevaron a cabo los siguientes ensayos de las muestras.

- El análisis del tamaño de grano;
- Índice de plasticidad límite líquido, límite plástico (límites de Atterberg);
- Clasificaciones de suelo;
- El contenido de humedad;
- Densidad;
- Relación humedad-densidad (Proctor estándar);
- La conductividad hidráulica, pared flexible;
- Ensayo triaxial consolidado no drenado (CU)
- No consolidado no drenado, UU; y

El análisis granulométrico y los límites de Atterberg se realizaron sobre las muestras de suelo. Los resultados de las pruebas se utilizaron para clasificar cada tipo de material de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). También se realizaron pruebas de contenido de humedad. Las propiedades de índice de los suelos ensayados se muestran en la Tabla 3.15 (fundación de la presa). Pruebas especiales, como la compresión triaxial consolidada no drenada (CU),-no consolidada no drenada (UU), y la conductividad hidráulica de pared flexible se desarrollaron con el fin de evaluar la permeabilidad, resistencia del suelo y parámetros. Tabla 3.16 resumen estos resultados. Y en anexos 03 se muestra los resultados de laboratorio.

También se realizaron ensayos del Índice de Carga Puntual en muestras de cores representativos de los sondajes. Se realizaron ensayos de carga puntual axiales y diametrales, los resultados se resumen en la Tabla 3.17

En el área del depósito de relaves, en los sondajes SG\_DR-01 y SG\_DR-02, en las muestras de roca de estos pozos de perforación, se realizaron ensayos de carga puntual en algunas muestras a diferentes profundidades; los tipos de rocas principalmente cuarcita lutitas y pizarras.

Los resultados de las pruebas diametrales en cuarcita muestran un rango del índice de carga puntual corregido (IS50) 4,26 a 9,22 MPa, mientras que los resultados en pizarra lutita está en el rango de 7,93-10,75 MPa, la dureza es (R5), en ambas rocas.

En el área de la presa de relaves, en los sondajes (SG\_PR-01, SG\_PR -03, SG\_PR-04, y SG\_PR-05), se realizaron pruebas de carga puntual en algunas muestras a diferentes profundidades, El tipo de roca en estos pozos de perforación es principalmente de roca caliza y, en menor proporción, areniscas y granodiorita. Los resultados de las pruebas diametrales en roca caliza muestran un rango del índice de carga puntual corregido (IS50) 0,91 a 15,13 MPa, la dureza varía de débil a muy fuerte (R2 a R6). Los resultados de la roca arenisca para el índice de carga puntual oscila desde 4,58 hasta 10,04, y su dureza es muy fuerte (R5). Resultados del índice de carga puntual de la granodiorita van desde 2,80 hasta 13,70 MPa, la dureza varía de fuerte a muy fuerte (R4 a R6).

Tabla 3.15 Resultado de los Ensayos Estándar

Área	Calicata	Profundidad (m)		Clasif. S.U.C.S.	Análisis Granulométrico			Límites Atterberg			w (%)	Proctor		Nombre del Grupo
		Desde	Hasta		Gravas (%)	Arenas (%)	Finos (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)		MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	OCH (%)	
Presa de relaves	CAM_PR-1	0.4	5	GM	42.5	40.0	17.6	NP	NP	NP	7.4	-	-	Grava limosa con arena.
	CAM_PR-2	0.3	3	GP-GC	71.5	21.8	6.7	22	17	5	7.5	-	-	Grava pobremente gradada con arcilla y arena.
	CAM_PR-3	0.6	5	GC	65.6	20.5	13.9	25	16	9	10.7	-	-	Grava arcillosa con arena.
	CAM_PR-4	3.1	6.5	GC	53.9	23.4	22.7	24	13	11	11.6	-	-	Grava arcillosa con arena.
	CAM_PR-5	2.5	5	GM	40.7	20.9	38.4	NP	NP	NP	12.4	-	-	Grava limosa con arena.
	CAM_PR-6	0.6	1.6	GC	38.5	15.0	46.5	26	17	9	9.9	-	-	Grava arcillosa con arena.
	CAM_PR-7	0.5	1.5	GC	47.0	16.0	37.0	27	16	11	10.1	-	-	Grava arcillosa con arena.
	CAM_PR-8	1	3.3	GC	62.0	17.0	21.0	27	18	9	10.6	-	-	Grava arcillosa con arena.
	CAM_PR-10	0.6	1.8	GC	53.7	20.7	25.6	27	15	12	11.6	2.16	7.3	Grava arcillosa con arena.
	CAM_PR-13	0.7	1.9	GM	29.3	21.1	49.6	49	32	17	34.5	1.449	23.4	Grava limosa con arena.
	CAM_PR-14	0.7	1.5	GC	64.9	9.9	25.1	27	16	11	12	-	-	Grava arcillosa.
		1.5	2	GC	32.1	29.8	38.1	38	23	15	12.1	-	-	Grava arcillosa con arena.
	CAM_PR-15	1.1	3	GC-GM	59.5	21.1	19.4	18	13	5	5.4	-	-	Grava arcillo limoso con arena.
	CAM_PR-16	0.6	2.1	GC	47.8	16.3	35.9	33	20	13	11.5	2.085	9.9	Grava arcillosa con arena.
	CAM_PR-17	0.3	1.9	GC	64.2	16.5	19.3	28	17	11	6.9	-	-	Grava arcillosa con arena.
	CAM_PR-19	0.5	4	GC	47.3	10.4	42.3	29	18	11	15.6	2.055	9.2	Grava arcillosa.
	CAM_PR-20	0.4	2.8	GC	49.2	25.6	25.2	31	18	13	12.1	-	-	Grava arcillosa con arena.
	CAM_PR-21	0.3	0.5	GP-GC	71.7	23.0	5.3	18.8	14.8	4	14.6	-	-	Grava pobremente gradada con arcilla y arena.
	CAM_PR-22	0.7	1	CL	21.2	22.1	56.6	26.2	18.8	7.4	14.3	-	-	Arcilla arenosa con grava.
	CAM_PR-23	no t												
CAM_PR-24	1.2	1.5	GC	49.8	22.0	28.2	24.5	17.4	7.1	8.1	-	-	Grava arcillosa con arena.	

Tabla 3.15 Resultado de los Ensayos Estándar

Área	Calicata	Profundidad (m)		Clasif. S.U.C.S.	Análisis Granulométrico			Límites Atterberg			w (%)	Proctor		Nombre del Grupo
		Desde	Hasta		Gravas (%)	Arenas (%)	Finos (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)		MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	OCH (%)	
Depósito de Relaves	CAM_DR-1	1.5	3.3	GM	31.3	31.3	31.3	NP	NP	NP	8	2.256	7.3	Grava limosa con arena.
	CAM_DR-4	2.3	4.5	SC-SM	31.4	33.3	35.3	15	10	5	6.8	2.302	5.6	Arena arcillosa - limosa con grava.
	CAM_DR-5	1.4	1.9	SC-SM	29.3	33.9	36.8	15	10	5	7.7	2.308	6.9	Arena arcillosa - limosa con grava.
	CAM_DR-6	2.9	5.5	GP-GM	56.5	33.3	10.2	NP	NP	NP	7.3	-	-	Grava pobremente gradada con limo y arena.
	CAM_DR-7	1.4	3.3	GM	53.7	29.5	16.7	NP	NP	NP	12.5	2.073	8.5	Grava limosa con arena.

Notas:

**W:** Contenido de humedad

**GS:** Gravedad específica de sólidos

**PVH:** Peso volumétrico húmedo

**LL:** Límite líquido

**LP:** Límite plástico

**IP:** Índice de plasticidad

**SUCS:** Sistema Único de Clasificación de suelos

Tablas 3.16 Ensayos Especiales en Muestras de Calicatas

Calicata	Profundidad (m)	SUCS	Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Humedad (%)	Triaxial CU				K pared flexible (cm/s)
					Esfuerzos Efectivos		Esfuerzos Totales		
					Cohesión (kPa)	Ángulo de Fricción (°)	Cohesión (kPa)	Ángulo de Fricción (°)	
CAM_PR-13	0.0 - 0.7	GM	1.289	27	8	37	9.0	22.7	-
CAM_PR-10	0.6 - 1.8	GC	-	-	-	-	-	-	1.60E-06
CAM_PR-16	0.6 - 2.1	GC	-	-	-	-	-	-	1.80E-08
CAM_PR-19	0.5 - 4.0	GC	-	-	-	-	-	-	4.20E-07

Notas:

K: Permeabilidad del suelo

Tablas 3.17 Ensayos de Carga Puntual en Sondajes

Área	Calicata / Sondaje	Profundidad del Ensayo (m)	Índice de Carga Puntual				
			Tipo	Diametral	Axial	Is(50) (MPa)	σ <sub>c</sub> (MPa)
Presa de Relave	SG_PR-03	0.3 - 3.0	i	-	-	3.34 (*)	80.2 (*)
			i	-	-	6.08 (**)	145.8 (**)
Depósito de Relaves	SG_DR-01	6.45 - 94.33	-	X	-	9.29	223.0
		17.55 - 95.41	-	-	X	9.66	232.0
	SG_DR-02	21.44 - 102.67	-	X	-	6.80	163.0
		21.94 - 102.72	-	-	X	7.61	183.0
Presa de Relave	SG_PR-01	71.74 - 99.40	-	X	-	5.08	122.0
		71.86 - 98.49	-	-	X	2.91	70.0
	SG_PR-03	35.30 - 104.80	-	X	-	6.25	150.0
		35.42 - 61.35	-	-	X	1.41	34.0
		68.60 - 104.65	-	-	X	7.80	187.0
	SG_PR-04	3.41 - 147.36	-	X	-	5.19	125.0
		3.92 - 147.36	-	-	X	4.84	116.0
	SG_PR-05	25.60 - 149.30	-	X	-	5.80	139.0
25.75 - 149.50		-	-	X	5.19	124.0	

Notas:

Is(50) : Índice de carga puntual corregido

σ<sub>c</sub> : Esfuerzo a la compresión uniaxial

i: irregular

c: Boque valido

(\*): Ensayo en una dirección débil; (\*\*): ensayo en una dirección fuerte

### 3.8.3 Caracterización geotécnica

En esta sección se describen las características de las unidades geotécnicas del depósito y la presa de relaves.

#### 3.8.3.1 Unidades Geotécnicas en el Área de Estudio

Hay cinco (5) unidades geotécnicas definidas en el área de estudio del proyecto Magistral: Humedales y depósitos lagunares (Unidad Geotécnica I), depósitos de bloques y fragmentos de roca (Unidad Geotécnica II), depósitos coluviales y aluviales (Unidad Geotécnica III), los depósitos morrénicos (Unidad Geotécnica IV) y el basamento rocoso (Unidad Geotécnica V). Cada unidad se describe más adelante. En el anexo 04 se muestra en un plano.

- **Unidad Geotécnica I (Humedales y Depósitos lagunares):** Esta unidad geotécnica se compone de suelo orgánico húmedo y turba; el contenido de humedad de estos depósitos varía de muy húmedo a húmedo. Estos depósitos se encuentran generalmente en zonas cercanas a fuentes de agua, principalmente en zonas de poca pendiente, con mal drenaje o lagunas existentes.

Esta unidad muestra una matriz fina y húmeda que lo hace inadecuado para los propósitos de la fundación. Debido a esta condición, la unidad tendrá que ser eliminado por completo durante la construcción de la presa del proyecto Magistral. El espesor máximo de este tipo de material es de seis (6) metros.

El valor de las ondas S varía de 137 a 161 m/s. El valor de las ondas P varía de 400 a 500 m/s. En la etapa constructiva este material deberá ser retirado en su totalidad.

- **Unidad Geotécnica II (Escombros):** Esta unidad consta de material acumulado causado por la deslizamiento resultante de un terremoto de 1946 que se movía masas de suelos y rocas de la parte superior del margen izquierdo del Valle Collparacra, que abarca varios sectores de las áreas (depósito de relaves y presa de relaves).

Este material se compone de grava mal gradada, con pocos finos, suelta, y con cantos rodados y guijarros de tamaño variable. El espesor estimado de acuerdo a la investigación geotécnica oscila entre tres y 10 metros en la zona de la presa de relaves. Para la construcción de la presa de arranque, este material debe ser removido y reemplazado por completo por material de baja permeabilidad

Aguas abajo de la presa de arranque, este material se utiliza como material de drenaje.

En el área de depósito de relaves, este material no necesita ser eliminado.

- **Unidad Geotécnica III (Coluviales y depósitos aluviales):** Suelos coluviales son principalmente suelos gruesos, no plástico, clasificadas en el sistema SUCS como grava limosa con arena (GM) con un porcentaje de arena que va desde aproximadamente 20 a 35 por ciento y el porcentaje fino de 15 a 25 por ciento; y arena limosa con grava (SM) donde el porcentaje de grava oscila de 20 a 35 por ciento y finos con rangos porcentuales de 15 a 30 por ciento.

Los suelos aluviales en el área del proyecto son generalmente suelos gruesos con finos de baja a media plasticidad.

- **Unidad Geotécnica IV (Depósitos morrénicos):** Esta unidad consiste en depósitos de origen morrénico compuestas predominantemente en una matriz gruesa con clasificación variable como arena limosa con grava, grava limosa con arena, arcilla arenosa con gravilla y grava arcillosa con arena, de densidad media a densa, con clasificación de SM, GM, GC y SC en el sistema SUCS. La humedad oscila entre leve húmedo a húmedo, no plástico a mediana plasticidad, predominantemente de color marrón a marrón claro, con presencia de grava subredondeada a subangulares, y el tamaño y la dureza variada.

Los ensayos MASW caracterizan a este estrato como perfiles tipo D ( $180 < V_s < 360$  m/s) y tipo C ( $360 < V_s < 760$  m/s), correspondiendo a suelos densos a muy denso se caracteriza a este estrato con un ángulo de fricción de  $36^\circ$ , cohesión nula y un peso específico de  $20 \text{ kN/m}^3$ , valores que se consideran adecuados para este estrato.

El estrato descrito anteriormente tiene mayor potencia en el centro de la quebrada. Hacia la ladera derecha la presencia del estrato es más débil y desaparece en las partes superiores. En la ladera izquierda se observa mayor potencia.

- **Unidad Geotécnica V (Lecho de roca):** Esta unidad corresponde al lecho rocoso. Según los ensayos sísmicos la roca ha sido caracterizada con los perfiles tipo B y A (velocidades mayores a 760 m/s)

El lecho rocoso está compuesto principalmente de roca caliza de grano fino, de color gris, medianamente fracturada a fracturada, meteorizada a ligeramente meteorizada. En un porcentaje menor, hay cuarcitas, pizarras, lutitas, areniscas, mármol y granodiorita. Durante la investigación geotécnica, en la base de la presa aguas arriba, se determinó una falla no activa a diferentes profundidades en algunos pozos de perforación.

Tanto en la sección longitudinal, como en la sección transversal, la presa se apoya hacia aguas abajo en las calizas de la formación Jumasha (Ks-j) y hacia aguas arriba en las areniscas cuarzosas de la formación Farrat. En base a la evaluación de los sondajes SG-PR-2 y SG-PR-3 se ha estimado que aparece una secuencia de areniscas y calizas de la formación Pariahuanca, Chulec y Pariatambo (Ki-pchp).

La calidad de la roca varía entre roca tipo I (RMR > 80) a roca tipo V (RMR < 20). Las rocas más frecuentes son los tipos II (RMR de 61 a 80) y III (RMR de 41 a 60). Las roca tipo IV y V sólo aparecen en forma localizada a profundidades mayores a 50 m.

Se ha realizado una valorización geomecánica del macizo rocoso, del sondaje BH-TD-2 en base a los valores del RMR, se ha definido los siguientes parámetros de resistencia del macizo rocoso: ángulo de fricción igual a 30° y cohesión igual a 200 kN/m<sup>2</sup>.

En general esta unidad geotécnica es adecuada para la fundación de la presa de relaves.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Área del Depósito de Relaves.

El depósito de relaves Collparacra se encuentra en un típico valle glaciar en forma de U; aguas arriba limita con el botadero de desmonte y aguas abajo con la presa de relaves. En esta área de estudio, se realizaron dos (2) sondajes con códigos SG\_DR - 01 y SG\_DR-02. Además, se desarrollaron nueve (9) calicatas con códigos CAM\_DR-01 a CAM-DR-09, la mayoría de ellos ubicados en las zonas izquierda y derecha del valle donde el suelo grueso se encuentra principalmente como grava limosa con arena (GM), no plástico, medio denso a denso, con un porcentaje de arena del 25 al 30 por ciento, con un 15 por ciento de finos y arcillas limosas con arena (SC-SM), baja plasticidad, medio denso a denso, y con el 30 por ciento de grava y 35 por ciento de finos.

En esta área está presente las cinco (5) unidades geotécnicas descritas anteriormente; la zona del depósito de relaves que termina en la presa de relaves tiene una capa de espesor variable de material de un antiguo deslizamiento como un resultado del terremoto 1946.

- **Nivel de fundación.** El nivel de fundación del depósito de relaves va de cero metros en la zona que pertenece a un antiguo deslizamiento a 0,80 metros en zonas donde la capa superior del suelo llega a esta profundidad máxima.
- **Nivel freático.** En esta zona hay presencia de pozos artesianos; en estos pozos, el agua sale con una cierta presión del subsuelo que pueden llegar a una altura de 3 metros sobre la superficie.
- **Lecho rocoso.** El lecho rocoso se encuentra a 15,10 metros de profundidad según los sondajes SG\_DR-01 y SG\_DR-02. El tipo de roca predominante en estos pozos de perforación son cuarcitas, pizarras y lutitas fracturadas a muy fracturadas, en algunos tramos mediamente meteorizada. La dureza varía de débil en algunos tramos a muy fuerte en otros (R2 a R5).

## 4.2 Área de la Presa de relaves

La presa de relaves Collparacra se encuentra en un típico valle glaciar en forma de U aguas abajo del depósito de relaves. En esta área de estudio, se realizaron cinco (5) pozos de perforación con códigos SG\_PR-01 a SG\_PR-05; el sondaje SG\_PR-01 se encuentra fuera de los límites de la presa de relaves, sobre un depósito morrénico. Asimismo, se desarrollaron 24 calicatas, que se identifican con códigos, CAM-PR-01 a CAM-PR-24. Los suelos encontrados fueron de grano grueso como grava limosa con arena (GM), no plástico, de densidad media a densa, del 20 al 40 por ciento de arena, 15 a 35 por ciento de finos; y grava arcillosa con arena (GC), mediana plasticidad, densidad media a densa, el 20 por ciento arena y de 15 a 20 por ciento de finos.

En el área de la presa de relaves, se pueden encontrar las unidades geotécnicas I, III, IV y V, que se describieron anteriormente. Parte de la zona de valle, que incluye los límites de la presa de relaves, se tiene espesores variables de un material de un deslizamiento antiguo, del terremoto en 1946.

- **Nivel de fundación.** El nivel de fundación determinado durante la investigación geotécnica mediante calicatas y pozos de perforación varía de 0,50 a 4.00 metros en los flancos laterales izquierda y derecha del valle y de 3.00 a 26,50 metros en la zona central.
- **Nivel freático.** En los sondajes SG\_PR-02, SG\_PR-03, y SG\_PR-05. Los niveles freáticos registrados desde la superficie fueron de, 5.50, 7,60 y 21.00 metros de profundidad, respectivamente. No hubo evidencia de nivel freático en las calicatas excavados en los flancos laterales izquierda y derecha.
- **Lecho rocoso.** El lecho de roca en los taladros SG\_PR-02 al SG\_PR-05 se encontró entre los rangos de 0,50 a 26,50 metros de profundidad, y el tipo de roca predominante en estos pozos de perforación es de roca caliza de grano fino, de color gris, fracturado a muy fracturado en algunos tramos, mediamente meteorizada, y semiduro a duro (R3 a R4). En el sondaje SG\_PR-01, el nivel del lecho rocoso se encuentra a 70.00 metros de profundidad.

### 4.3 Análisis de los estribos y valle de la presa de relaves

- **Estribo derecho de la presa de relaves**

La capa superficial está compuesta por topsoil hasta una profundidad de 0.80 m, debajo de esta capa de topsoil se encuentra grava limosa (GM), baja plasticidad, medio denso, húmeda, de color beige y marrón, homogéneo, con gravas subangulares: gravas: 60 % - 70%, arenas: 10% - 20%, finos: 15% - 30%, y una delgada capa de suelo compuesto por grava arcillosa (GC), de mediana plasticidad, denso, húmedo, de color gris claro con partes de color amarillento, con bolonería subangulosos de tamaño máximo = 6 ".

El lecho rocoso se encuentra a una profundidad de 1.00 m desde la superficie principalmente compuesta por roca caliza de grano fino con un RQD promedio igual a 90 %, presenta regular a bajo fracturamiento, medianamente meteorizada, con una dureza de (R3 a R4).

- **Zona central de la presa.**

- **Aguas abajo del eje de la presa.** Está compuesta por una capa superficial de suelo hasta una profundidad de 0.60 m desde la superficie. Debajo de esta capa se encuentra limos y arcillas (ML), mediana plasticidad, firme rígido, húmedo, de color amarillento, estructura estratificada, con grava sub-redondeado de tamaño máximo = 2.5". grava: 7,0%, arena: 10% - 20%, finos: 65% - 80%, grava limosa con arena (GM), de mediana plasticidad, medio denso, húmedo, de color marrón amarillento, estructura estratificada, con bolonería subredondeados de tamaño máximo = 40 ". Bolonería: 15% - 25%, Grava: 25% - 35% Arena: 25% - 35%, Finos: 10% - 20%, Grava mal graduada (GP), no plástico, suelto y húmedo, de color amarillento a marrón, estructura homogénea, con guijarros angulares y cantos rodados de tamaño máximo = 15 " este material corresponde a un deslizamiento producto del sismo de 1946. grava arcillosa (GC), media a alta plasticidad, denso, húmedo, color marrón amarillento, con guijarros y cantos rodados subangulosos a subredondeados de tamaño máximo = 22", bolonería:

10% - 20%, grava: 40% - 53%, arena: 10% - 22%, finos: 15% - 25% estos suelos se encuentran intercalados desde 0.60 m a 6.50 m de profundidad. Desde una profundidad de 6.50 m a 18.50 m se encuentra una secuencia Grava arcillosa (GC), media-alta plasticidad, denso, húmedo, de color marrón amarillento con guijarros subredondeados de tamaño máximo de partícula = 12". Bolonería: 7,0%, grava: 42% - 55%, arena: 5% - 10% finos: 36% - 45%, grava regularmente gradada, no plástico, denso, estructura homogéneo, color gris, húmedo, con guijarros y cantos rodados subredondeados de tamaño máximo = 20 ".

El lecho rocoso se encuentra a una profundidad de 18.50 m, consiste en una roca caliza de grano fino, con un RQD= 87 %, presenta una dureza R4, con buena calidad geomecánica.

- **Aguas arriba del eje de la presa.** En la capa superficial que comprende de la superficie a 0.70 m de profundidad está compuesto por topsoil, Desde 0.70 m a 10.00 m comprende grava pobremente graduada con arcilla y arena (GP-GC), baja plasticidad, muy suelto, muy húmedo, de color marrón, con bolonería angulosos a subangulosos de tamaño máximo = 17". guijarros: 7% - 14%, grava: 59% - 68% arena: 15% - 23%, Finos: 3% - 8%. De 10.00 m a 26.50 conformada por grava pobremente gradada a bien gradada, con presencia de arena, estructura densa, húmeda, color gris, homogénea, con guijarros y cantos rodados subangulosos y subredondeados de tamaño máximo = 25".

El lecho rocoso se encuentra a una profundidad de 26.50 m de profundidad compuesto por roca caliza de grano fino con un promedio de RQD = 65 % hasta los 65 m, fracturada, medianamente meteorizada, dureza de (R3). La calidad geomecánica para este tramo no es muy buena. En el tramo de 65 a 150 m se encuentran diferentes tipos de rocas intercaladas (skarn, lutita, pizarra, caliza, cuarcita, y en la última sección, pórfidos) con un promedio RQD igual al 80 %, estas rocas se encuentran ligeramente fracturadas, medianamente meteorizadas, dureza (R3 y R4), y buena calidad geomecánica.

- **Estribo izquierdo de la presa de relaves.**

Presenta una capa de topsoil hasta una profundidad de 0.60 m; debajo de esta capa se encuentra un horizonte de Grava Arcillosa con Arena (GC), de mediana plasticidad, medio denso, ligeramente húmedo, gris claro, con bolonería subangulosos de tamaño máximo = 22". Con un porcentaje de: bolonería: 13% - 18%, grava: 50% - 60%, arena: 10% - 18% y finos: 12% - 20% de 0.50 m hasta 5.00 m de profundidad. El último tramo de suelo está compuesto por grava pobremente graduada con arena (GP), no plástico, medio denso a denso, húmedo, de color marrón amarillento, con guijarros y cantos rodados subangulosos a subredondeados de tamaño máximo = 40 "

El contacto con roca se encuentra a una profundidad de 19.00 m consiste de roca caliza de grano fino con un RQD promedio igual a 70 %, fracturado, medianamente meteorizado, dureza (R3 a R4), de buena calidad geomecánica.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- La presa de relaves no se verá afectada por peligros geodinámicos como "huaycos" (flujos de detritos) por no estar presentes en la zona de estudio.
- La zona de la presa de relaves se caracteriza principalmente por depósitos coluviales existentes, coluvial-aluvial, morrenas y por el material del deslizamiento de un terremoto de 1946 y el lecho rocoso principalmente por calizas, margas arcillitas calcáreas, areniscas, dioritas y granodioritas proximidades a la falla Huacchara.
- Los ensayos hidráulicos realizados en el depósito y presa de relaves indican que la permeabilidad del lecho rocoso disminuye con la profundidad de una media geométrica de  $7,5 \times 10^{-5}$  cm/s en los primeros 50 m a  $5,3 \times 10^{-6}$  cm/s entre 200 y 250 m. la roca arenisca presento notablemente mayor permeabilidad.
- En el área del depósito de relaves, el nivel de fundación varía de cero metros en la zona que pertenece a un antiguo deslizamiento a 0,80 m hasta donde llega la capa superficial del suelo. Y en el área de la presa de relaves, el nivel de fundación varía de 0,50 a 4.00 metros en los flancos laterales izquierda y derecha del valle y de 3 a 26,50 metros en la zona central.
- En la zonificación geotécnica se determinó cinco (5) unidades, de las cuales las cuatro (4) primeras unidades se clasificó como suelo, la segunda unidad se clasificó como depósitos de bloques y fragmentos de roca producto del deslizamiento del terremoto de 1946, la quinta unidad geotécnica comprende el lecho rocoso.
- Según los perfiles estratigráficos los tipos de suelos predominantes son: grava arcillosa con arena (GC) y grava limosa con arena (GM).

## 5.2 Recomendaciones

- A la empresa encargada de realizar los trabajos de construcción de la presa de relaves. retirar el suelo en la zona central de la presa de relaves hasta una profundidad aproximada de 10.00 m, por estar compuesta de grava mal gradada, con pocos finos, suelta, y con cantos rodados de tamaño variable.
- A la empresa encargada de realizar los trabajos de construcción de la presa de relaves; realizar inyecciones de agua cemento en el estribo izquierdo la cual se encuentra fracturada producto de una falla que se encuentra a poca distancia con la finalidad de mejorar las características geomecánicas del macizo rocoso.
- A la empresa encargada de realizar los trabajos de construcción de la presa de relaves; se recomienda considerar un sistema de revestimiento en la cara aguas arriba de la pendiente del depósito. Con el fin de reducir el nivel freático en el cuerpo del depósito debido a la infiltración del embalse,
- A la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica; infundir mayor conocimiento en estudios de mecánica de suelos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Arce, J. (2002). Boletín Perfiles Geofísicos. Lima Peru
- ✓ Bieniawski, Z.T (1989), "Clasificación Of Rock Masses For Engineering: The RMR System And Future Trends". Pennsylvania State University.
- ✓ Billings P., Marland (1979). Geología Estructural. Argentina, Editorial Universitaria de Buenos Aires, 564pp.
- ✓ Cámara Peruana de la Construcción (2003), "Reglamento Nacional de Construcciones", Editorial Científica S.R.L., Lima, Perú.
- ✓ Das Braja M. (1984), "Principles of Foundation Engineering", Brooks/Cole Engineering Division, Monterrey, California.
- ✓ Dávila, Jorge (1992). Diccionario Geológico. Perú, Editorial Multirey S.A. 185 pp.
- ✓ Dávila, Jorge (1992). Principios de fotogeología. Perú, Editorial Multirey S.A..125p.
- ✓ Hoyos, Fabián (2001). Diccionario Básico de Geotecnia, Colombia, Editorial Universitaria de Medellín.
- ✓ Gonzales de Vallejo, Luis I (2004). Ingeniería geológica/ Editorial Pearson Educación S.A – Madrid - España.
- ✓ López, Jimeno (2000), Carlos. Manual de sondeos, España, Editorial Universitaria Politécnica de Madrid, 346p.
- ✓ Ochoa P, Gerardo J Díaz, Cleiber (2009)/ Análisis y Correlación entre el Parametro RQD y la Permeabilidad Lugeon/ Caracas.

# ANEXOS

**ANEXOS 01**  
**REGISTRO GEOTÉCNICO DE CALICATAS**

<b>PROYECTO MAGISTRAL QUEBRADA COLPARACRA ANCASH - PERU</b>		Ubicación : Presa de relavcs.		<b>CAM-PR-01</b>			
		Método de excavación : Mecánica Equipo de excavación : CAT-320B Tamaño : 4.00 m. x 3.00 m. Condición de la superficie : Alta pendiente		Norte : 9,088,429.9 Este : 191,221.4 Altura : 4,002.8 Nivel freático : No encontrado Profundidad : 5.00 m.			
PROF. (m)	SUCS	SIMBOLO GRÁFICO	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			<input checked="" type="checkbox"/> ALTERADA <input type="checkbox"/> INALTERADA	DESCRIPCIÓN			
0	OL			Topsoil, limo, baja plasticidad, húmedo, color negro, estructura estratificada, con guijarros subangulares de tamaño máximo = 8 ".			Presencia de raíces  Depósito coluvial
1							
2							
3	GM			Grava limosa con arena de tamaño maximo 3", mezclado con 40.0% de arena gruesa a fina y con 17.6% de particulas < tamiz N° 200. Mediana plasticidad, medio denso, húmedo, de color marrón amarillento, estructura estratificada, con boloneria			Pc:1.50 m.
4					<input checked="" type="checkbox"/>	M-1	
5							

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

PROYECTO MAGISTRAL QUEBRADA COLPARACRA ANCASH - PERU		Ubicación : Depósito de relaves		<b>CAM-DR-02</b>			
		Método de excavación : Manual	Equipo de excavación : ---	Norte : 9,088,977.4	Este : 192,019.5		
		Tamaño : 2.0 m. x 3.50 m.	Condición de la superficie: Baja pendiente	Altura : 4,053.7	Nivel freático : No encontrado		
				Profundidad : 2.60 m.			
PROF. (m)	SUCS	SÍMBOLO GRÁFICO	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			ALTERADA	INALTERADA			
		DESCRIPCIÓN					
0	OL		Topsoil, limo, baja plasticidad, húmedo, color negro, con partículas subangulares.				Depósito coluvial con suelo orgánico.  Relleno estructural  Pc: 1.40 m Relleno estructural y materiales revestimiento de suelos
1	GM		Grava limosa, mediana plasticidad, denso, húmedo, de color marron amarillento, estructura estratificada, con bolonería angulosos de tamaño máximo= 8' Bolonería: 20.0% Grava: 40.0% Arena: 10.0% Finos: 30.0%				
2	GC		Grava arcillosa con arena, mediana plasticidad, denso, húmedo y ligeramente húmedo, gris verdoso, estratificado, con bolonería subangulosos y subredondeados. Bolonería :25.0%, Grava: 35.0%, Arena: 15.0% y finos:25.0%				

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

PROYECTO MAGISTRAL QUEBRADA COLPARACRA ANCASH - PERU		Ubicación : Depósito de relaves		<b>CAM-DR-03</b>			
		Método de excavación : Manual	Equipo de excavación : ---	Norte : 9,088,775.4	Este : 192,130.7		
		Tamaño : 2.60 m. x 3.80 m.	Condición de la superficie: Alta pendiente	Altura : 4,074.7	Nivel freático : No encontrado		
				Profundidad : 2.70 m.			
PROF. (m)	SUCS	SÍMBOLO GRÁFICO	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			ALTERADA	INALTERADA			
			DESCRIPCIÓN				
0	OH		Capa superficial del suelo, limo, de alta a mediana plasticidad, blando, negro con grava y guijarros				Depósito coluvial Presencia de raíces
1	GM		Grava limosa con arena, de baja a media plasticidad, denso, húmedo de color marrón amarillento, estructura estratificada, con bolonería subangulos a sub redondeados de tamaño maximo = 17"				Material de relleno estructural
2			Bolonería: 20.0% Grava: 35.0% Arena: 15.0% Finos: 30.0%				Pc=1.40

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

PROYECTO MAGISTRAL QUEBRADA COLPARACRA ANCASH - PERU			Ubicación : Depósito de relaves		<b>CAM-DR-04</b>		
			Método de excavación : Mecánica		Norte : 9,089,116.2		
			Equipo de excavación : CAT - 320B		Este : 192,284.8		
			Tamaño : 4.00 m. x 3.30 m.		Altura : 4,059.7		
			Condición de la superficie: Superficie plana		Nivel freático : No encontrado		
					Profundidad : 4.50 m.		
PROF. (m)	SUCS	SIMBOLO GRÁFICO	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			<input checked="" type="checkbox"/> ALTERADA	<input type="checkbox"/> INALTERADA			
			DESCRIPCIÓN				
0	OH		Capa superficial del suelo, limo, baja a media plasticidad, muy húmedo, negro, estructura estratificada.				Presencia de raíces
	ML		Limo arenoso, no plástico, firme a rígido, muy húmedo a húmedo, de color marrón amarillento, estructura estratificada, con grava subredondeada de tamaño máximo = 1". Grava: 5.0%, Arena: 35.0%, Finos: 60.0%		<input checked="" type="checkbox"/>	M-1	Depósito coluvial/aluvial
1	GP		Grava pobremente graduada con arena, no plástico, medio denso, muy húmedo a húmedo, de color marrón amarillento, estructura estratificada, con bolonería subredondeados a redondeados de tamaño máximo=8" Bolonería: 10.0%, Grava: 55.0% Arena: 30.0%, Finos: 5.0%		<input checked="" type="checkbox"/>	M-2	Depósito coluvial/aluvial Filtración de agua
2							
3	SC-SM		Arena arcillosa limosa con grava, de tamaño máximo 2", mezclado con 33.3.1 % de arena gruesa a fina y con 35.3 % de partículas < tamiz N° 200. De alta plasticidad, muy denso, húmedo, gris, estructura estratificada, con bolonería duros subredondeados.		<input checked="" type="checkbox"/>	M-3	Depósito coluvial/aluvial PC=2.50 m
4							

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

<b>PROYECTO MAGISTRAL QUEBRADA COLPARACRA ANCASH - PERU</b>		Ubicación : Depósito de relaves		<b>CAM-DR-05</b>			
		Método de excavación : Mecánica Equipo de excavación : CAT - 320B Tamaño : 2.40 m. x 3.50 m. Condición de la superficie: Pendiente media		Norte : 9,089,320.1 Este : 192,314.1 Altura : 4,101.7 Nivel freático : 1.90 m. Profundidad : 1.90 m.			
PROF. (m)	SUCS	SÍMBOLO GRÁFICO	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			<input checked="" type="checkbox"/> ALTERADA <input type="checkbox"/> INALTERADA	DESCRIPCIÓN			
0	OL			Capa superficial del suelo, limo, baja plasticidad, suave, ligeramente húmedo, negro, estructura estraatificado, con grava y guijarros			Depósitos coluviales
1	GM			Grava limosa con arena, mediana plasticidad, denso a medio denso, húmedo, gris verdoso, estructura estratificada, con guijarros y cantos rodados subangulares. Guijarros y cantos rodados: 10.0% Gravas: 45.0%, Arenas: 15.0%, Finos: 30.0%			Material de relleno estructural Pc:1.00 m
	SC-SM		<input checked="" type="checkbox"/>	Arena arcillosa limosa con grava, de tamaño máximo 2", mezclado con 33.9 % de arena gruesa a fina y con 36.8 % de partículas < tamiz N° 200. De alta a mediana plasticidad, muy denso y húmedo a muy húmedo, gris, estructura homogénea con bolonería subangulosos	M-1		Nivel freático a 1.90 m

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

PROYECTO MAGISTRAL QUEBRADA COLPARACRA ANCASH - PERU		Ubicación : Depósito de relaves		<b>CAM-DR-06</b>				
		Método de excavación : Mecánica	Equipo de excavación : CAT - 320B	Tamaño : 3.50 m. x 2.50 m.	Condición de la superficie: Pendiente media	Norte : 9,089,258.3	Este : 192,348.5	Altura : 4,075.7
PROF. (m)	SUCS	SIMBOLO GRAFICO	CONDICION DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES	
			<input checked="" type="checkbox"/> ALTERADA	<input type="checkbox"/> INALTERADA				DESCRIPCION
0	OH		Topsoil, no plástico, húmedo, negro.				Presencia de raíces	
0.5	ML		Grava limosa no plástico, denso, húmedo, negro, estratificado, con bolonería subredondeados de tamaño máximo = 15 ". Gravas: 65.0%, Arenas: 10.0%, Finos: 15.0%				Material contaminado con suelo orgánico	
1			Grava pobremente gradada con limo y arena, no plástico, medio denso, muy húmedo, estructura estratificada, con bolonería subredondeada de tamaño máximo = 3 ". Bolonería: 10.0%		<input checked="" type="checkbox"/>	M-1	Depósito coluvial	
2	GP-GM		Grava : 50.8% Arenas: 30.0% Finos: 9.2%					
3					<input checked="" type="checkbox"/>	M-2	PC: 3.00 m Depósito coluvial	
4	GP-GM		Grava pobremente gradada con limo y arena, de tamaño máximo 3", mezclado con 33.3 % de arena gruesa a fina y con 10.2 % de partículas < tamiz N° 200. no plástico, denso, muy húmedo, de color amarillento, estructura estratificada, con bolonería subredondeados.				Filtración de agua a 4.00 m	
5								

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

PROYECTO MAGISTRAL QUEBRADA COLPARACRA ANCASH - PERU		Ubicación : Depósito de relaves		CAM-DR-07			
		Método de excavación : Mecánica	Equipo de excavación : CAT - 320B	Norte : 9,089,522.8	Este : 192,643.8		
		Tamaño : 3.30 m. x 4.50 m.	Condición de la superficie: Alta pendiente	Altura : 4,101.7	Nivel freático : No encontrado		
				Profundidad : 3.30 m.			
PROF. (m)	SUCS	SÍMBOLO GRÁFICO	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			<input type="checkbox"/> ALTERADA	<input checked="" type="checkbox"/> INALTERADA			
DESCRIPCIÓN							
0							Depósito coluvial presencia de raíces
1	OH		Capa superficial de suelo, limo, de media a baja plasticidad, blando, ligeramente húmedo, color negro, estructura estratificada, con partículas subangulares.				
2	GM		Grava limosa con arena, de tamaño máximo 2", mezclado con 29.5 % de arena gruesa a fina y con 16.7 % de partículas < tamiz N° 200. Media-alta plasticidad, densidad media a densa, húmeda, de color marrón amarillento, estructura estratificada, con bolonería.		<input checked="" type="checkbox"/>	M-1	Material de relleno estructural Pc: 1.80 m.
3							

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

PROYECTO MAGISTRAL QUEBRADA COLPARACRA ANCASH - PERU		Ubicación : Depósito de relaves		<b>CAM-DR-08</b>			
		Método de excavación : Mecánica	Equipo de excavación : CAT - 320B	Norte : 9,089,383.3	Este : 192,573.5		
		Tamaño : 3.00 m. x 2.00 m.	Condición de la superficie: Alta pendiente	Altura : 4,075.7	Nivel freático : No encontrado		
				Profundidad : 3.00 m.			
PROF. (m)	SUCS	SIMBOLO GRAFICO	CONDICION DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			ALTERADA	INALTERADA			
			DESCRIPCION				
0	OL		capa superficial de suelo, limo, baja plasticidad, medio denso, húmedo, negro, estructura estratificada.				Presencia de raíces
	GM		Grava limosa, baja plasticidad, suelto, muy húmedo, de color beige, estructura homogénea, con bolonería angulosos de tamaño máximo = 15 ". Bolonería: 10%, Grava: 60.0% Arena: 10.0%, Finos: 20.0%				Paredes inestables
1							Paredes inestables
2	GP-GM		Grava pobremente gradada con limo y arena, baja plasticidad, suelto, estructura homogénea, de color amarillento, muy húmedo homogéneo, con bolonería angulosos de tamaño máximo = 15 ". Bolonería: 10.0% Grava: 60.0% Arena: 20.0% Finos: 10.0%				
3							Pc: no determinado

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

PROYECTO MAGISTRAL QUEBRADA COLPARACRA ANCASH - PERU			Ubicación : Depósito de relaves		<b>CAM-DR-09</b>		
			Método de excavación : Manual		Norte : 9,089,269.9		
			Equipo de excavación : ---		Este : 192,876.1		
			Tamaño : 1.20 m. x 1.90 m.		Altura : 4,112.7		
			Condición de la superficie: Alta pendiente		Nivel freático : No encontrado		
					Profundidad : 1.90 m.		
PROF. (m)	SUCS	SÍMBOLO GRÁFICO	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			<input checked="" type="checkbox"/> ALTERADA <input type="checkbox"/> INALTERADA	DESCRIPCIÓN			
0				Grava limosa, baja plasticidad, denso a medio denso, húmedo, color negro, estructura estratificada, con bolonería angulosos de tamaño máximo = 6 ". Bolonería: 15.0%, Grava: 50.0%, Arena: 10.0%, Finos: 25.0%			Suelo orgánico con de grava de depósito coluvial
1				Grava limosa con arena, baja plasticidad, denso a medio denso, húmedo, marrón amarillento, estructura estratificada, con bolonería subangulosos, tamaño máximo =14 Bolonería: 15.0% Grava: 50.0%, Arena: 15.0% , Finos: 20.0%			Relleno estructural y materiales de grava de drenaje. Pc = 1.20 m.
				Grava pobremente gradada con limo, baja plasticidad, suelto, húmedo a muy húmedo, de color marrón amarillento, estructura estratificada, con bolonería de tamaño máximo = 8 ". Bolonería: 30.0%, Grava: 50.0% Arena: 10.0%, Multas: 10.0%			

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

PROYECTO MAGISTRAL QUEBRADA COLLPARACRA ANCASH - PERU		Ubicación : Presa de relaves.		<b>CAM-PR-01</b>			
		Método de excavación : Mecánica		Norte : 9,088,429.9			
		Equipo de excavación : CAT-320B		Este : 191,221.4			
		Tamaño : 4.00 m. x 3.00 m.		Altura : 4,002.8			
		Condición de la superficie : Alta pendiente		Nivel freático : No encontrado			
		Profundidad : 5.00 m.					
PROF. (m)	SUCS	SIMBOLO GRÁFICO	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			<input type="checkbox"/> ALTERADA	<input checked="" type="checkbox"/> INALTERADA			
			DESCRIPCIÓN				
0	OL		Topsoil, limo, baja plasticidad, húmedo, color negro, estructura estratificada, con guijarros subangulares de tamaño máximo = 8".				Presencia de raíces
1							Depósito coluvial
2							Pc: 1.50 m.
3	GM		Grava limosa con arena de tamaño máximo 3", mezclado con 40.0% de arena gruesa a fina y con 17.6% de partículas < tamiz N° 200. Mediana plasticidad, medio denso, húmedo, de color marrón amarillento, estructura estratificada, con boloneria				
4					<input checked="" type="checkbox"/>	M-1	
5							

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

PROYECTO MAGISTRAL QUEBRADA COLPARACRA ANCASH - PERU			Ubicación : Presa de relaves.	<b>CAM-PR-02</b>			
			Método de excavación : Mecánica	Norte : 9,088,363.8			
			Equipo de excavación : CAT-320B	Este : 191,319.4			
			Tamaño : 4.00 m. x 3.00 m.	Altura : 3,994.8			
			Condición de la superficie: Superficie plana	Nivel freático : No encontrado			
				Profundidad : 3.00 m.			
PROF. (m)	SUCS	SIMBOLO GRÁFICO	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			<input checked="" type="checkbox"/> ALTERADA <input type="checkbox"/> INALTERADA	DESCRIPCIÓN			
0	OL			Capa superficial de suelo, limo, baja plasticidad, húmedo, de color negro, estructura estratificada, con 30% de grava			Paredes inestables Presencia de raíces
1							Paredes inestables Material con guijarros sobre la superficie
2	GP-GC		<input checked="" type="checkbox"/>	Grava pobremente gradada de tamaño máximo 3", mezclado con 21.8% de arena gruesa a fina y con 6.7% de partículas < tamiz N° 200. Baja plasticidad, muy suelto, muy húmedo, de color marrón, con boloneras.	<input checked="" type="checkbox"/>	M-1	
3							Pc: No determinado

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

PROYECTO MAGISTRAL QUEBRADA COLPARACRA ANCASH - PERU		Ubicación : Presa de relaves.		CAM-PR-03			
		Método de excavación : Mécánica	Equipo de excavación : CAT-320B	Norte : 9,088,350.5	Este : 191,096.4		
		Tamaño : 4.00 m. x 3.00 m.	Condición de la superficie: Alta pendiente	Altura : 3,994.8	Nivel freático : No encontrado		
				Profundidad : 7.50 m.			
PROFUNDIDAD (m)	SUCS	SIMBOLO GRAFICO	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			<input checked="" type="checkbox"/> ALTERADA	<input type="checkbox"/> INALTERADA			
			DESCRIPCIÓN				
0	OL		Capa superficial de suelo, limo, baja plasticidad, medio denso, húmedo, negro, estructura estratificada, con guijarros subangulares aislados de tamaño máximo = 8 ".				Presencia de raíces
1							Presencia de material de color amarillento en toda el estrato.
2							Pc=2.5
3							
4	GC		Grava arcillosa con arena, de tamaño maximo 3", mezclado con 20.5% de areana gruesa a fina y con 13.9 % de particulas < tamiz N° 200. Mediana plasticidad, densidad media a densa, húmedo, amarillento, estructura estratificada, con boloneria		<input checked="" type="checkbox"/>	M-1	
5							Depósito coluvial desde 5.00 a 6:00 m lente de arcilla
6							
7							

PROYECTO MAGISTRAL QUEBRADA COLPARACRA ANCASH - PERU		Ubicación : Presa de relaves.		<b>CAM-PR-04</b>			
		Método de excavación : Mecánica	Equipo de excavación : CAT-320B	Norte : 9,088,170.9	Este : 190,824.6		
		Tamaño : 4.20 m. x 3.50 m.	Condición de la superficie: Pendiente media	Altura : 3,954.8	Nivel freático : No encontrado		
				Profundidad : 6.50 m.			
PROF. (m)	SUCS	SIMBOLO GRÁFICO	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			☒ ALTERADA	▨ INALTERADA			
			DESCRIPCIÓN				
0	OL		Capa superficial de suelo, limo, baja plasticidad, húmeda negro, estructura estratificada.				Presencia de raíces
	ML		Limo, mediana plasticidad, firme rígido, húmedo, de color amarillento, estructura estratificada, con grava sub-redondeado de tamaño máximo = 2.5 ". Grava: 5.0%, Arena: 20.0%, Finos: 75.0%				Depósitos morrénicos
1	GM		Grava limosa, de alta plasticidad, suelto a medio denso, húmedo, de color beige, estructura estratificada, con bolonería tamaño máximo = 11 ". Guijarros: 10.0% Grava: 45.0% Arena: 10.0% Finos: 35.0%		☒	M-1	Pc=2.50
2							
3	GC		Grava arcillosa con arena, tamaño maximo 3", mezclado con 23.4 % de areana gruesa a fina y con 22.7 % de particulas < tamiz N° 200. Media a alta plasticidad, denso, húmedo, marrón amarillento, estructura estratificada, con bolonería.		☒	M-2	Depósitos morrénicos
4							
5							
6							

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

<b>PROYECTO MAGISTRAL QUEBRADA COLPARACRA ANCASH - PERU</b>		Ubicación : Presa de relaves.		<b>CAM-PR-05</b> Norte : 9,088,111.8 Este : 190,705.1 Altura : 3,002.8 Nivel freático : No encontrado Profundidad : 5.00 m.			
		Método de excavación : Mecánica Equipo de excavación : CAT-320B Tamaño : 4.60 m. x 3.20 m. Condición de la superficie: Pendiente plana					
PROF. (m)	SUCS	SIMBOLO GRÁFICO	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			<input type="checkbox"/> ALTERADA <input checked="" type="checkbox"/> INALTERADA	DESCRIPCIÓN			
0	OL		Topsoil, limo, baja plasticidad, húmedo, color negro, con grava subangular de tamaño máximo = 1 ".				Presencia de raíces
	ML		Limo, mediana plasticidad, firme a rígido, húmedo, de color marrón amarillento, estructura estratificada, con grava subangular de tamaño máximo = 3 ".				Depósitos morrénicos
1	GM		Grava limosa, mediana plasticidad, suelta a medio densa, densa húmeda, color amarillento estructura homogéneo, con bolonería angulares a subangulares de tamaño máximo = 15 ".				Pc=2.50 m. Depósitos morrénicos
2			Gujarras y cantos rodados: 15.0% Grava: 45.0% Arena: 10.0% Finos: 30.0%				
3	GC		Grava limosa con arena, tamaño maximo 2", mezclado con 20.9 % de areana gruesa a fina y con 38.4 % de particulas < tamiz N° 200. Presenta alta plasticidad, denso, húmedo, de color beige, estratificado, con bolonería, angulosos a subangulosos.				
4			<input checked="" type="checkbox"/>	M-2			
5							

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

<b>PROYECTO MAGISTRAL QUEBRADA COLPARACRA ANCASH - PERU</b>			Ubicación : Presa de relaves.		<b>CAM-PR-06</b> Norte : 9,088,124.1 Este : 190,880.9 Altura : 3,898.4 Nivel freático : No encontrado Profundidad : 1.60 m.		
			Método de excavación : Manual Equipo de excavación : --- Tamaño : 1.20 m. x 0.90 m. Condición de la superficie: Baja Pendiente				
PROF.(m)	SUCS	SIMBOLO GRÁFICO	<b>CONDICIÓN DE LA MUESTRA</b>		MUESTRA	COD. MUESTRA	<b>OBSERVACIONES</b>
			<input checked="" type="checkbox"/> ALTERADA <input type="checkbox"/> INALTERADA	<b>DESCRIPCIÓN</b>			
0	OL		Capa superficial de suelo, no plástico, húmedo, color negro, estructura estratificada.				Presencia de raíces
1	GC		Grava arcillosa con arena, tamaño máximo 1 1/2", mezclado con 15.0% de arena gruesa a fina y con 46.5% de partículas < tamiz N° 200. Mediana plasticidad, densidad media a densa, ligeramente húmeda, de color marrón amarillento, estructura homogénea, con bolonería subangulares.		<input checked="" type="checkbox"/>	M-1	Depósito morrénico Ensayo de permeabilidad  Pc=1.50 m.

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

<b>PROYECTO MAGISTRAL QUEBRADA COLLPARACRA ANCASH - PERU</b>			Ubicación : Presa de relaves.		<b>CAM-PR-07</b> Norte : 9,087,932.0 Este : 190,913.0 Altura : 3,970.2 Nivel freático : No encontrado Profundidad : 1.60 m.		
			Método de excavación : Manual Equipo de excavación : --- Tamaño : 1.20 m. x 1.10 m. Condición de la superficie : plana				
PROF. (m)	SUCS	SIMBOLO GRÁFICO	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			<input type="checkbox"/> ALTERADA <input checked="" type="checkbox"/> INALTERADA	DESCRIPCIÓN			
0	OL		Capa superficial de suelo, no plástico, húmedo, color negro, estructura estratificada.				Presencia de raíces
1	GC		Grava arcillosa con arena, tamaño máximo 3", mezclado con 16.0% de arena gruesa a fina y con 37.0% de partículas < tamiz N° 200. De densidad media a densa, ligeramente húmeda, de color marrón amarillento, estructura homogénea, con bolonería subangulares.		<input checked="" type="checkbox"/>	M-1	Depósito morrénico Ensayo de permeabilidad  Pc= 1.50 m.

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

<b>PROYECTO MAGISTRAL QUEBRADA COLPARACRA ANCASH - PERU</b>		Ubicación : Presa de relaves.		<b>CAM-PR-08</b>			
		Método de excavación : Manual Equipo de excavación : --- Tamaño : 1.00 m. x 1.20 m. Condición de la superficie : Alta pendiente		Norte : 9,088,021.3 Este : 191,044.4 Altura : 3,953.6 Nivel freático : No encontrado Profundidad : 3.30 m.			
PROF. (m)	SUCS	SIMBOLO GRÁFICO	<b>CONDICIÓN DE LA MUESTRA</b>		MUESTRA	COD. MUESTRA	<b>OBSERVACIONES</b>
			<input checked="" type="checkbox"/> ALTERADA <input type="checkbox"/> INALTERADA	<b>DESCRIPCIÓN</b>			
0	OL		Capa superficial de suelo, no plástico, húmedo, color negro, estructura estratificada, con 5% de grava subangulares de tamaño máximo = 3 ".				Presencia de raíces
1  2  3	GC		Grava arcillosa con arena, de tamaño máximo 3", mezclado con 17.0% de arena gruesa a fina y con 21.0 % de partículas < tamiz N° 200. Mediana plasticidad, densidad media a densa, ligeramente húmedo, gris claro, estructura homogénea, con bolonería.		<input checked="" type="checkbox"/>	M-1	Depósitos morrénicos  Pc=1.50 m.

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

<b>PROYECTO MAGISTRAL QUEBRADA COLPARACRA ANCASH - PERU</b>			Ubicación : Presa de relaves.		<b>CAM-PR-09</b> Norte : 9,088,203.7 Este : 190,956.1 Altura : 3,885.1 Nivel freático : 0.80 m. Profundidad : 1.00 m.		
			Método de excavación : Manual Equipo de excavación : --- Tamaño : 1.30 m. x 1.70 m. Condición de la superficie: Superficie plana				
PROF. (m)	SUCS	SÍMBOLO GRÁFICO	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			<input checked="" type="checkbox"/> ALTERADA <input type="checkbox"/> INALTERADA	DESCRIPCIÓN			
0	OL			Capa superficial de suelo, no plástico, húmedo, color negro, con un 5% de bolonería, subangulares de tamaño máximo = 16".			Presencia de raíces
1	GC-GM			Grava arcillosa limosa con arena, mediana plasticidad, denso y húmedo a saturado, gris claro, estructura homogénea, con bolonería subredondeados de tamaño máximo = 13" Bolonería 5,0% Grava: 50.0%, Arena: 15.0%, Finos: 30.0%			Depósitos aluviales Nivel freático a 0.80 m. Pc= No determinado

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

<b>PROYECTO MAGISTRAL QUEBRADA COLPARACRA ANCASH - PERU</b>			Ubicación : Presa de relaves.		<b>CAM-PR-10</b>		
			Metodo de excavación : Manual Equipo de excavación : --- Tamaño : 1.10 m. x 1.10 m. Condición de la superficie: Alta pendiente		Norte : 9,088,348.5 Este : 190,998.7 Altura : 3,949.1 Nivel freático : No encontrado Profundidad : 1.80 m.		
PROF. (m)	SUCS	SIMBOLO GRAFICO	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			<input type="checkbox"/> ALTERADA <input checked="" type="checkbox"/> INALTERADA	DESCRIPCIÓN			
0	OL			Capa superficial del suelo, no plástico, húmedo, color negro, estructura estratificada, con grava.			Presencia de raíces
1	GC		<input checked="" type="checkbox"/>	Grava arcillosa con arena, de tamaño máximo 3", mezclado con 20.7 % de arena gruesa a fina y con 25.6 % de partículas < tamiz N° 200. Media-alta plasticidad, denso, ligeramente húmedo, color gris marrón amarillento, estructura homogénea, con bolonería subredondeada	M-1	Pc=1.00 m.	Depósitos coluviales

· Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

<b>PROYECTO MAGISTRAL QUEBRADA COLPARACRA ANCASH - PERU</b>			Ubicación : Presa de relaves.		<b>CAM-PR-11</b>		
			Método de excavación : Manual Equipo de excavación : --- Tamaño : 1.20 m. x 1.60 m. Condición de la superficie: Alta pendiente		Norte : 9,088,069.1 Este : 191,230.3 Altura : 3,984.4 Nivel freático : No encontrado Profundidad : 1.50 m.		
PROF. (m)	SUCS	SIMBOLO GRÁFICO	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			<input type="checkbox"/> ALTERADA <input checked="" type="checkbox"/> INALTERADA	DESCRIPCIÓN			
0	OL			Topsoil, no plástico, húmedo, color negro, con gravas subangulares de tamaño máximo = 3 ". Grava: 15.0% Arena: 10.0% Finos: 75.0%			Presencia de raíces
1	GM			Grava limosa con arena, mediana plasticidad, húmedo, amarillento, estructura estratificado, con boloneria subangulares de tamaño máximo = 28 ". Bolonería: 5.0% Grava: 60.0% Arena: 15.0% Finos: 20.0%			Depósitos coluviales  Pc= No determinado

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

<b>PROYECTO MAGISTRAL QUEBRADA COLPARACRA ANCASH - PERU</b>		Ubicación : Presa de relaves.		<b>CAM-PR-12</b> Norte : 9,088,190.3 Este : 191,185.1 Altura : 3,904.5 Nivel freático : No encontrado Profundidad : 2.00 m.			
		Método de excavación : Manual Equipo de excavación : --- Tamaño : 0.80 m. x 1.20 m. Condición de la superficie: Pendiente media					
PROF. (m)	SUCS	SIMBOLO GRAFICO	CONDICION DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			<input checked="" type="checkbox"/> ALTERADA <input type="checkbox"/> INALTERADA	DESCRIPCION			
0	OL			Topsoil, no plástico, ligeramente húmedo, color negro, estructura estratificada con un 10% de grava y cantos rodados de tamaño máximo = 4 ".			Presencia de raíces
1	GP			Grava mal gradada con arena, plástico, medio denso, ligeramente húmedo, gris claro, estructura homogénea, con bolonería subangulares de tamaño máximo = 20 ".			Depósitos coluviales Suelo de matriz orgánica
2				Bolonería: 20.0% Grava: 65.0% Arena: 10.0% Finos: 5.0%			Pc= No determinado

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

PROYECTO MAGISTRAL QUEBRADA COLPARACRA ANCASH - PERU		Ubicación : Presa de relaves.		<b>CAM-PR-13</b>			
		Método de excavación : Mecanica	Equipo de excavación : CAT-320B	Norte : 9,088,491.5	Este : 191,042.7		
		Tamaño : 1.00 m. x 1.60 m.	Condición de la superficie: Alta pendiente	Altura : 4,047.3	Nivel freático : No encontrado		
				Profundidad : 2.20 m.			
PROFUNDIDAD (m)	SUCS	SIMBOLO GRÁFICO	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			<input checked="" type="checkbox"/> ALTERADA	<input type="checkbox"/> INALTERADA			
			DESCRIPCIÓN				
0	OL		Topsoil, no plástico, húmedo, color negro, estructura estratificada, con 10% de gravas subangulares de tamaño máximo = 3 ".		<input checked="" type="checkbox"/>	M-1	Presencia de raíces
1	GM		Grava limosa con arena, de tamaño máximo 1 1/2", mezclado con 21.1 % de arena gruesa a fina y con 49.6 % de partículas < tamiz N° 200. Baja plasticidad, medio denso, húmeda, de color beige y marrón, estructura homogéneo, con bolonería.				Depósito coluvial
2	GC		Grava arcillosa, mediana plasticidad, denso, húmedo, de color gris claro con partes de color amarillento, estructura estratificada, con bolonería subangulares de tamaño máximo = 6 ". Bolonería: 5.0%, Grava: 60.0%, Arena: 10.0%, Finos: 25.0%				Depósito coluvial Pc = 2.50 m.

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

PROYECTO MAGISTRAL QUEBRADA COLLPARACRA ANCASH - PERU		Ubicación : Presa de relaves.		CAM-PR-14			
		Método de excavación : Manual	Equipo de excavación : ---	Norte : 9,088,474.2	Este : 190,904.3	Altura : 4,060.7	
		Tamaño : 0.90 m. x 1.30 m.		Nivel freático : No encontrado			
		Condición de la superficie: Alta pendiente		Profundidad : 2.00 m.			
PROFUNDIDAD (m)	SUCS	SIMBOLO GRÁFICO	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			<input type="checkbox"/> ALTERADA	<input type="checkbox"/> INALTERADA			
DESCRIPCIÓN							
0	OL		Topsoil, no plástico, húmedo, color negro, estructura estratificada, con un 5% de grava subangular de tamaño máximo = 3 ".				Presencia de raíces
1	GC		Grava arcillosa, de tamaño máximo 2", mezclado con 9.9 % de arena gruesa a fina y con 25.1 % de partículas < tamiz N° 200. Mediana plasticidad, denso, ligeramente húmedo, color marrón amarillento, estructura estratificada, con boloneria angulosos a subredondeados		<input checked="" type="checkbox"/>	M-1	Depósito coluvial
2	GC		Grava arcillosa con arena, de tamaño máximo 1 1/2", mezclado con 29.8 % de arena gruesa a fina y con 38.1 % de partículas < tamiz N° 200. Mediana plasticidad, medio denso, ligeramente húmedo, gris, estructura estratificada, con boloneria subangulosos.		<input checked="" type="checkbox"/>	M-2	Depósito coluvial CP (estimada) = 2.50 m.

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

CIA MINERA MILPO PROYECTO MAGISTRAL ANCASH - PERU		Ubicación : Presa de relaves.		<b>CAM-PR-15</b>			
		Método de excavación : Mecánica-Manual	Equipo de excavación : ---	Norte : 9,088,202.0	Este : 191,413.0	Altura : 3,902.0	Nivel freático : No encontrado
PROFUNDIDAD (m)	SUCS	SÍMBOLO GRÁFICO	CONDICION DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			<input checked="" type="checkbox"/> ALTERADA <input type="checkbox"/> INALTERADA	DESCRIPCION			
0	OL		<input type="checkbox"/>	Topsoil, no plástico, húmedo, color negro, estructura estratificada, con 10% de grava, con guijarros subangulares de tamaño máximo = 6 ".			Presencia de raíces
1	SC		<input type="checkbox"/>	Arena arcillosa con grava, baja plasticidad, densidad media, húmedo, de color amarillento, con bolonería subredondeados de tamaño máximo = 11 ". Bolonería: 5,0%, Grava: 15.0% Arena: 15.0%, Finos: 65.0%			Depósito coluvial Depósito coluvial
2	GC-GM		<input checked="" type="checkbox"/>	Grava arcilloso limoso con arena, de tamaño máximo 3", mezclado con 21.1 % de arena gruesa a fina y con 19.4 % de partículas < tamiz N° 200. Baja plasticidad, densa, ligeramente húmeda, de color amarillento, estructura homogéneo, con bolonería subredondeados.	M-1		PC = 2.00 m.
3							

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

CIA MINERA MILPO PROYECTO MAGISTRAL ANCASH - PERU			Ubicación : Presa de relaves.		<b>CAM-PR-16</b>		
			Método de excavación : Manual		Norte : 9,088,233.5		
			Equipo de excavación : ---		Este : 191,075.2		
			Tamaño : 0.90 m. x 1.40 m.		Altura : 3,894.7		
			Condición de la superficie: Baja pendiente		Nivel freático : No encontrado		
					Profundidad : 2.10 m.		
PROFUNDIDAD (m)	SUCS	SIMBOLO GRÁFICO	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			<input checked="" type="checkbox"/> ALTERADA	<input type="checkbox"/> INALTERADA			
			DESCRIPCIÓN				
0	OL		Topsoil, no plástico, húmedo, negro, estructura estratificada, con un 5% de grava fina.				Presencia de raíces
1	GC		Grava arcillosa con arena, de tamaño máximo 3", mezclado con 16.3 % de arena gruesa a fina y con 35.9 % de partículas < tamiz N° 200. Denso y húmedo a mojado, ligeramente gris con partes de color marrón amarillento, estructura homogénea, con boloneria subredondeados.		<input checked="" type="checkbox"/>	M-1	Depósito aluvial CP = 1.00 m.
2							

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

<b>CIA MINERA MILPO PROYECTO MAGISTRAL ANCASH - PERU</b>			Ubicación : Presa de rélaves.		<b>CAM-PR-17</b> Norte : 9,088,026.0 Este : 191,384.0 Altura : 4,097.0 Nivel freático : No encontrado Profundidad : 1.90 m.		
			Método de excavación : Manual Equipo de excavación : --- Tamaño : 1.10 m. x 1.40 m. Condición de la superficie: Alta pendiente				
PROFUNDIDAD (m)	SUCS	SIMBOLO GRÁFICO	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			<input checked="" type="checkbox"/> ALTERADA <input checked="" type="checkbox"/> INALTERADA	DESCRIPCIÓN			
0	OL		Topsoil, no plástico, húmedo, negro, con biolonería subangulares de tamaño máximo = 5".		<input checked="" type="checkbox"/>	M-1	Presencia de raíces
1	GC		Grava arcillosa con arena, de tamaño máximo 3", mezclado con 16.5 % de arena gruesa a fina y con 19.3 % de partículas < tamiz N° 200. Mediana plasticidad, medio denso, ligeramente húmeda, de color gris claro, con bolonería subangulosos.				Depósito coluvial

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

<b>CIA MINERA MILPO PROYECTO MAGISTRAL ANCASH - PERU</b>			Ubicación : Presa de relaves.		<b>CAM-PR-18</b>		
			Método de excavación : Manual Equipo de excavación : --- Tamaño : 1.50 m. x 1.00 m. Condición de la superficie: Alta pendiente		Norte : 9,088,338.0 Este : 191,684.0 Altura : 3,982.0 Nivel freático : No encontrado Profundidad : 2.50 m.		
PROFUNDIDAD (m)	SUCS	SIMBOLO GRÁFICO	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			<input checked="" type="checkbox"/> ALTERADA <input checked="" type="checkbox"/> INALTERADA	DESCRIPCIÓN			
0	OL			Topsoil, suelo orgánico, no plástico, densidad media, húmedo, negro, con 10% de grava, con bolonería subangulares de tamaño máximo = 5 "			Presencia de raíces
1	GM			Grava limosa con arena, baja plasticidad, densidad media, húmedo, marrón amarillento, con bolonería subangulosos de tamaño máximo = 8 ".  Bolonería: 5.0% Grava: 60.0% Arena: 20,0% Finos: 15.0%	<input checked="" type="checkbox"/>	M-1	Depósitos coluviales
2							PC = No determinado

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

PROFUNDIDAD (m)		SUCS	SIMBOLO GRÁFICO	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES	
				<input checked="" type="checkbox"/>	ALTERADA				<input checked="" type="checkbox"/>
				DESCRIPCIÓN					
0		OL		Topsoil, no plástico, húmedo, negro, estructura estratificada, con guijarros subangulares de tamaño máximo = 5".				Presencia de raíces	
1				Grava arcillosa, de tamaño máximo 3", mezclado con 10.4 % de arena gruesa a fina y con 42.3 % de partículas < tamiz N° 200. Mediana plasticidad, medio densa a densa, húmeda de color gris claro, estructura homogénea, con bolonería subangulares.		<input checked="" type="checkbox"/>	M-1	Depósitos morrénicos  PC = 1.50 m.	
2		GC							
3									
4									

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

PROYECTO MAGISTRAL ANCASH - PERU		Ubicación : Presa de relaves.		CAM-PR-20			
		Método de excavación : Mecanica	Equipo de excavación : CAT-D6G	Norte : 9,087,927.0	Este : 190,466.0	Altura : --	
		Tamaño : Corte existente	Condición de la superficie: Alta pendiente	Nivel freático : No encontrado	Profundidad : 2.80 m.		
PROFUNDIDAD (m)	SUCS	SIMBOLO GRÁFICO	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			<input checked="" type="checkbox"/> ALTERADA	<input type="checkbox"/> INALTERADA			
			DESCRIPCIÓN				
0	OL		Topsoil, no plástico, húmedo negro, estructura, estratificada.				Presencia de raíces
1	GC		Grava arcillosa con arena, de tamaño máximo 2", mezclado con 25.6 % de arena gruesa a fina y con 25.2 % de partículas < tamiz N° 200. Mediana plasticidad, denso, húmedo, marrón amarillento, estructura homogénea, con bolonería subangulosos.		<input checked="" type="checkbox"/>	M-1	
2							

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

<b>CIA MINERA MILPO PROYECTO MAGISTRAL ANCASH - PERU</b>		Ubicación : Presa de relaves.		<b>CAM-PR-21</b>			
		Método de excavación : Manual	Equipo de excavación : ---	Tamaño : 1.30 m. x 1.00 m.	Condición de la superficie: Alta pendiente	Norte : 9,087,927.0 Este : 190,466.0 Altura : 3,818.0 Nivel freático : 1.00 m. Profundidad : 1.20 m.	
PROFUNDIDAD (m)	SUCS	SIMBOLO GRÁFICO	<b>CONDICIÓN DE LA MUESTRA</b>		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			<input checked="" type="checkbox"/> ALTERADA <input checked="" type="checkbox"/> INALTERADA	<b>DESCRIPCIÓN</b>			
0	SM		Arena limosa, no plastico, medio denso, de color marron oscuro		<input checked="" type="checkbox"/>	M-1	Vegetación superficial densa Presencia de raices
1	GP-GC		Grava pobremente gradada con arcilla y arena, de tamaño máximo 3", mezclado con 23.0 % de arena gruesa a fina y con 5.3 % de partículas < tamiz N° 200. Baja plasticidad, densa, húmeda, de color gris, con presencia de bolonería.				

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

<b>CIA MINERA MILPO PROYECTO MAGISTRAL ANCASH - PERU</b>		Ubicación : Presa de relaves.		<b>CAM-PR-22</b> Norte : 9,087,873.0 Este : 190,704.0 Altura : 3,906.0 Nivel freático : No encontrado Profundidad : 2.00 m.			
		Método de excavación : Manual				Equipo de excavación : ---	
		Tamaño : 1.20 m. x 1.00 m.					
		Condición de la superficie: Alta pendiente					
PROFUNDIDAD (m)	SUCS	SIMBOLO GRÁFICO	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			<input checked="" type="checkbox"/> ALTERADA <input type="checkbox"/> INALTERADA	DESCRIPCIÓN			
0	OL			Topsoil, limo, no plástico a baja plasticidad, firme, húmedo, oscuro marrón.			Vegetación superficial densa Presencia de raíces
1	CL		<input checked="" type="checkbox"/>	Arcilla arenosa con grava, de tamaño máximo 3", mezclado con 22.1 % de arena gruesa a fina y con 56.6 % de partículas < tamiz N° 200. Baja plasticidad, firme, húmedo, de color verdoso gris, con grava angular y subangular de tamaño variado, con bolonería	M-1		
2							

Limite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

PROYECTO MAGISTRAL ANCASH - PERU		Ubicación : Presa de relaves.		CAM-PR-23			
		Método de excavación : Manual	Equipo de excavación : ---	Norte : 9,088,099.0	Este : 190,479.0	Altura : 3,923.0	
		Tamaño : 1.70 m. x 1.20 m.	Condición de la superficie: Alta pendiente	Nivel freático : No encontrado	Profundidad : 2.00 m.		
PROFUNDIDAD (m)	SUCS	SIMBOLO GRÁFICO	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			<input checked="" type="checkbox"/> ALTERADA	<input type="checkbox"/> INALTERADA			
			DESCRIPCIÓN				
0	OL		Topsoil, limo con grava, no plástico a baja plasticidad, firme, húmeda, negro.				Vegetación superficial densa Presencia de raíces
1	GC		Grava arcillosa con arena y limo, mediana plasticidad, denso, húmedo, de color gris verdoso, grava subangular de tamaño variado, con presencia de cantos rodados de tamaño máximo = 11 ". Cantos rodados: 20.0% Grava: 40.0%		<input checked="" type="checkbox"/>	M-1	
2							

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

PROYECTO MAGISTRAL QUEBRADA COLPARACRA ANCASH - PERU		Ubicación : Presa de relaves.		<b>CAM-PR-24</b>			
		Método de excavación : Manual	Equipo de excavación : ---	Norte : 9,088,297.0	Este : 190,752.0		
		Tamaño : 1.50 m. x 1.20 m.	Condición de la superficie: Alta pendiente	Altura : 3,976.0	Nivel freático : No encontrado		
				Profundidad : 2.00 m.			
PROFUNDIDAD (m)	SUCS	SIMBOLO GRÁFICO	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		MUESTRA	COD. MUESTRA	OBSERVACIONES
			<input checked="" type="checkbox"/> ALTERADA	<input type="checkbox"/> INALTERADA			
			DESCRIPCIÓN				
0	OL		Topsoil, limo, no plástico, baja plasticidad, firme, húmedo, oscuro marrón a negro.		<input checked="" type="checkbox"/>	M-1	Vegetación superficial densa Presencia de raíces
	CH		Arcilla, alta plasticidad, firme, húmedo, de color verdoso.				
1	GC		Grava arcillosa con arena, de tamaño máximo 2", mezclado con 22.1 % de arena gruesa a fina y con 56.6 % de partículas < tamiz N° 200. Mediana plasticidad, denso, ligeramente húmedo, marrón, con presencia de bolonería.				
2							

Límite de excavación

Nota:

Pc: Profundidad de cimentación propuesta

# ANEXOS 02

REGISTRO DE ENSAYOS DE LABORATORIO  
DE SUELOS

## DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS ASTM - D422

### CLASIFICACIÓN ASTM - D2487

#### LABORATORIO DE GEOTECNIA

Proyecto : Magistral - Minera Milpo  
 Ubicación : Conchucos - Ancash  
 Muestra N° : CAM\_DR - 01 / M-1  
 Profundidad (m) : 1.50 - 3.30  
 Área : Depósito de relaves

Partículas >3" (%) : .....

Grava (%): 58.6

Arena (%): 25.8

Limo y arcilla (%): 15.6

#### Límites de Atterberg

Límite líquido (%): NP

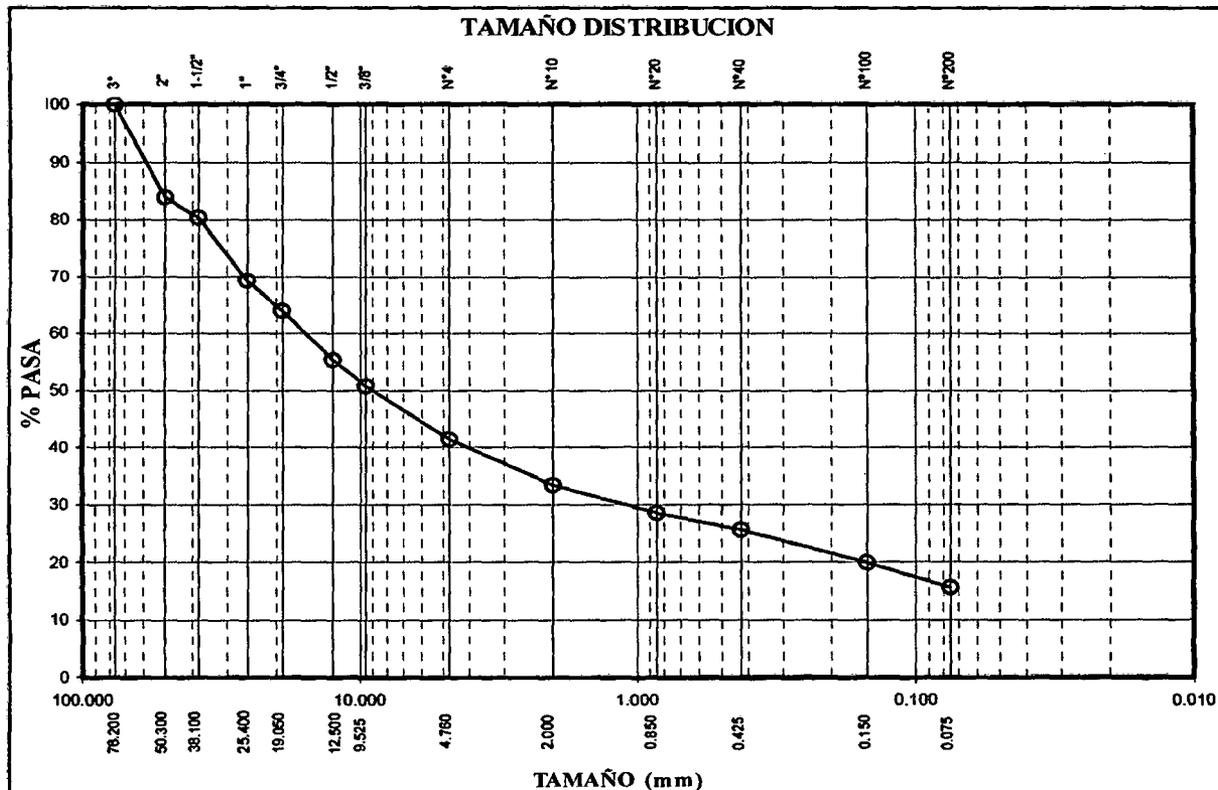
Límite plástico (%): NP

Índice de plasticidad (%): NP

Contenido de humedad (%): 8.0

Clasificación SUCS: GM

Tamiz	Tamaño (mm)	% pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.300	83.9
1 1/2"	38.100	80.4
1"	25.400	69.3
3/4"	19.050	64.0
1/2"	12.500	55.3
3/8"	9.525	50.7
N° 4	4.760	41.4
N° 10	2.000	33.4
N° 20	0.850	28.6
N° 40	0.425	25.6
N° 100	0.150	19.9
N° 200	0.075	15.6

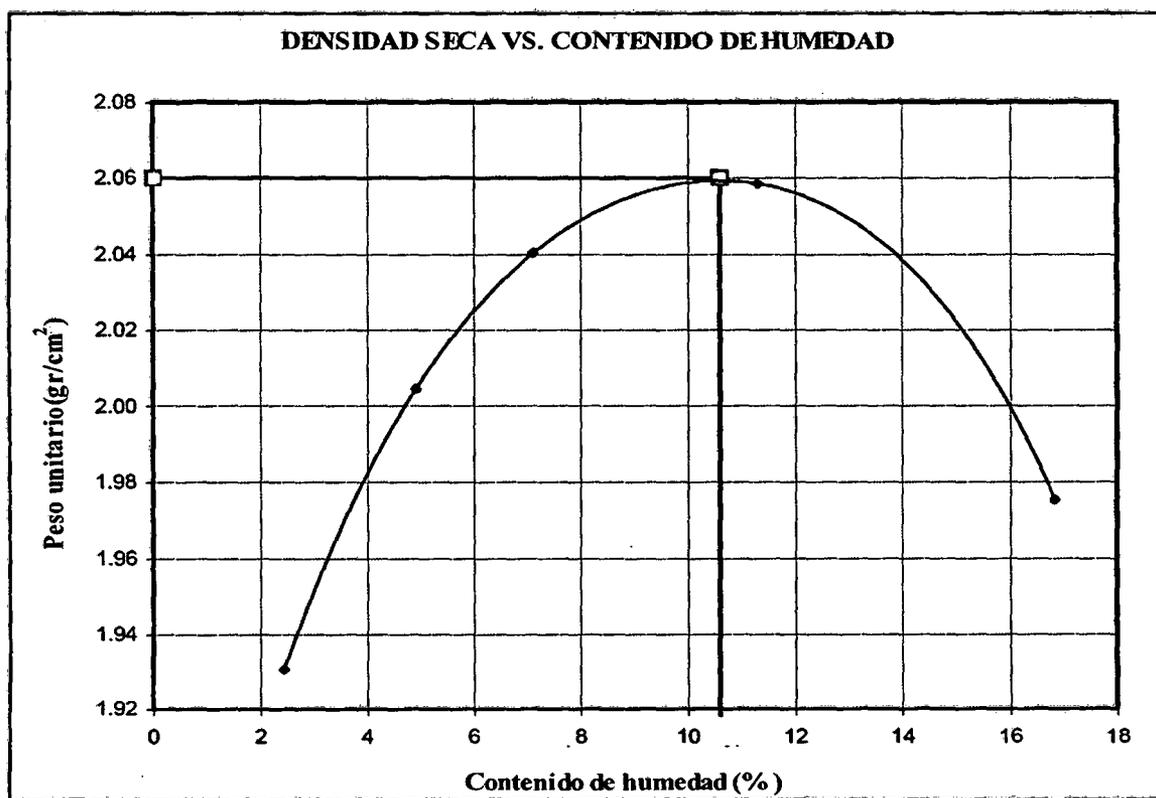


**ESTÁNDAR PROCTOR  
ASTM - D698 MÉTODO C**

**LABORATORIO DE GEOTECNIA**

Proyecto : Magistral - Minera Milpo  
 Ubicación : Conchucos - Ancash  
 Muestra N° : CAM\_DR - 01 / M-1  
 Profundidad (m) : 1.50 - 3.30  
 Área : Depósito de relaves

Prueba N°	1	2	3	4	5
Unidad de peso seco	1.931	2.005	2.040	1.975	2.059
Contenido de humedad (%)	2.4	4.9	7.100	16.8	11.3



Peso unitario seco máximo (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.06  
 Contenido de humedad óptima (%) : 10.60  
 Peso unitario seco máximo corregido (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.26  
 Contenido de humedad óptima corregida (%) : 7.30

## DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE LAS PARTICULAS ASTM - D422

### CLASIFICACIÓN ASTM - D2487

#### LABORATORIO DE GEOTECNIA

Proyecto : Magistral - Minera Milpo  
 Ubicación : Conchucos - Ancash  
 Muestra N° : CAM\_DR - 04 / M-3  
 Profundidad (m) : 2.30 - 4.50  
 Área : Depósito de relaves

**Partículas >3" (%)** : .....

Grava (%): 31.4

Arena (%): 33.3

Limo y arcilla (%): 35.3

**Límites de Atterberg**

Límite líquido (%): 15

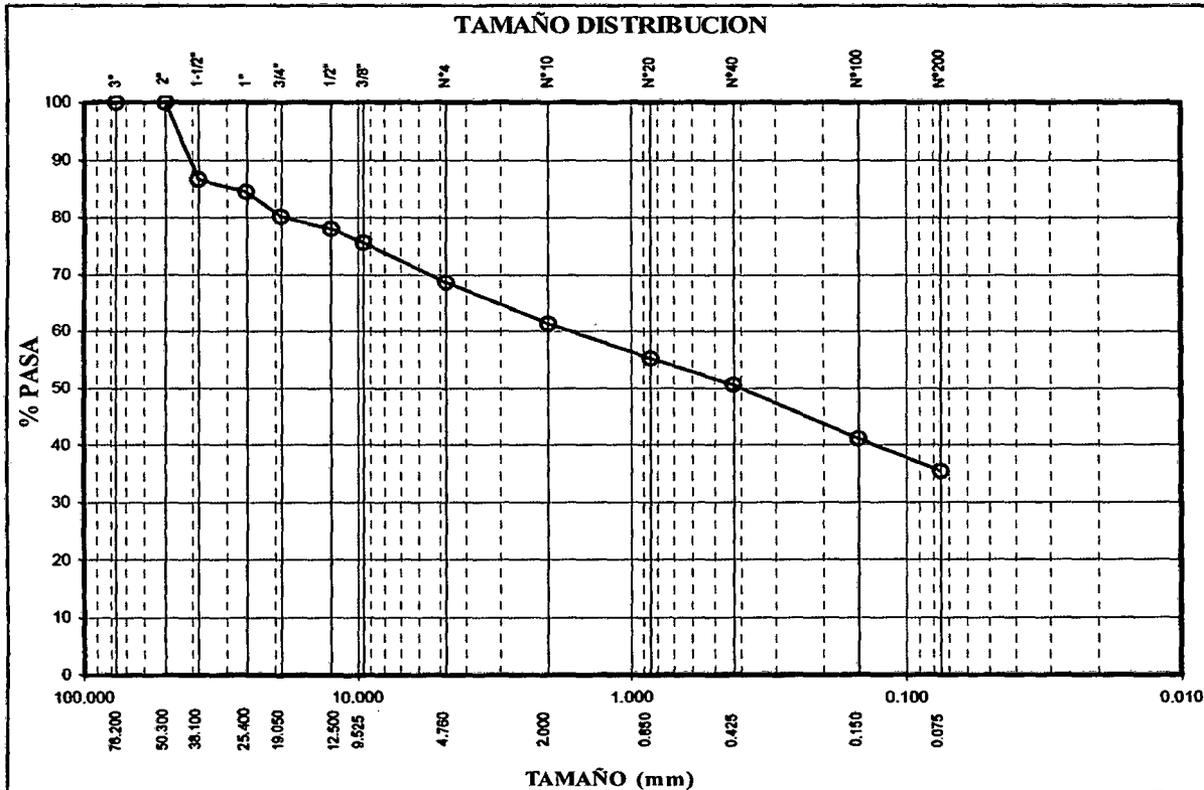
Límite plástico (%): 10

Índice de plasticidad (%): 5

**Contenido de humedad (%)**: 6.8

**Clasificación SUCS**: SC-SM

Tamiz	Tamaño (mm)	% pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.300	100.0
1 1/2"	38.100	86.6
1"	25.400	84.5
3/4"	19.050	80.2
1/2"	12.500	78.0
3/8"	9.525	75.6
N° 4	4.760	68.6
N° 10	2.000	61.3
N° 20	0.850	55.2
N° 40	0.425	50.5
N° 100	0.150	41.1
N° 200	0.075	35.3

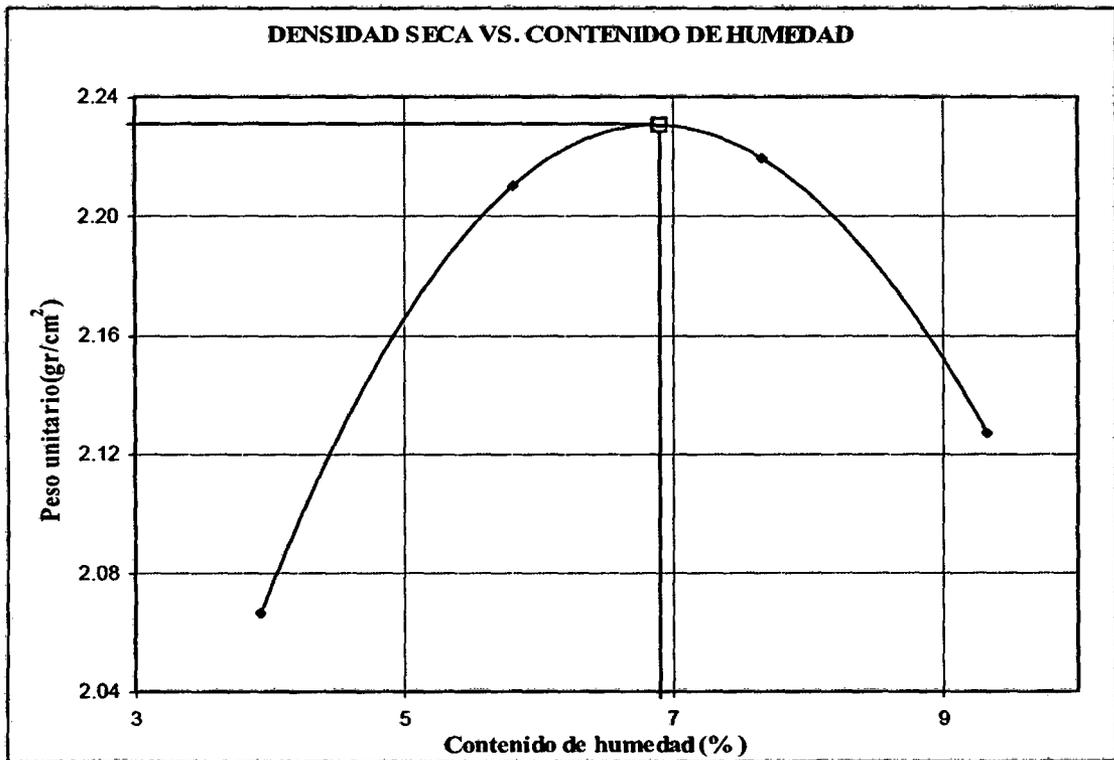


**ESTÁNDAR PROCTOR  
ASTM - D698 MÉTODO C**

**LABORATORIO DE GEOTECNIA**

Proyecto : Magistral - Minera Milpo  
 Ubicación : Conchucos - Ancash  
 Muestra N° : CAM\_DR - 04 / M-1  
 Profundidad (m) : 2.30 - 4.50  
 Area : Depósito de relaves

Prueba N°	1	2	3	4	5
Unidad de peso seco	2.067	2.21	2.220	2.127	
Contenido de humedad (%)	3.9	5.8	7.700	9.3	



Peso unitario seco máximo (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.23  
 Contenido de humedad óptima (%) : 6.90  
 Peso unitario seco máximo corregido (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.30  
 Contenido de humedad óptima corregida (%) : 5.60

# DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS ASTM - D422

## CLASIFICACIÓN ASTM - D2487

### LABORATORIO DE GEOTECNIA

Proyecto : Magistral - Minera Milpo  
 Ubicación : Conchucos - Ancash  
 Muestra N° : CAM\_DR - 05 / M-2  
 Profundidad (m) : 1.40 - 1.90  
 Area : Depósito de relaves

Partículas >3" (%) : .....

Grava (%): 29.3

Arena (%): 33.9

Limo y arcilla (%): 36.8

#### Límites de Atterberg

Límite líquido (%): 15

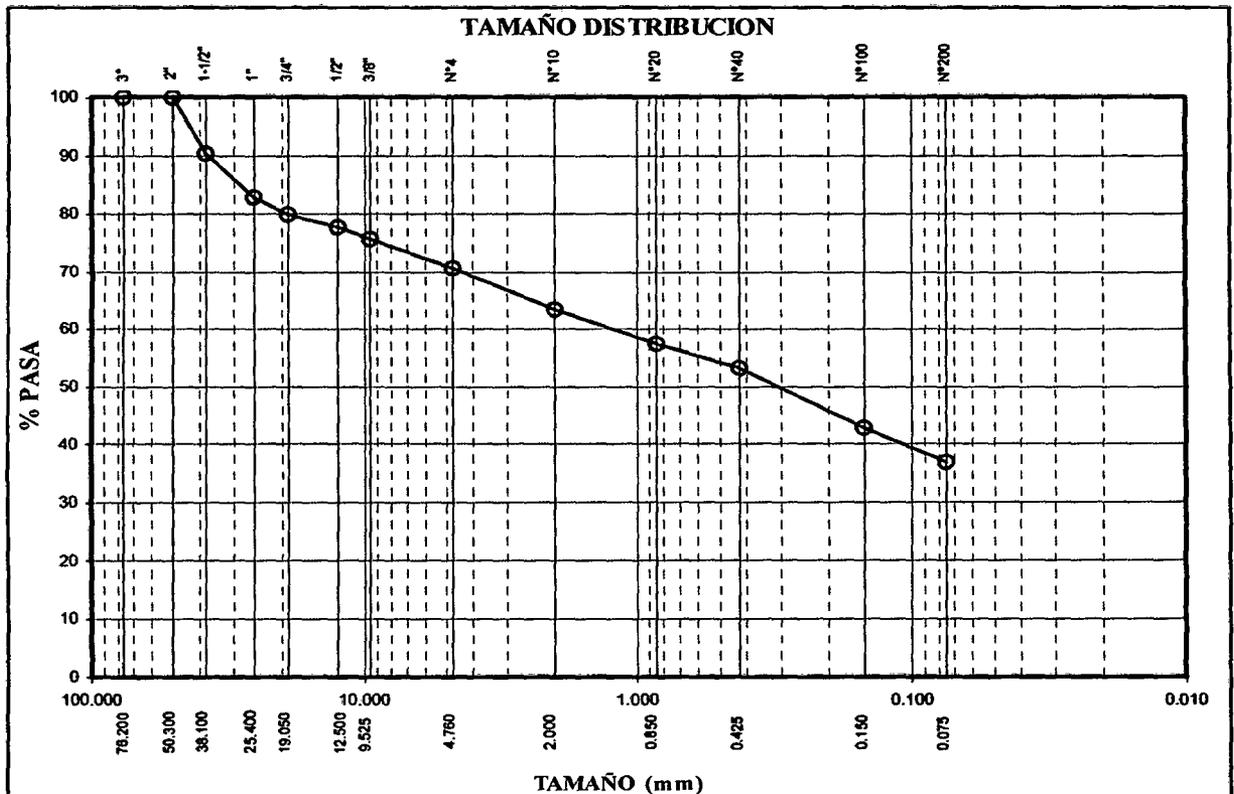
Límite plástico (%): 10

Índice de plasticidad (%): 5

Contenido de humedad (%): 7.7

Clasificación SUCS: SM

Tamiz	Tamaño (mm)	% pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.300	100.0
1 1/2"	38.100	90.3
1"	25.400	82.8
3/4"	19.050	79.9
1/2"	12.500	77.7
3/8"	9.525	75.7
N° 4	4.760	70.7
N° 10	2.000	63.4
N° 20	0.850	57.5
N° 40	0.425	53.2
N° 100	0.150	42.8
N° 200	0.075	36.8

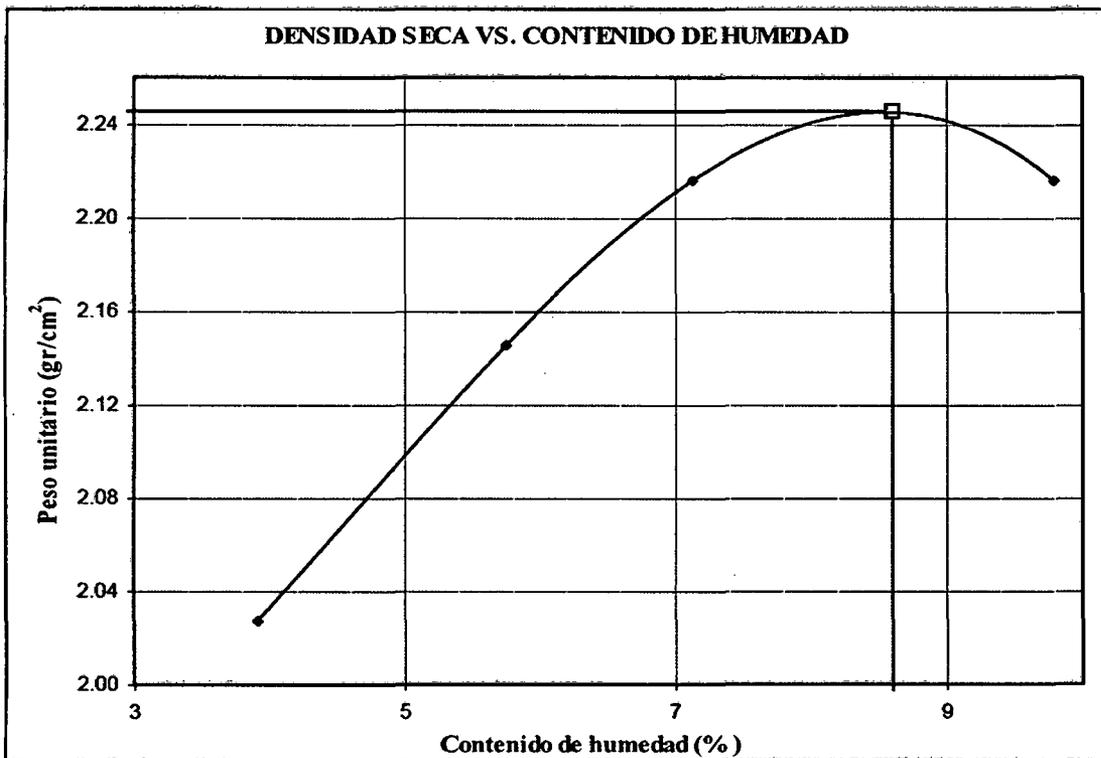


**ESTÁNDAR PROCTOR  
ASTM - D698 MÉTODO C**

**LABORATORIO DE GEOTECNIA**

Proyecto : Magistral - Minera Milpo  
 Ubicación : Conchucos - Ancash  
 Muestra N° : CAM\_DR - 05 / M-2  
 Profundidad (m) : 1.40 - 1.90  
 Área : Depósito de relaves

Prueba N°	1	2	3	4	5
Unidad de peso seco	2.027	2.146	2.216	2.216	
Contenido de humedad (%)	3.9	5.7	7.100	9.8	



Peso unitario seco máximo (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.246  
 Contenido de humedad optima (%) : 8.600  
 Peso unitario seco maximo corregido (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.308  
 Contenido de humedad óptima corregida (%) : 6.900

## DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS ASTM - D422

### CLASIFICACIÓN ASTM - D2487

#### LABORATORIO DE GEOTECNIA

Proyecto : Magistral - Minera Milpo  
 Ubicación : Conchucos - Ancash  
 Muestra N° : CAM\_DR - 06 / M-2  
 Profundidad (m) : 2.90 - 5.50  
 Área : Depósito de relaves

**Partículas >3" (%)** 8.4

Grava (%): 56.5

Arena (%): 33.5

Limo y arcilla (%): 10.2

**Limites de Atterberg**

Límite líquido (%): NP

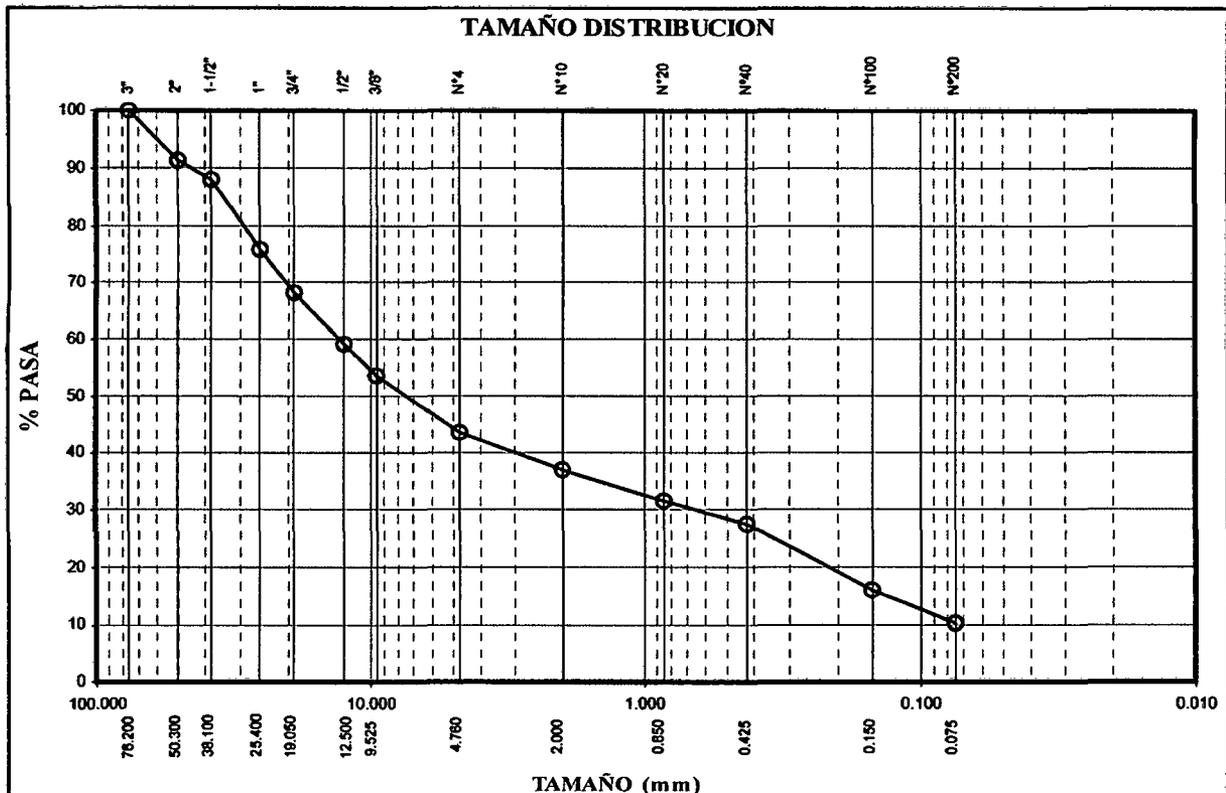
Límite plástico (%): NP

Índice de plasticidad (%): NP

**Contenido de humedad (%):** 7.3

**Clasificación SUCS:** GP-GM

Tamiz	Tamaño (mm)	% pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.300	9.3
1 1/2"	38.100	87.9
1"	25.400	75.8
3/4"	19.050	68.2
1/2"	12.500	59.1
3/8"	9.525	53.5
N° 4	4.760	43.5
N° 10	2.000	36.9
N° 20	0.850	31.5
N° 40	0.425	27.5
N° 100	0.150	16.0
N° 200	0.075	10.2



## DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS ASTM - D422

### CLASIFICACIÓN ASTM - D2487

#### LABORATORIO DE GEOTECNIA

Proyecto : Magistral - Minera Milpo  
 Ubicación : Conchucos - Ancash  
 Muestra N° : CAM\_DR - 07 / M-1  
 Profundidad (m) : 1.40 - 3.30  
 Área : Depósito de relaves

Partículas >3" (%) ....

Grava (%): 53.7

Arena (%): 29.5

Limo y arcilla (%): 16.7

#### Límites de Atterberg

Límite líquido (%): NP

Límite plástico (%): NP

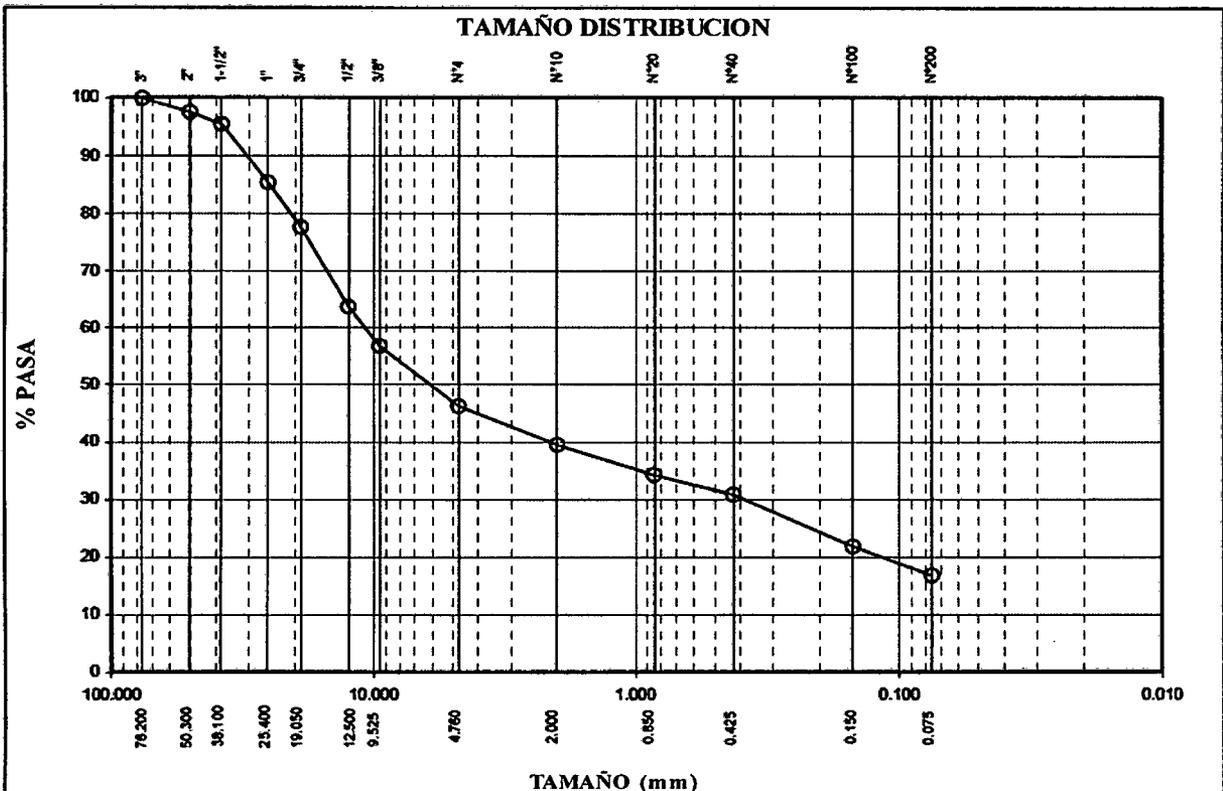
Índice plástico (%): NP

Contenido de humedad (%): 12.5

Clasificación SUCS: GM

Tamiz	Tamaño (mm)	% pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.300	97.6
1 1/2"	38.100	95.5
1"	25.400	85.4
3/4"	19.050	77.7
1/2"	12.500	63.7
3/8"	9.525	56.8
N° 4	4.760	46.3
N° 10	2.000	39.4
N° 20	0.850	34.2
N° 40	0.425	30.8
N° 100	0.150	21.8
N° 200	0.075	16.7

TAMAÑO DISTRIBUCION

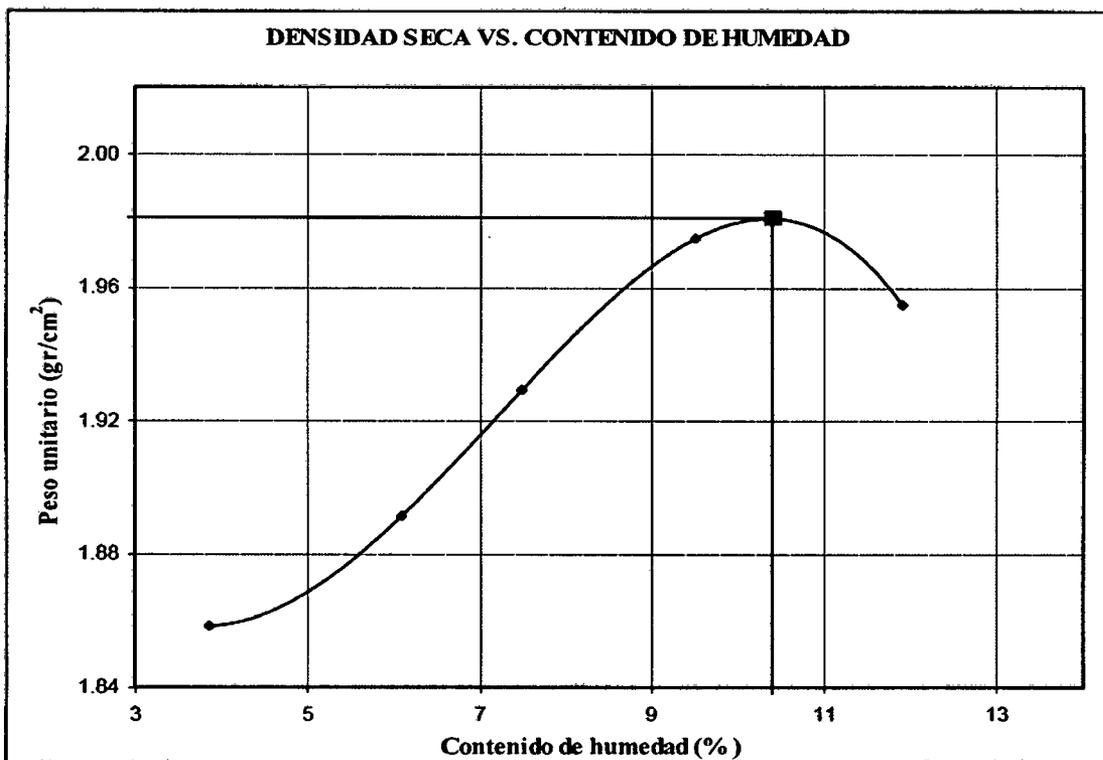


**ESTÁNDAR PROCTOR  
ASTM - D698 MÉTODO C**

**LABORATORIO DE GEOTECNIA**

Proyecto : Magistral - Minera Milpo  
 Ubicación : Conchucos - Ancash  
 Muestra N° : CAM\_DR - 07 / M-1  
 Profundidad (m) : 1.40 - 3.30  
 Area : Depósito de relaves

Prueba N°	1	2	3	4	5
Unidad de peso seco	1.858	1.891	1.929	1.975	1.955
Contenido de humedad (%)	3.9	6.1	7.500	9.5	11.9



Peso unitario seco máximo (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.981  
 Contenido de humedad óptima (%) : 10.400  
 Peso unitario seco máximo corregido (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.073  
 Contenido de humedad óptima corregida (%) : 8.500

## DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS ASTM - D422

### CLASIFICACIÓN ASTM - D2487

#### LABORATORIO DE GEOTECNIA

Proyecto : Magistral - Minera Milpo  
 Ubicación : Conchucos - Ancash  
 Muestra N° : CAM\_PR - 01 / M-1  
 Profundidad (m) : 0.40 - 5.00  
 Area : Depósito de relaves

Partículas >3" (%) 12.7

Grava (%): 42.5

Arena (%): 40

Limo y arcilla (%): 17.6

#### Límites de Atterberg

Límite líquido (%): NP

Límite plástico (%): NP

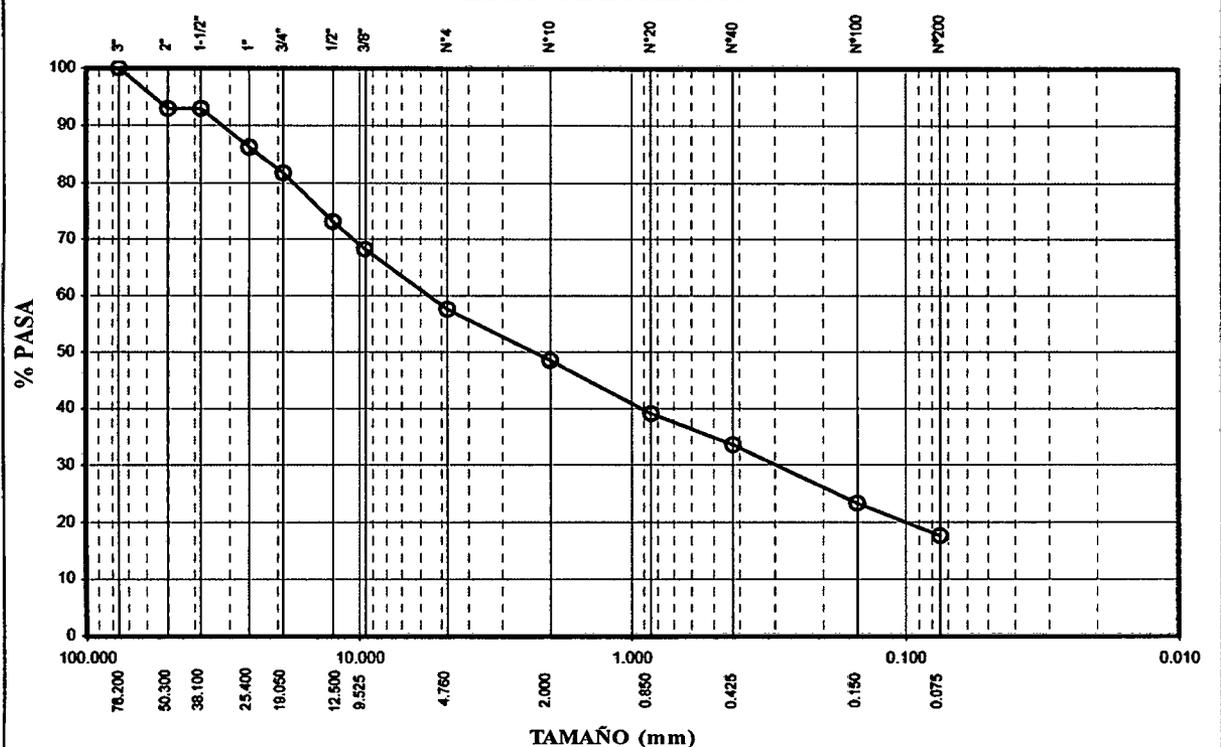
Índice de plasticidad plástico (I<sub>p</sub>): NP

Contenido de humedad (%): 7.4

Clasificación SUCS: GM

Tamiz	Tamaño (mm)	% pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.300	92.9
1 1/2"	38.100	92.9
1"	25.400	86.2
3/4"	19.050	81.7
1/2"	12.500	73.2
3/8"	9.525	68.3
N° 4	4.760	57.5
N° 10	2.000	48.5
N° 20	0.850	39.0
N° 40	0.425	33.5
N° 100	0.150	23.3
N° 200	0.075	17.6

TAMAÑO DISTRIBUCION



## DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS ASTM - D422

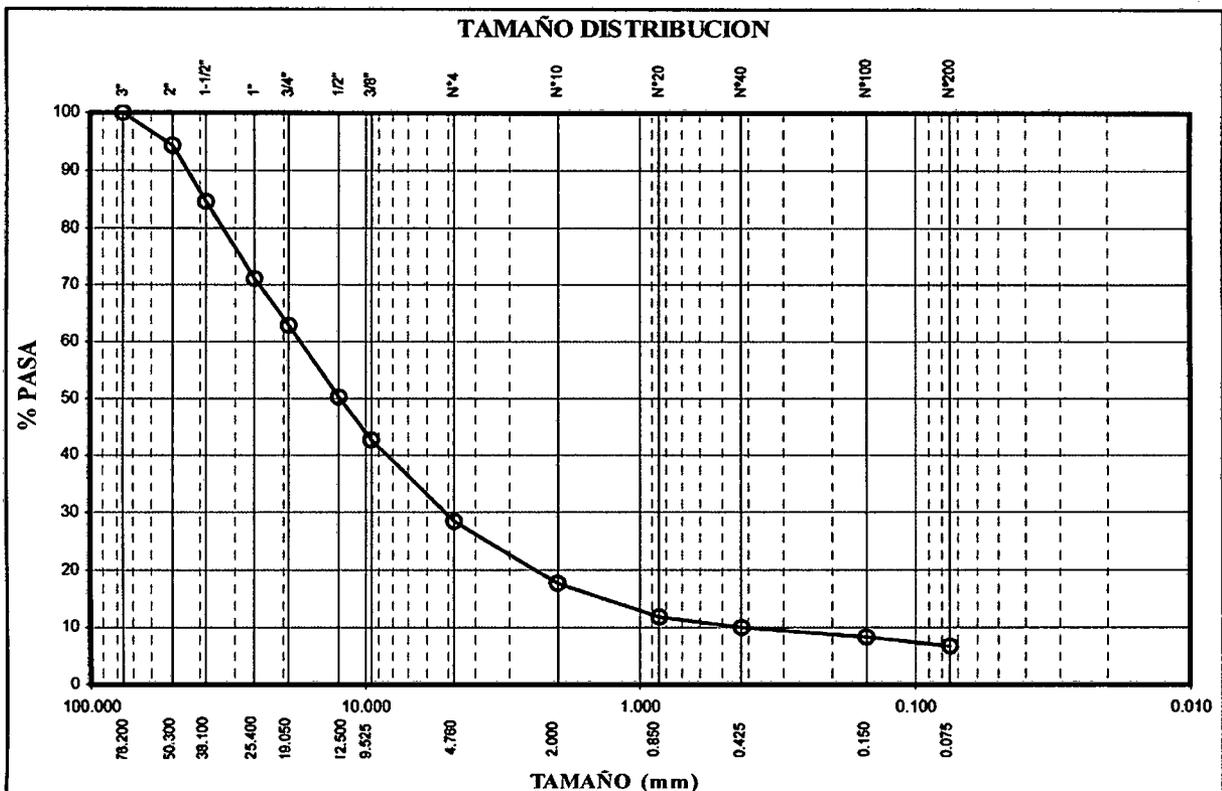
### CLASIFICACIÓN ASTM - D2487

#### LABORATORIO DE GEOTECNIA

Proyecto : Magistral - Minera Milpo  
 Ubicación : Conchucos - Ancash  
 Muestra N° : CAM\_PR - 02 / M-1  
 Profundidad (m) : 0.30 - 3.00  
 Area : Depósito de relaves

**Partículas >3" (%)** : ...  
**Grava (%)**: 71.5  
**Arena (%)**: 21.8  
**Limo y arcilla (%)**: 6.7  
  
**Limites de Atterberg**  
 Límite líquido (%): 22  
 Límite plástico (%): 17  
 Índice de plasticidad (%): 5  
  
**Contenido de humedad (%)**: 7.5  
  
**Clasificación SUCS**: GP-GC

Tamiz	Tamaño (mm)	% pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.300	94.3
1 1/2"	38.100	84.6
1"	25.400	71.1
3/4"	19.050	62.9
1/2"	12.500	50.2
3/8"	9.525	42.6
N° 4	4.760	28.5
N° 10	2.000	17.7
N° 20	0.850	11.8
N° 40	0.425	10.0
N° 100	0.150	8.3
N° 200	0.075	6.7



## DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS ASTM - D422

### CLASIFICACIÓN ASTM - D2487

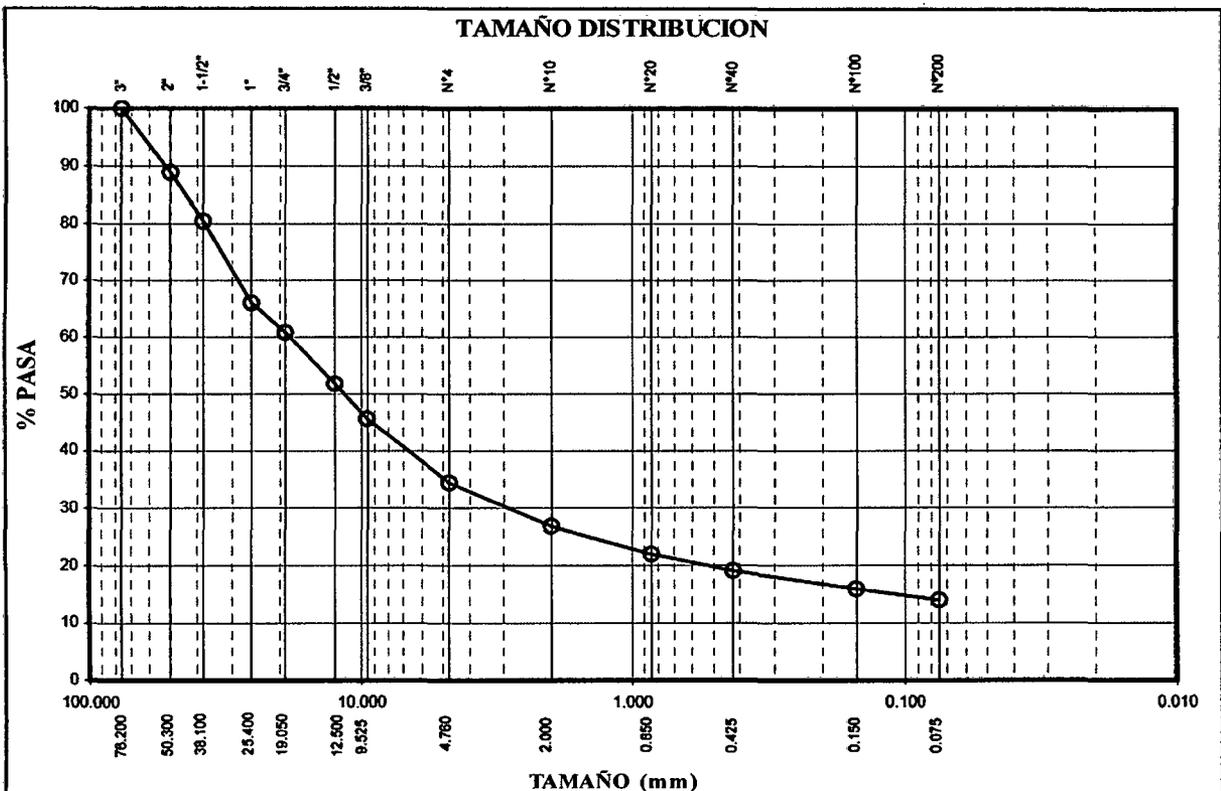
#### LABORATORIO DE GEOTECNIA

Proyecto : Magistral - Minera Milpo  
 Ubicación : Conchucos - Ancash  
 Muestra N° : CAM\_PR - 03 / M-1  
 Profundidad (m) : 0.60 - 5.00  
 Area : Depósito de relaves

**Partículas >3" (%)** ...  
  
**Grava (%)**: 65.6  
**Arena (%)**: 20.5  
**Limo y arcilla (%)**: 13.9  
  
**Límites de Atterberg**  
 Límite líquido (%): 25  
 Límite plástico (%): 16  
 Índice de plasticidad (%): 9  
  
**Contenido de humedad (%)**: 10.7  
  
**Clasificación SUCS**: GC

Tamiz	Tamaño (mm)	% pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.300	88.9
1 1/2"	38.100	80.4
1"	25.400	66.1
3/4"	19.050	60.8
1/2"	12.500	51.7
3/8"	9.525	45.6
N° 4	4.760	34.4
N° 10	2.000	26.9
N° 20	0.850	21.9
N° 40	0.425	19.1
N° 100	0.150	15.9
N° 200	0.075	13.9

**TAMAÑO DISTRIBUCIÓN**



## DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS ASTM - D422

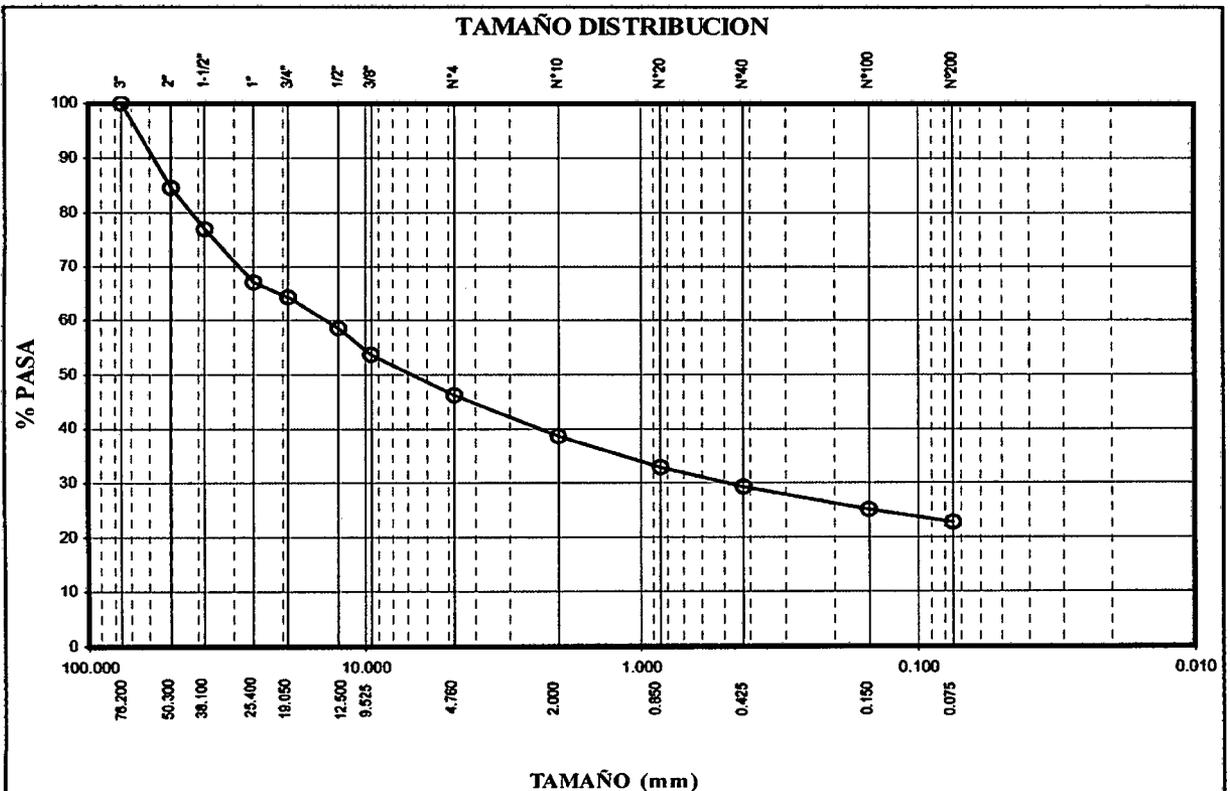
### CLASIFICACIÓN ASTM - D2487

#### LABORATORIO DE GEOTECNIA

Proyecto : Magistral - Minera Milpo  
 Ubicación : Conchucos - Ancash  
 Muestra N° : CAM\_PR - 04 / M-2  
 Profundidad (m) : 3.10 - 6.50  
 Area : Deposito de relaves

**Partículas >3" (%)** : ....  
**Grava (%)**: 53.9  
**Arena (%)**: 23.4  
**Limo y arcilla (%)**: 22.7  
  
**Límites de Atterberg**  
 Límite líquido (%): 24  
 Límite plástico (%): 13  
 Índice de plasticidad (%): 11  
  
**Contenido de humedad (%)**: 11.6  
  
**Clasificación SUCS**: GC

Tamiz	Tamaño (mm)	% pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.300	84.5
1 1/2"	38.100	76.9
1"	25.400	67.1
3/4"	19.050	64.3
1/2"	12.500	58.5
3/8"	9.525	53.6
N° 4	4.760	46.1
N° 10	2.000	38.6
N° 20	0.850	32.8
N° 40	0.425	29.2
N° 100	0.150	25.0
N° 200	0.075	22.7



## DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS ASTM - D422

### CLASIFICACIÓN ASTM - D2487

#### LABORATORIO DE GEOTECNIA

Proyecto : Magistral - Minera Milpo  
 Ubicación : Conchucos - Ancash  
 Muestra N° : CAM\_PR - 05 / M-1  
 Profundidad (m) : 2.50 - 5.00  
 Area : Presa de relaves

Partículas >3" (%) ....

Grava (%): 40.7

Arena (%): 20.9

Limo y arcilla (%): 38.4

#### Limites de Atterberg

Límite líquido (%): NP

Límite plástico (%): NP

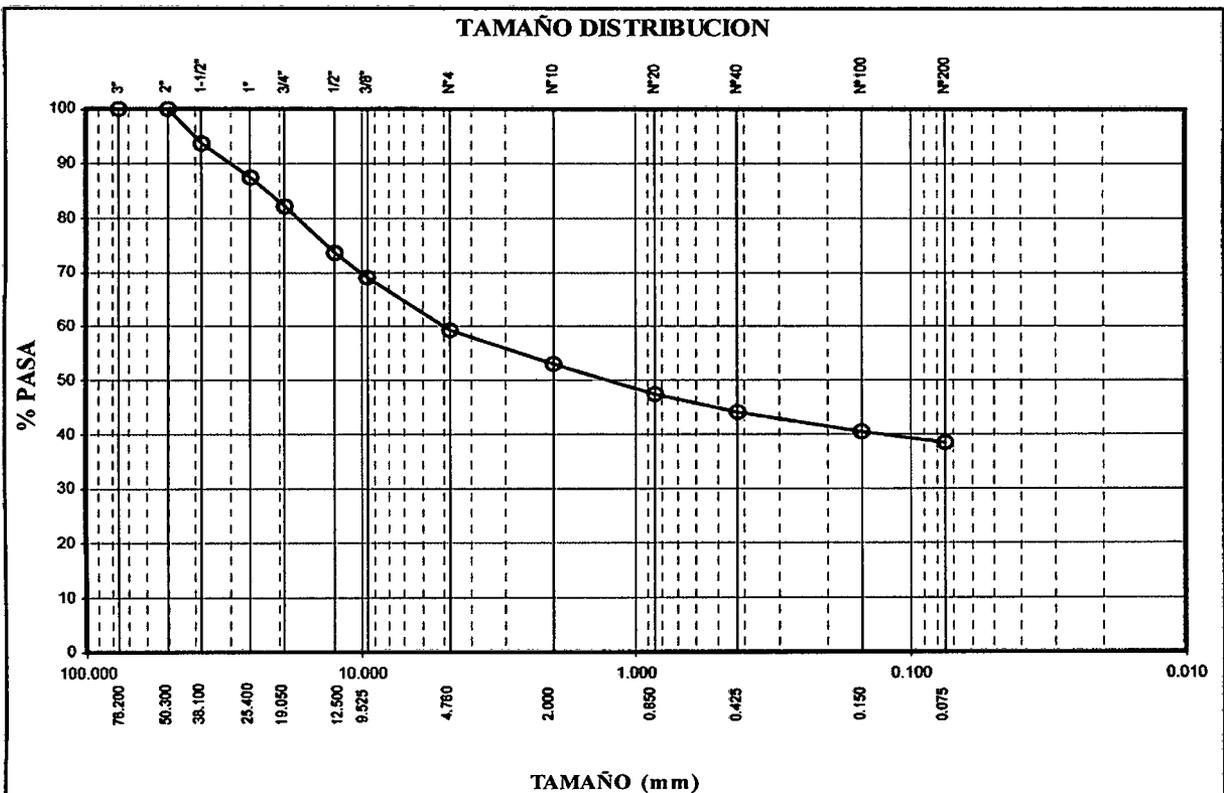
Índice de plasticidad (%): NP

Contenido de humedad (%): 12.4

Clasificación SUCS: GM

Tamiz	Tamaño (mm)	% pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.300	100.0
1 1/2"	38.100	93.7
1"	25.400	87.5
3/4"	19.050	82.2
1/2"	12.500	73.7
3/8"	9.525	69.1
N° 4	4.760	59.3
N° 10	2.000	53.0
N° 20	0.850	47.4
N° 40	0.425	44.1
N° 100	0.150	40.4
N° 200	0.075	38.4

TAMAÑO DISTRIBUCION







## DISTRIBUCION DEL TAMAÑO DE LAS PARTICULAS ASTM - D422

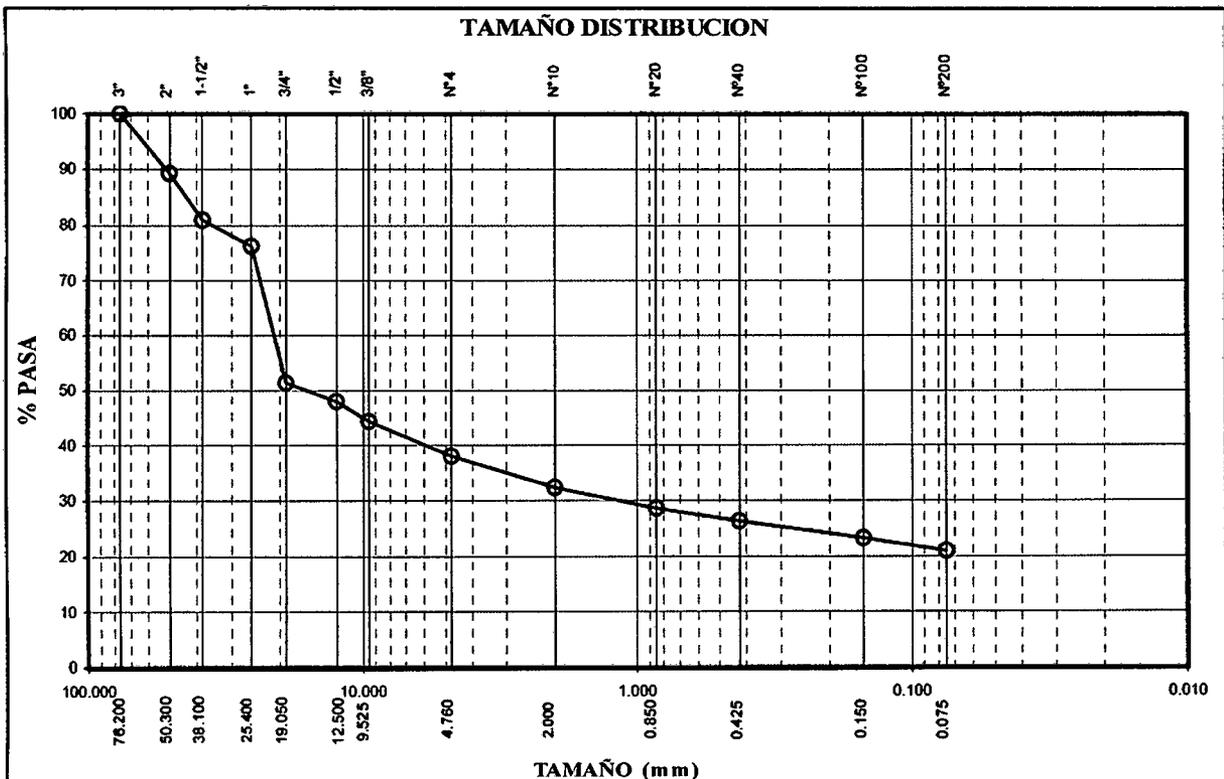
### CLASIFICACION ASTM - D2487

#### LABORATORIO DE GEOTECNIA

Proyecto : Magistral - Minera Milpo  
 Ubicación : Conchucos - Ancash  
 Muestra N° : CAM\_PR - 08 / M-1  
 Profundidad (m) : 1.00 - 3.30  
 Area : Presa de relaves

**Partículas >3" (%)** : ....  
 D<sub>10</sub>  
 Grava (%): 62 D<sub>30</sub> 1.16  
 Arena (%): 17 D<sub>60</sub> 21.05  
 Limo y arcilla (%): 21 Cu  
 Cc  
**Limites de Atterberg**  
 Límite líquido (%): 27  
 Límite plástico (%): 18  
 Índice de plasticidad (%): 9  
**Contenido de humedad (%)**: 10.6  
**Clasificación SUCS**: GC

Tamiz	Tamaño (mm)	% pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.300	89.3
1 1/2"	38.100	80.9
1"	25.400	76.2
3/4"	19.050	51.4
1/2"	12.500	48.0
3/8"	9.525	44.3
N° 4	4.760	38.0
N° 10	2.000	32.3
N° 20	0.850	28.7
N° 40	0.425	26.3
N° 100	0.150	23.2
N° 200	0.075	21.0



## DISTRIBUCION DEL TAMAÑO DE LAS PARTICULAS ASTM - D422

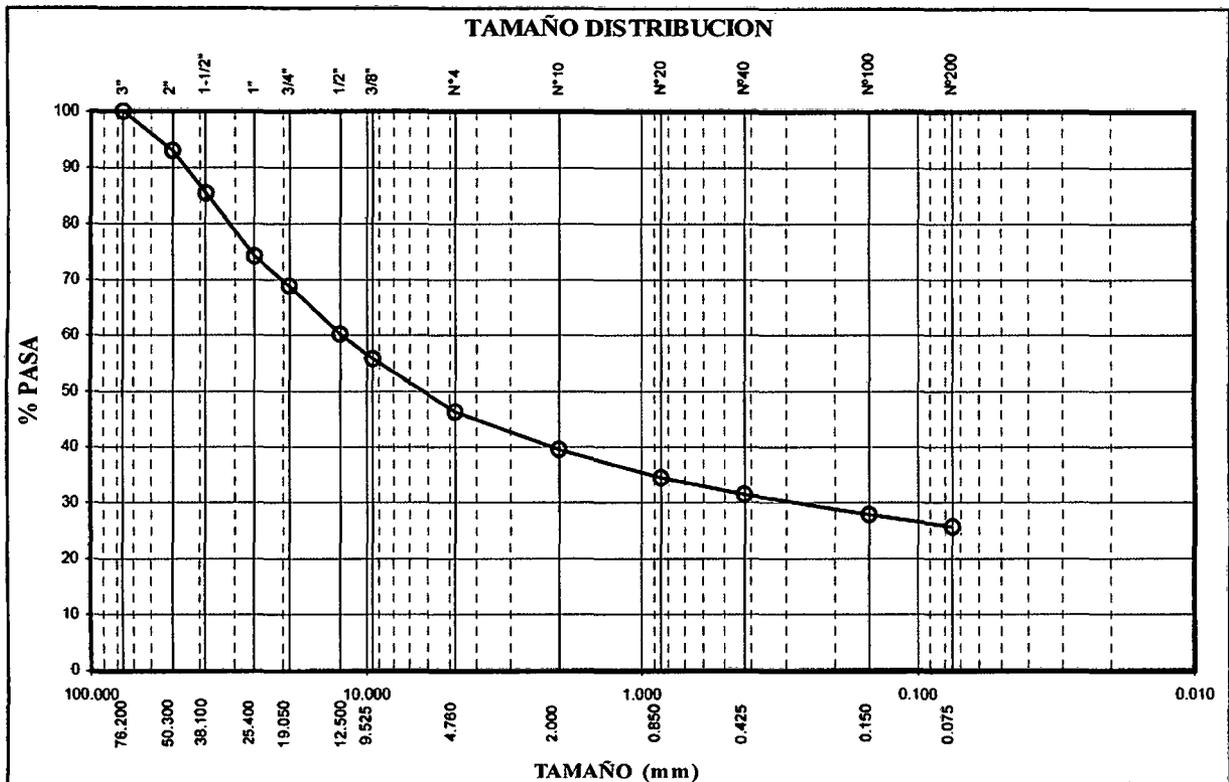
### CLASIFICACION ASTM - D2487

#### LABORATORIO DE GEOTECNIA

Proyecto : Magistral - Minera Milpo  
 Ubicación : Conchucos - Ancash  
 Muestra N° : CAM\_PR - 10 / M-1  
 Profundidad (m) : 0.60 - 1.80  
 Area : Presa de relaves

**Partículas >3" (%)** : ....  
 D<sub>10</sub>  
 Grava (%): 53.7 D<sub>30</sub> 0.29  
 Arena (%): 20.7 D<sub>60</sub> 12.53  
 Limos y arcilla (%): 25.6 C<sub>u</sub>  
 C<sub>c</sub>  
**Limites de Atterberg**  
 Límite líquido (%): 27  
 Límite plástico (%): 15  
 Índice de plasticidad (%): 12  
**Contenido de humedad (%)**: 11.6  
**Clasificación SUCS**: GC

Tamiz	Tamaño (mm)	% pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.300	93.0
1 1/2"	38.100	85.5
1"	25.400	74.2
3/4"	19.050	68.9
1/2"	12.500	60.2
3/8"	9.525	55.8
N° 4	4.760	46.3
N° 10	2.000	39.4
N° 20	0.850	34.3
N° 40	0.425	31.4
N° 100	0.150	27.8
N° 200	0.075	25.6

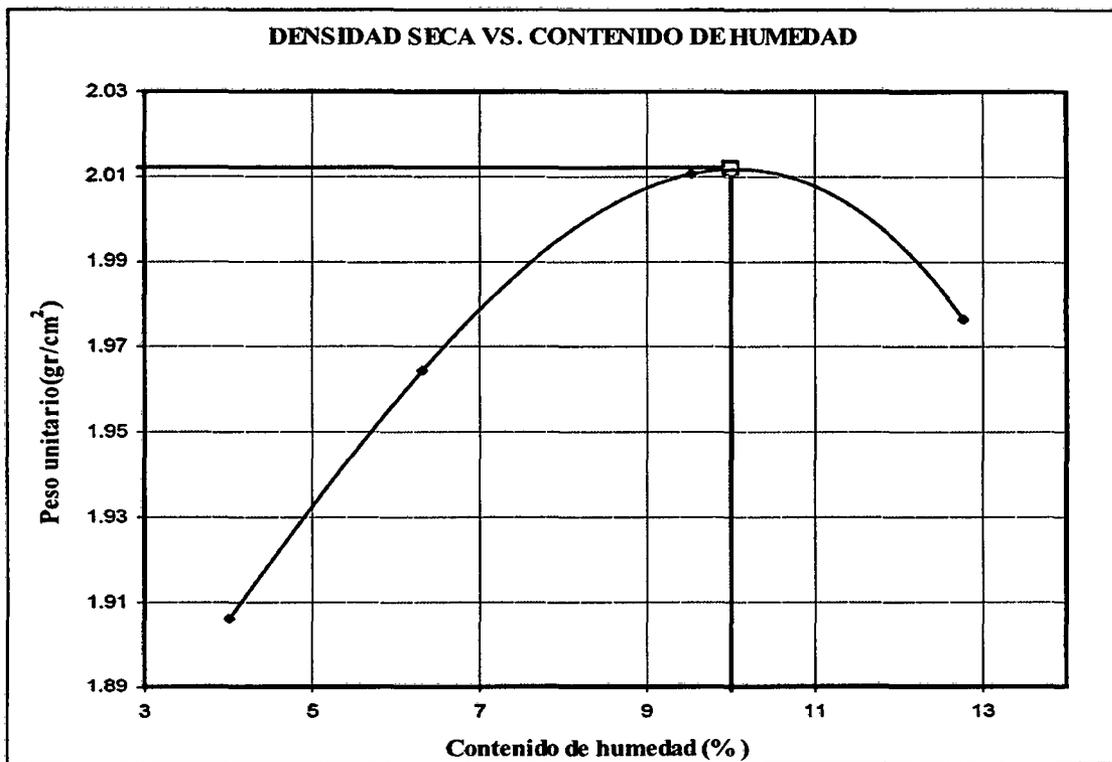


**ESTÁNDAR PROCTOR  
ASTM - D698 MÉTODO C**

**LABORATORIO DE GEOTECNIA**

Proyecto : Magistral - Minera Milpo  
 Ubicación : Conchucos - Ancash  
 Muestra N° : CAM\_PR - 10 / M-1  
 Profundidad (m) : 0.60 - 1.80  
 Area : Deposito de relaves

Prueba N°	1	2	3	4	5
Unidad de peso seco	1.906	1.964	2.011	1.976	
Contenido de humedad (%)	4	6.3	9.500	12.8	



Peso unitario seco máximo (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.012  
 Contenido de humedad óptima (%) : 10.000  
 Peso unitario seco máximo corregido (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.160  
 Contenido de humedad óptima corregida (%) : 7.300

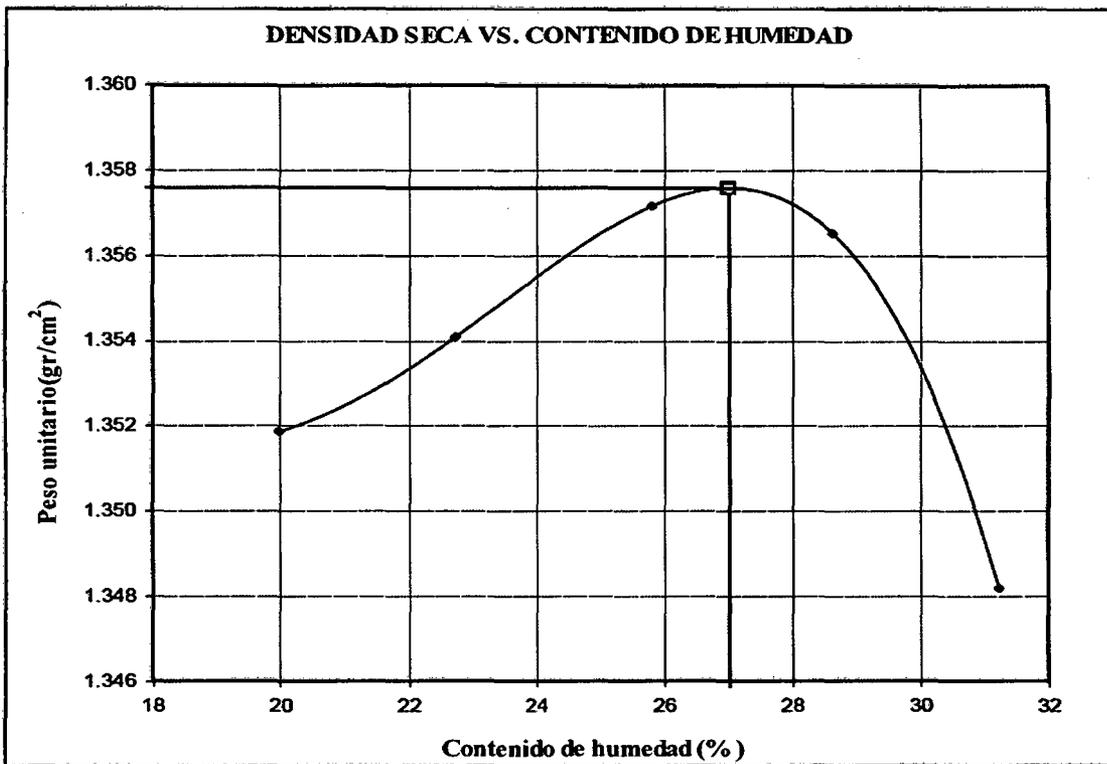


**ESTÁNDAR PROCTOR  
ASTM - D698 METODO C**

**LABORATORIO DE GEOTECNIA**

Proyecto : Magistral - Minera Milpo  
 Ubicación : Conchucos - Ancash  
 Muestra N° : CAM\_PR - 13 / M-1  
 Profundidad (m) : 0.00 - 0.70  
 Area : Deposito de relaves

Prueba N°	1	2	3	4	5
Unidad de peso seco	1.352	1.354	1.357	1.357	1.348
Contenido de humedad (%)	20	22.7	25.800	28.6	31.2



Peso unitario seco máximo (gr/cm³) : 1.358  
 Contenido de humedad optima (%) : 27.000  
 Peso unitario seco máximo corregido (gr/cm³) : 1.449  
 Contenido de humedad óptima corregida (%) : 23.400

<b>Oversize fraction</b>
Gs (Bulk) = 2.50
W (%) = 1.3

## DISTRIBUCION DEL TAMAÑO DE LAS PARTICULAS ASTM - D422

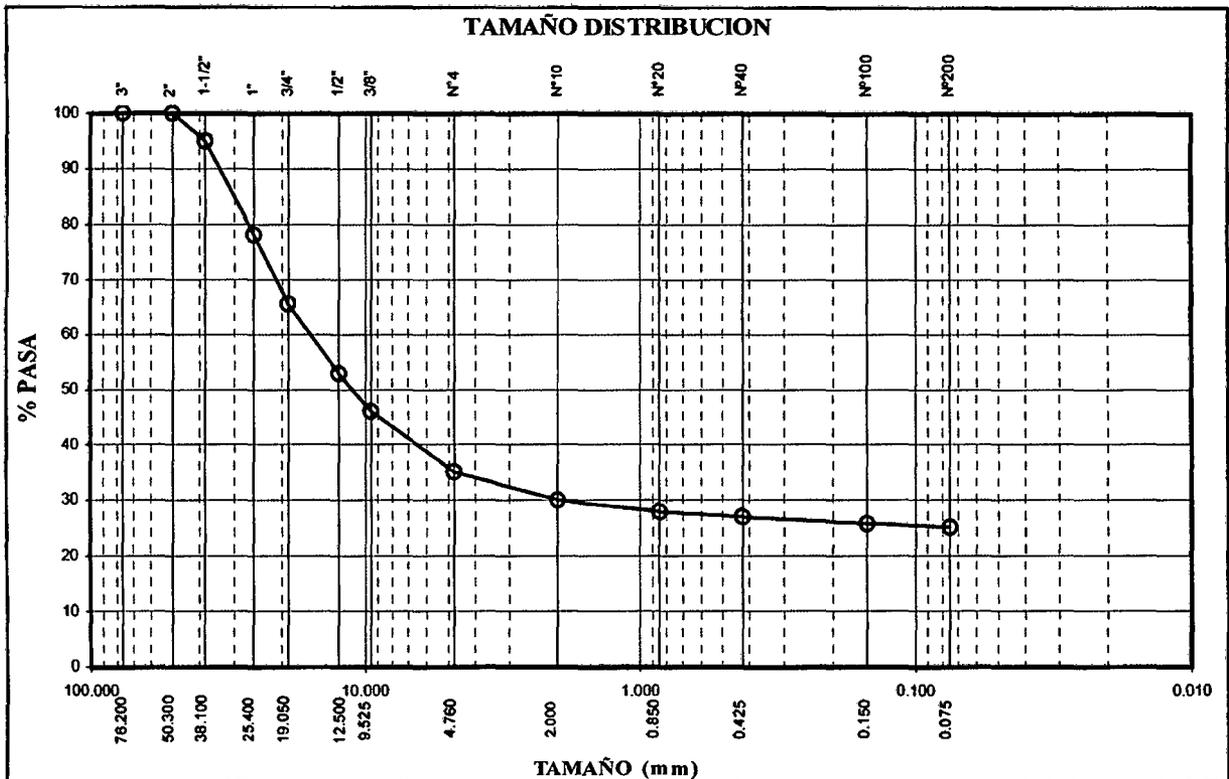
### CLASIFICACION ASTM - D2487

#### LABORATORIO DE GEOTECNIA

Proyecto : Magistral - Minera Milpo  
 Ubicación : Conchucos - Ancash  
 Muestra N° : CAM\_PR - 14 / M-1  
 Profundidad (m) : 0.70 - 1.50  
 Area : Presa de relaves

**Partículas >3" (%)** : ....  
 D<sub>10</sub>  
 Grava (%): 64.9 D<sub>30</sub> 2  
 Arena (%): 9.9 D<sub>60</sub> 15.92  
 Limos y arcilla (%): 25.1 Cu  
 Cc  
**Limites de Atterberg**  
 Límite líquido (%): 27  
 Límite plástico (%): 16  
 Índice de plasticidad (%): 11  
**Contenido de humedad (%):** 12.0  
**Clasificación SUCS:** GC

Tamiz	Tamaño (mm)	% pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.300	100.0
1 1/2"	38.100	95.0
1"	25.400	78.1
3/4"	19.050	65.6
1/2"	12.500	52.9
3/8"	9.525	46.0
N° 4	4.760	35.1
N° 10	2.000	30.0
N° 20	0.850	28.0
N° 40	0.425	27.0
N° 100	0.150	25.8
N° 200	0.075	25.1







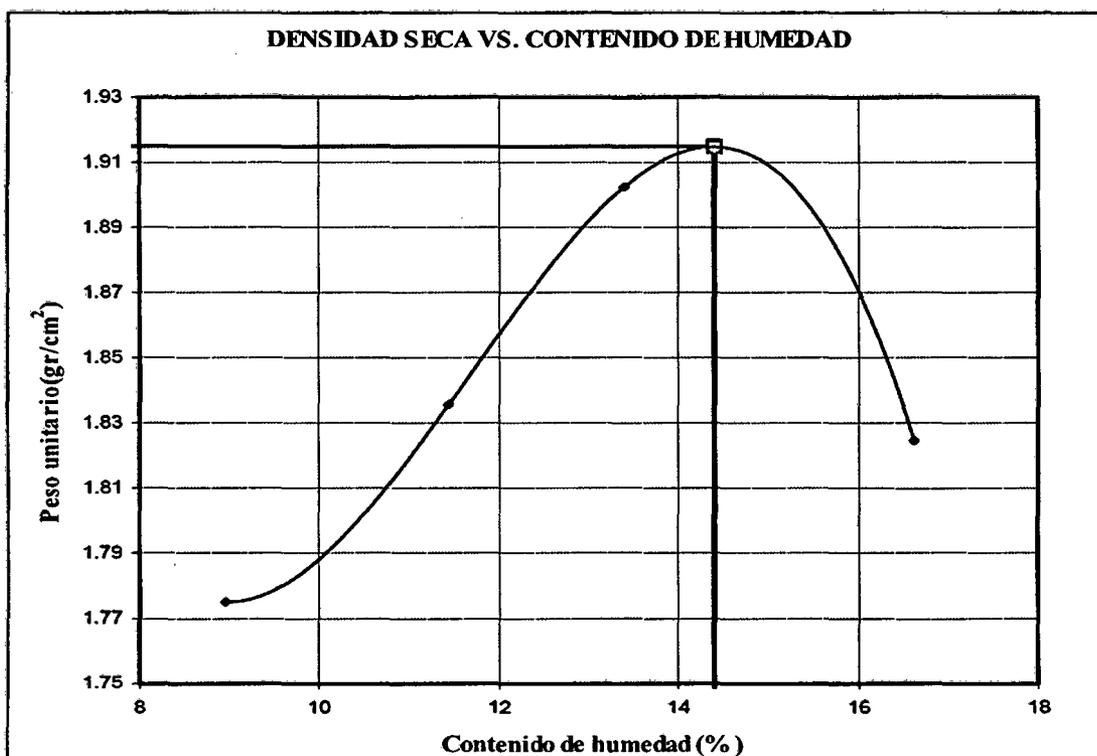


**ESTÁNDAR PROCTOR  
ASTM - D698 MÉTODO C**

**LABORATORIO DE GEOTECNIA**

Proyecto : Magistral - Minera Milpo  
 Ubicación : Conchucos - Ancash  
 Muestra N° : CAM\_PR - 16 / M-1  
 Profundidad (m) : 0.60 - 2.10  
 Area : Deposito de relaves

Prueba N°	1	2	3	4	5
Unidad de peso seco	1.775	1.836	1.902	1.825	
Contenido de humedad (%)	9	11.4	13.400	16.6	



Peso unitario seco máximo (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.915  
 Contenido de humedad optima (%) : 14.400  
 Peso unitario seco máximo corregido (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.085  
 Contenido de humedad óptima corregida (%) : 9.900

Oversize fraction
G <sub>s</sub> (Bulk) = 2.56
W (%) = 0.3



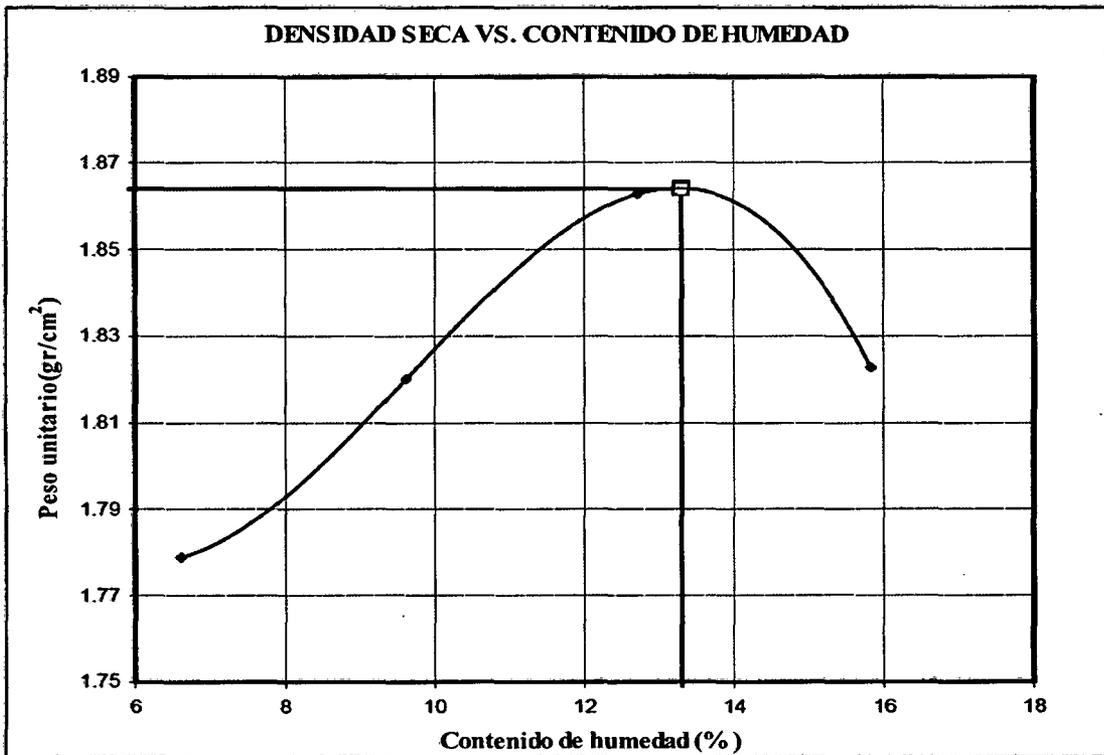


**ESTÁNDAR PROCTOR  
ASTM - D698 MÉTODO C**

**LABORATORIO DE GEOTECNIA**

Proyecto : Magistral - Minera Milpo  
 Ubicación : Conchucos - Ancash  
 Muestra N° : CAM\_PR - 19 / M-1  
 Profundidad (m) : 0.50 - 4.00  
 Area : Deposito de relaves

Prueba N°	1	2	3	4	5
Unidad de peso seco	1.779	1.82	1.863	1.823	
Contenido de humedad (%)	6.6	9.6	12.700	15.8	



Peso unitario seco máximo (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.864  
 Contenido de humedad óptima (%) : 13.300  
 Peso unitario seco máximo corregido (gr/cm<sup>3</sup>) : 2.055  
 Contenido de humedad óptima corregida (%) : 9.200

Oversize fraction
Gs (Bulk) = 2.63
W (%) = 0.6









## ANEXOS 03

### REGISTRO GEOTÉCNICO DE SONDAJES

**CLASIFICACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI 89)**

**Proyecto** : Magistral **Norte** : 9,088,660.90 **Taladro** : SG-DR-01 (PM-150)  
**Lugar** : Conchucos **Este** : 191,704.80 **Orientación** : 90°  
**Ubicación** : Depósito de relaves **Altura** : 3972.3 **Diámetro** : HQ

N°	Desde	Hasta	Long. corrida	Litología	Recuperación		RQD			Espaciado de las juntas			Cond. de la disconti.		Resistencia		Cond. aguas subt.		RMR Básico	Clase de roca	
					Long. (m)	(%)	Long. (m)	%	R	N° Fract.	Espac. (cm)	R	Categ.	R	Grado	R	Grado	R			
1	0.00	10.50	10.50	Suelo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	10.50	11.30	0.80	Cuarcita	0.72	90	0.21	26	6	5	12.00	7	18	18	R5	12	C	7	50	Regular	
3	11.30	11.60	0.30	Cuarcita	0.15	50	0.00	0	3	3	3.80	5	18	18	R5	12	C	7	45	Regular	
4	11.60	11.95	0.35	Cuarcita/ Andesita	0.30	86	0.00	0	3	6	4.30	5	25	25	R5	12	C	7	52	Regular	
5	11.95	12.35	0.40	Andesita	0.15	38	0.00	0	3	3	3.80	5	25	25	R5	12	C	7	52	Regular	
6	12.35	13.45	1.10	Andesita	1.10	100	0.38	35	7	11	9.20	6	25	25	R5	12	C	7	57	Regular	
7	13.45	14.05	0.60	Andesita	0.25	42	0.00	0	3	5	4.20	5	25	25	R5	12	C	7	52	Regular	
8	14.05	14.65	0.60	Andesita	0.25	42	0.00	0	3	5	4.20	5	25	25	R5	12	C	7	52	Regular	
9	14.65	15.15	0.50	Andesita	0.25	50	0.15	30	7	3	6.30	6	22	22	R5	12	C	7	54	Regular	
10	15.15	15.70	0.55	Cuarcita/ Andesita	0.55	100	0.38	69	13	4	11.00	7	25	25	R5	12	C	7	64	Bueneo	
11	15.70	16.30	0.60	Cuarcita	0.57	95	0.35	58	11	3	14.30	7	25	25	R5	12	C	7	62	Bueno	
12	16.30	16.95	0.65	Cuarcita	0.65	100	0.55	85	16	3	16.30	7	24	24	R5	12	C	7	66	Bueno	
13	16.95	18.35	1.40	Cuarcita	1.15	82	0.80	57	11	5	19.20	7	24	24	R5	12	C	7	61	Bueno	
14	18.35	18.65	0.30	Cuarcita	0.30	100	0.23	77	15	1	15.00	7	22	22	R5	12	C	7	63	Bueno	
15	18.65	19.15	0.50	Cuarcita/ lutita pizarra	0.50	100	0.40	80	16	2	16.70	7	16	16	R5	12	C	7	58	Bueno	
16	19.15	19.90	0.75	Cuarcita/ lutita pizarra	0.75	100	0.35	47	9	2	25.00	8	20	20	R4	7	C	7	51	Bueno	
17	19.90	20.55	0.65	Cuarcita/ lutita pizarra	0.18	28	0.11	17	5	1	9.00	6	22	22	R4	7	C	7	47	Bueno	
18	20.55	21.80	1.25	Cuarcita/ lutita pizarra	1.25	100	1.00	80	16	3	31.30	9	24	24	R3.5	4	C	7	60	Bueno	
19	21.80	23.25	1.45	Cuarcita/ lutita pizarra	1.44	99	1.40	97	19	2	48.00	10	23	23	R4	7	C	7	66	Bueno	
20	23.25	24.65	1.40	Cuarcita/ lutita pizarra	1.35	96	1.20	86	17	2	45.00	10	18	18	R3.5	4	C	7	56	Regular	
21	24.65	26.25	1.60	Cuarcita/ lutita pizarra	1.60	100	1.38	86	17	3	40.00	10	16	16	R4	7	C	7	57	Regular	
22	26.25	27.80	1.55	Cuarcita/ lutita pizarra	1.55	100	1.55	100	19	1	77.50	12	23	23	R4	7	C	7	68	Bueno	
23	27.80	29.30	1.50	Cuarcita/ lutita pizarra	1.50	100	1.50	100	20	0	150.00	17	25	25	R5	12	C	7	81	Muy bueno	
24	29.30	31.85	2.55	Cuarcita/ lutita pizarra	2.53	99	2.40	94	18	1	126.50	16	16	16	R3.5	4	C	7	61	Bueno	
25	31.85	34.15	2.30	Cuarcita/ lutita pizarra	2.30	100	2.20	96	19	3	57.50	11	23	23	R3.5	4	C	7	64	Bueno	
26	34.15	37.15	3.00	Cuarcita/ lutita pizarra	3.00	100	3.00	100	20	1	150.00	17	24	24	R4	7	C	7	75	Bueno	
27	37.15	38.30	1.15	Cuarcita/ lutita pizarra	1.15	100	1.00	87	17	2	38.30	9	23	23	R4	7	C	7	63	Bueno	
28	38.30	41.30	3.00	Cuarcita/ lutita pizarra	2.96	99	2.96	99	19	0	296.00	20	25	25	R5	12	C	7	83	Muy bueno	
29	41.30	43.60	2.30	Lutita pizarra/ Cuarcita	2.25	98	1.85	80	16	3	56.30	11	21	21	R5	12	C	7	67	Bueno	
30	43.60	45.60	2.00	Lutita pizarra/ Cuarcita	2.00	100	2.00	100	20	1	100.00	14	23	23	R5	12	C	7	76	Bueno	

**CLASIFICACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI 89)**

Proyecto	: Magistral	Norte	: 9,088,660.90	Taladro	: SG-DR-01 (PM-150)
lugar	: Conchucos	Este	: 191,704.80	Orientación	: 90°
Ubicación	: Depósito de relaves	Altura	: 3972.3	Diámetro	: HQ

N°	Desde	Hasta	Long. corrida	Litología	Recuperación		RQD			Espaciado de las juntas			Cond. de la disconti.		Resistencia		Cond. aguas subt.		RMR Básico	Clase de roca
					Long. (m)	(%)	Long. (m)	%	R	N° Fract.	Espac. (cm)	R	Categ.	R	Grado	R	Grado	R		
31	45.60	47.30	1.70	Lutita pizarra/ Cuarcita	1.70	100	1.70	100	20	0	170.00	18	25	25	R5	12	C	7	82	Muy bueno
32	47.30	50.30	3.00	Lutita pizarra/ Cuarcita	3.00	100	3.00	100	20	1	150.00	17	22	22	R5	12	C	7	78	Bueno
33	50.30	52.70	2.40	Lutita pizarra/ Cuarcita	2.40	100	2.40	100	19	2	80.00	13	22	22	R5	12	C	7	73	Bueno
34	52.70	54.30	1.60	Lutita pizarra/ Cuarcita	1.59	99	1.52	95	19	2	53.00	11	20	20	R5	12	C	7	69	Bueno
35	54.30	56.30	2.00	Lutita pizarra/ Cuarcita	2.00	100	1.83	92	18	2	66.70	12	18	18	R6	15	C	7	70	Bueno
36	56.30	59.30	3.00	Lutita pizarra/ Cuarcita	2.94	98	2.94	98	19	1	147.00	17	20	20	R5	12	C	7	75	Bueno
37	59.30	61.60	2.30	Lutita pizarra/ Cuarcita	2.30	100	1.88	82	16	2	76.70	12	18	18	R5	12	C	7	65	Bueno
38	61.60	63.80	2.20	Lutita pizarra/ Cuarcita	2.15	98	2.15	98	19	2	71.70	12	22	22	R5	12	C	7	72	Bueno
39	63.80	64.60	0.80	Lutita pizarra/ Cuarcita	0.80	100	0.53	66	13	3	20.00	8	22	22	R4	7	C	7	57	Regular
40	64.60	65.20	0.60	Cuarcita/ dique tardío	0.60	100	0.60	100	19	0	60.00	11	23	23	R4	7	C	7	67	Bueno
41	65.20	66.85	1.65	Dique tardío	1.65	100	1.49	90	18	2	55.00	11	23	23	R4	7	C	7	66	Bueno
42	66.85	68.30	1.45	Dique tardío	1.45	100	0.96	66	13	4	29.00	8	24	24	R6	15	C	7	67	Bueno
43	68.30	69.05	0.75	Dique tardío	0.75	100	0.75	100	20	5	12.50	7	24	24	R4	7	C	7	65	Bueno
44	69.05	71.30	2.25	Late dike	2.17	96	2.00	89	17	3	54.30	11	25	25	R4	7	C	7	67	Bueno
45	71.30	71.70	0.40	Cuarcita	0.38	95	0.00	0	3	4	7.60	6	23	23	R4	7	C	7	46	Regular
46	71.70	72.40	0.70	Cuarcita/ Falla	0.50	71	0.30	43	8	2	16.70	7	21	21	R3.5	4	C	7	47	Regular
47	72.40	73.60	1.20	Falla/ Cuarcita	0.50	42	0.14	12	4	5	8.30	6	16	16	R3.5	4	C	7	37	Malo
48	73.60	74.10	0.50	Cuarcita	0.40	80	0.10	20	5	2	13.30	7	22	22	R4	7	C	7	48	Regular
49	74.10	74.60	0.50	Cuarcita	0.45	90	0.45	90	18	0	45.00	10	25	25	R5	12	C	7	72	Bueno
50	74.60	75.25	0.65	Cuarcita	0.65	100	0.25	38	8	8	7.20	6	23	23	R4	7	C	7	51	Regular
51	75.25	75.90	0.65	Cuarcita	0.64	98	0.64	98	19	0	64.00	11	25	25	R5	12	C	7	74	Bueno
52	75.90	76.40	0.50	Cuarcita	0.50	100	0.50	100	20	0	50.00	11	25	25	R5	12	C	7	75	Bueno
53	76.40	77.60	1.20	Cuarcita	1.17	98	0.73	61	12	3	29.30	8	25	25	R4	7	C	7	59	Regular
54	77.60	78.45	0.85	Cuarcita	0.54	64	0.54	64	12	0	54.00	11	15	15	R3.5	4	C	7	49	Regular
55	78.45	79.40	0.95	Cuarcita/ Andesita	0.95	100	0.95	100	19	0	95.00	14	24	24	R5	12	C	7	76	Bueno
56	79.40	81.00	1.60	Andesita	1.55	97	1.55	97	19	0	155.00	17	25	25	R5	12	C	7	80	Bueno
57	81.00	81.90	0.90	Andesita	0.90	100	0.70	78	15	0	90.00	13	23	23	R5	12	C	7	70	Bueno
58	81.00	82.80	1.80	Andesita	0.80	44	0.73	41	8	1	40.00	10	23	23	R5	12	C	7	60	Regular
59	82.80	84.10	1.30	Lutita pizarra/ Cuarcita	1.30	100	1.14	88	17	12	10.00	7	22	22	R3.5	4	C	7	57	Regular
60	84.10	86.30	2.20	Arenisca	2.20	100	2.20	100	19	0	220.00	20	25	25	R3.5	4	C	7	75	Bueno



**CLASIFICACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI 89)**

Proyecto	: Magistral	Norte	: 9,088,660.90	Taladro	: SG-DR-01 (PM-150)
Lugar	: Conchucos	Este	: 191,704.80	Orientación	: 90°
Ubicación	: Depósito de relaves	Altura	: 3972.3	Diámetro	: HQ

N°	Desde	Hasta	Long. corrida	Litología	Recuperación		RQD			Espaciado de las juntas			Cond. de la disconti.		Resistencia		Cond. aguas subt.		RMR Básico	Clase de roca
					Long. (m)	(%)	Long. (m)	%	R	N° Fract.	Espac. (cm)	R	Categ.	R	Grado	R	Grado	R		
91	118	118.75	0.75	Cuarcita	0.5	67	0	0	3	10	-	-	1	1	R2	-	-	-	-	-
92	118.75	119.65	0.9	Cuarcita	0.6	67	0	0	3	15	-	-	1	1	R2	-	-	-	-	-
93	119.65	120	0.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
94	120	120.7	0.7	Cuarcita	0.3	43	0	0	3	12	-	-	10	10	R2	-	-	-	-	-
95	120.7	121.5	0.8	Cuarcita	0.3	38	0	0	3	12	-	-	10	10	R2	-	-	-	-	-
96	121.5	122.8	1.3	Cuarcita	0.1	-	0	0	3	-	-	5	0	0	R1	1	C	7	16	Muy malo
97	122.8	123.55	0.75	Cuarcita	0.15	-	0	0	3	-	-	5	0	0	R1	1	C	7	16	Muy malo
98	123.55	125	1.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
99	125	126.2	1.2	Cuarcita	0.4	33	0	0	3	16	-	-	10	10	R2	-	-	-	-	-
100	126.2	127.15	0.95	Cuarcita	0.3	32	0	0	3	12	-	-	10	10	R2	-	-	-	-	-
101	127.15	128.4	1.25	Cuarcita	0.55	44	0	0	3	20	-	-	12	12	R2	-	-	-	-	-
102	128.4	129.25	0.85	Bf	0.1	12	0	0	3	-	-	5	0	0	R0	0	C	7	15	Muy malo
103	129.25	130.3	1.05	Cuarcita	0.75	71	0.75	71	14	0	75	12	20	20	R2.5	2	C	7	55	Regular
104	130.3	131.45	1.15	Cuarcita	0.9	78	0.9	78	15	0	90	13	18	18	R2	2	C	7	55	Regular
105	131.45	132.8	1.35	Cuarcita	1.2	89	1.2	89	17	0	120	15	20	20	R2.5	2	C	7	61	Bueno
106	132.8	134.1	1.3	Cuarcita	1.27	98	1.27	98	19	0	127	16	20	20	R2.5	2	C	7	64	Bueno
107	134.1	135.2	1.1	Cuarcita	0.52	47	0.52	47	9	0	52	11	20	20	R3	4	C	7	51	Regular
108	135.2	136.2	1	Cuarcita	0.3	30	No recuperada												-	-
109	136.2	137.55	1.35	Cuarcita	1	74	0.95	70	14	0	100	14	20	20	R3.5	4	C	7	59	Regular
110	137.55	139	1.45	Cuarcita	1.45	100	1.45	100	20	0	145	17	16	16	R3	4	C	7	64	Bueno
111	139	140.6	1.6	Cuarcita	1.6	100	1.6	100	20	0	160	18	20	20	R2.5	2	C	7	67	Bueno
112	140.6	142.1	1.5	Arenisca	1.08	72	1.08	72	14	0	108	14	20	20	R2.5	2	C	7	57	Regular
113	142.1	143.35	1.25	Arenisca	1	80	1	80	16	0	100	14	20	20	R3	4	C	7	61	Bueno
114	143.35	144.25	0.9	Arenisca	0.55	61	0.55	61	12	0	55	11	20	20	R3	4	C	7	54	Regular
115	144.25	145.55	1.3	Arenisca	1.25	96	1.25	96	19	1	62.5	11	20	20	R3	4	C	7	61	Bueno
116	145.55	146.65	1.1	Arenisca	1.1	100	1.1	100	20	0	110	15	20	20	R3	4	C	7	66	Bueno
117	146.65	147.4	0.75	Arenisca	0.55	73	0.55	73	14	0	55	11	20	20	R3	4	C	7	56	Regular
118	147.4	149.2	1.8	Arenisca	1.75	97	1.75	97	19	2	58.3	11	23	23	R4	7	C	7	67	Bueno
119	149.2	150.3	1.1	Arenisca	0.65	59	0.65	59	11	0	65	12	23	23	R4	7	C	7	60	Regular

**CLASIFICACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI 89)**

**Proyecto** : Magistral **Norte** : 9,088,660.90 **Taladro** : SG-DR-02 (PM-107)  
**lugar** : Conchucos **Este** : 191,704.80 **Orientación** : 90°  
**Ubicación** : Depósito de relaves **Altura** : 3972.3 **Diámetro** : HQ

N°	Desde	Hasta	Long. corrida	Litología	Recuperación		RQD			Espaciado de las juntas			Cond. de la disconti.		Resistencia		Cond. aguas subt.		RMR Básico	Clase de roca	
					Long. (m)	(%)	Long. (m)	%	R	N° Fract.	Espac. (cm)	R	Categ.	R	Grado	R	Grado	R			
1	0.00	15.10	15.10	Suelo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	15.10	15.90	0.80	Cuarcita	0.80	100	0.67	84	16	2	26.70	8	10	10	R4	7	C	7	48	Regular	
3	15.90	17.40	1.50	Cuarcita	1.15	77	0.85	57	11	2	38.30	9	4	4	R4	7	C	7	38	Malo	
4	17.40	18.90	1.50	Cuarcita	1.28	85	0.72	48	9	9	12.80	7	12	12	R4	7	C	7	42	Regular	
5	18.90	19.70	0.80	Cuarcita	0.80	100	0.36	45	8	4	16.00	7	12	12	R4	7	C	7	41	Regular	
6	19.70	21.20	1.50	Cuarcita	1.30	87	0.72	48	9	5	21.70	8	14	14	R4	7	C	7	45	Regular	
7	21.20	21.90	0.70	Cuarcita	0.65	93	0.44	63	12	3	16.30	7	16	16	R5	12	C	7	54	Regular	
8	21.90	23.10	1.20	Cuarcita	1.13	94	0.57	47	9	5	18.80	7	15	15	R4	7	C	7	45	Regular	
9	23.10	24.20	1.10	Cuarcita	0.66	60	0.30	27	6	3	16.50	7	23	23	R4	7	C	7	50	Regular	
10	24.20	24.90	0.70	Cuarcita	0.70	100	0.10	14	4	10	6.40	6	14	14	R4	7	C	7	38	Malo	
11	24.90	25.55	0.65	Cuarcita	0.38	58	0.00	0	3	4	7.60	6	12	12	R4	7	C	7	35	Malo	
12	25.55	26.40	0.85	Cuarcita	0.85	100	0.71	84	16	2	28.30	8	16	16	R4	7	C	7	54	Regular	
13	26.40	27.90	1.50	Cuarcita	1.50	100	1.25	83	16	4	30.00	9	22	22	R4	7	C	7	61	Bueno	
14	27.90	29.40	1.50	Cuarcita	1.50	100	1.44	96	19	1	75.00	12	24	24	R4	7	C	7	69	Bueno	
15	29.40	30.90	1.50	Cuarcita	1.50	100	1.22	81	16	1	75.00	12	0	0	R4	7	C	7	42	Regular	
16	30.90	32.40	1.50	Cuarcita/ dique tardío	1.37	91	1.00	67	13	5	22.80	8	9	9	R5	12	C	7	49	Regular	
17	32.40	33.90	1.50	Dique tardío/ Cuarcita	1.50	100	1.28	85	17	6	21.40	8	14	14	R4	7	C	7	53	Regular	
18	33.90	35.30	1.40	Cuarcita	1.31	94	0.77	55	11	7	16.40	7	8	8	R4	7	C	7	40	Malo	
19	35.30	36.90	1.60	Cuarcita	1.58	99	1.47	92	18	2	52.70	11	10	10	R4	7	C	7	53	Regular	
20	36.90	37.80	0.90	Cuarcita	0.82	91	0.70	78	15	1	41.00	10	16	16	R4	7	C	7	55	Regular	
21	37.80	39.20	1.40	Cuarcita	1.30	93	1.20	86	17	1	65.00	12	18	18	R3.5	4	C	7	58	Regular	
22	39.20	39.90	0.70	Cuarcita	0.60	86	0.11	16	5	6	8.60	6	23	23	R3.5	4	C	7	45	Regular	
23	39.90	40.90	1.00	Cuarcita	0.89	89	0.13	13	4	11	7.40	6	21	21	R3.5	4	C	7	42	Regular	
24	40.90	42.40	1.50	Cuarcita	1.44	96	0.60	40	8	11	12.00	7	22	22	R3.5	4	C	7	48	Regular	
25	42.40	43.50	1.10	Cuarcita	1.10	100	0.65	59	11	5	18.30	7	22	22	R3.5	4	C	7	51	Regular	
26	43.50	44.50	1.00	Cuarcita	0.90	90	0.66	66	13	3	22.50	8	22	22	R3.5	4	C	7	54	Regular	
27	44.50	45.90	1.40	Cuarcita	1.40	100	1.24	89	17	3	35.00	9	21	21	R4	7	C	7	61	Bueno	
28	45.90	47.45	1.55	Cuarcita	1.55	100	1.47	95	18	4	31.00	9	24	24	R4	7	C	7	65	Bueno	
29	47.45	48.90	1.45	Cuarcita	1.41	97	0.99	68	13	7	17.60	7	20	20	R5	12	C	7	59	Regular	
30	48.90	50.45	1.55	Cuarcita	1.55	100	1.47	95	18	2	51.70	11	20	20	R4	7	C	7	63	Bueno	

**CLASIFICACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI 89)**

Proyecto	: Magistral	Norte	: 9,088,660.90	Taladro	: SG-DR-02 (PM-107)
Lugar	: Conchucos	Este	: 191,704.80	Orientación	: 90°
Ubicación	: Depósito de relaves	Altura	: 3972.3	Diámetro	: HQ

N°	Desde	Hasta	Long. corrida	Litología	Recuperación		RQD			Espaciado de las juntas			Cond. de la disconti.		Resistencia		Cond. aguas subt.		RMR Básico	Clase de roca
					Long. (m)	(%)	Long. (m)	%	R	N° Fract.	Espac. (cm)	R	Categ.	R	Grado	R	Grado	R		
31	50.45	51.9	1.45	Cuarcita	1.44	99	1.23	85	16	2	48	10	25	25	R4	7	C	7	65	Bueno
32	51.9	52.75	0.85	Cuarcita	0.84	99	0.84	99	19	0	84	13	26	26	R4	7	C	7	72	Bueno
33	52.75	54.35	1.6	Cuarcita	1.5	94	1	62	12	6	21.4	8	23	23	R4	7	C	7	57	Regular
34	54.35	54.7	0.35	Cuarcita	0.35	100	0.35	100	19	0	35	9	25	25	R4	7	C	7	67	Bueno
35	54.7	56.1	1.4	Cuarcita	1.4	100	1.08	77	15	5	23.3	8	24	24	R4	7	C	7	61	Bueno
36	56.1	57.6	1.5	Cuarcita	1.5	100	0.22	15	4	5	25	8	23	23	R4	7	C	7	49	Regular
37	57.6	58.45	0.85	Cuarcita	0.83	98	0.83	98	19	0	83	13	26	26	R4	7	C	7	72	Bueno
38	58.45	59.35	0.9	Cuarcita	0.88	98	0.78	87	17	1	44	10	24	24	R4	7	C	7	65	Bueno
39	59.35	60.9	1.55	Cuarcita	1.55	100	1.37	88	17	2	51.7	11	24	24	R3.5	4	C	7	63	Bueno
40	60.9	61.55	0.65	Cuarcita	0.65	100	0.58	89	17	2	21.7	8	24	24	R3	4	C	7	60	Regular
41	61.55	62.5	0.95	Cuarcita	0.95	100	0.73	77	15	2	31.7	9	18	18	R3.5	4	C	7	53	Regular
42	62.5	63.9	1.4	Cuarcita	1.4	100	1.33	95	19	2	46.7	10	24	24	R3.5	4	C	7	64	Bueno
43	63.9	65.4	1.5	Cuarcita	1.4	93	0.75	50	9	7	17.5	7	19	19	R3	4	C	7	46	Regular
44	65.4	66.5	1.1	Cuarcita	1.05	95	0.51	46	9	7	13.1	7	22	22	R3	4	C	7	49	Regular
45	66.5	66.78	0.28	Cuarcita	0.23	82	0	0	3	3	5.8	5	8	8	R3.5	4	C	7	27	Malo
46	66.78	66.9	0.12	Cuarcita/ Brecha	0.12	100	0.11	92	18	0	12	7	23	23	R3	4	C	7	59	Regular
47	66.9	67.6	0.7	Brecha/ Cuarcita	0.6	86	0.23	33	7	5	10	7	22	22	R3	4	C	7	47	Regular
48	67.6	69.1	1.5	Brecha/ Cuarcita	1.45	97	1.25	83	16	3	36.3	9	24	24	R4	7	C	7	63	Bueno
49	69.1	69.9	0.8	Brecha/ Cuarcita	0.8	100	0.73	91	18	4	16	7	22	22	R3.5	4	C	7	58	Regular
50	69.9	71.4	1.5	Brecha/ Cuarcita	1.5	100	0.88	59	11	7	18.8	7	20	20	R3.5	4	C	7	49	Regular
51	71.4	72.9	1.5	Brecha/ Cuarcita	1.4	93	1.15	77	15	3	35	9	21	21	R3.5	4	C	7	56	Regular
52	72.9	73.55	0.65	Cuarcita/ Falla	0.65	100	0.65	100	20	2	21.7	8	21	21	R4	7	C	7	63	Bueno
53	73.55	73.7	0.15	Fault/ dique tardío	0.13	87	0	0	3	-	-	5	0	0	R0	0	C	7	15	Muy malo
54	73.7	74.7	1	Dique tardío	0.75	75	0.22	22	5	6	10.7	7	22	22	R3.5	4	C	7	45	Regular
55	74.7	75.45	0.75	Dique tardío/ Falla	0.68	91	0.32	43	8	6	9.7	6	21	21	R3	4	C	7	46	Regular
56	75.45	75.9	0.45	Falla/ Skarn	0.1	22	0	0	3	-	-	5	0	0	R0	0	C	7	15	Muy malo
57	75.9	76.55	0.65	Skarn	0.6	92	0	0	3	-	-	5	0	0	R0.5	0	C	7	15	Muy malo
58	76.55	77.5	0.95	Skarn/ Cuarcita	0.85	89	0.7	74	14	2	28.3	8	20	20	R2	2	C	7	51	Regular
59	77.5	78.65	1.15	Cuarcita	1.05	91	0.5	43	8	8	11.7	7	20	20	R2	2	C	7	44	Regular
60	78.65	80.2	1.55	Cuarcita	1.55	100	1.28	83	16	4	31	9	19	19	R4	7	C	7	58	Regular

**CLASIFICACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI 89)**

**Proyecto** : Magistral **Norte** : 9,088,660.90 **Taladro** : SG-DR-02 (PM-107)  
**Lugar** : Conchucos **Este** : 191,704.80 **Orientación** : 90°  
**Ubicación** : Depósito de relaves **Altura** : 3972.3 **Diámetro** : HQ

N°	Desde	Hasta	Long. corrida	Litología	Recuperación		RQD			Espaciado de las juntas			Cond. de la disconti.		Resistencia		Cond. aguas subt.		RMR Básico	Clase de roca
					Long. (m)	(%)	Long. (m)	%	R	N° Fract.	Espac. (cm)	R	Categ.	R	Grado	R	Grado	R		
61	80.20	81.80	1.60	Cuarcita	1.60	100	1.27	79	15	4	32.00	9	20	20	R4	7	C	7	58	Regular
62	81.80	83.15	1.35	Cuarcita	1.35	100	1.14	84	16	3	33.80	9	19	19	R4	7	C	7	58	Regular
63	83.15	84.55	1.40	Cuarcita	1.20	86	0.40	29	6	9	12.00	7	19	19	R4	7	C	7	46	Regular
64	84.55	85.95	1.40	Cuarcita	1.35	96	1.20	86	17	4	27.00	8	17	17	R5	12	C	7	61	Bueno
65	85.95	87.10	1.15	Cuarcita	0.98	85	0.62	54	10	6	14.00	7	20	20	R4	7	C	7	51	Regular
66	87.10	87.90	0.80	Cuarcita	0.52	65	0.15	19	5	3	13.00	7	20	20	R4	7	C	7	46	Regular
67	87.90	89.30	1.40	Cuarcita	1.35	96	1.06	76	15	4	27.00	8	20	20	R3.5	4	C	7	54	Regular
68	89.30	90.10	0.80	Cuarcita	0.80	100	0.61	76	15	3	20.00	8	22	22	R3.5	4	C	7	56	Regular
69	90.10	90.90	0.80	Cuarcita	0.15	19	0.00	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70	90.90	92.35	1.45	Cuarcita	1.37	94	1.09	75	15	4	27.40	8	23	23	R3.5	4	C	7	57	Regular
71	92.35	92.65	0.30	Cuarcita	0.30	100	0.25	83	16	1	15.00	7	24	24	R3.5	4	C	7	58	Regular
72	92.65	92.90	0.25	Cuarcita	0.22	88	0.00	0	3	3	5.50	5	18	18	R3	4	C	7	37	Malo
73	92.90	93.90	1.00	Cuarcita	0.90	90	0.55	55	11	5	15.00	7	23	23	R3	4	C	7	52	Regular
74	93.90	94.40	0.50	Cuarcita	0.50	100	0.00	0	3	7	6.30	6	21	21	R3.5	4	C	7	41	Regular
75	94.40	95.10	0.70	Cuarcita	0.70	100	0.61	87	17	2	23.30	8	20	20	R5.5	12	C	7	64	Bueno
76	95.10	95.70	0.60	Cuarcita	0.55	92	0.38	63	12	1	27.50	8	22	22	R3.5	4	C	7	53	Regular
77	95.70	96.90	1.20	Cuarcita	1.15	96	0.52	43	8	5	19.20	7	18	18	R3	4	C	7	44	Regular
78	96.90	98.40	1.50	Cuarcita	1.45	97	0.95	63	12	6	20.70	8	16	16	R3	4	C	7	47	Regular
79	98.40	98.70	0.30	Cuarcita/ dique tardío	0.28	93	0.18	60	12	2	9.30	6	10	10	R3	4	C	7	39	Malo
80	98.70	99.70	1.00	Dique tardío/ Cuarcita	0.53	53	0.25	25	6	4	10.60	7	20	20	R3	4	C	7	44	Regular
81	99.70	99.80	0.10	Cuarcita	0.10	100	0.00	0	3	1	5.00	5	20	20	R3	4	C	7	39	Malo
82	99.80	100.50	0.70	Cuarcita	0.65	93	0.55	79	15	13	4.60	5	22	22	R3.5	4	C	7	53	Regular
83	100.50	102.10	1.60	Cuarcita	1.52	95	1.36	85	17	5	25.30	8	24	24	R4	7	C	7	63	Bueno
84	102.10	103.70	1.60	Cuarcita	1.60	100	1.54	96	19	1	80.00	13	25	25	R5	12	C	7	76	Bueno
85	103.70	105.30	1.60	Cuarcita	1.52	95	1.50	94	18	1	76.00	12	25	25	R4	7	C	7	69	Bueno
86	105.30	107.00	1.60	Cuarcita	1.60	100	1.60	100	19	1	80.00	13	25	25	R4	7	C	7	71	Bueno

### CLASIFICACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI 89)

Proyecto	: Magistral	Norte	: 9,088,660.90	Taladro	: SG-PR-01 (PM-100)
Lugar	: Conchucos	Este	: 191,704.80	Orientación	: 90°
Ubicación	: Presa de relaves	Altura	: 3972.3	Diámetro	: HQ

N°	Desde	Hasta	Long. corrida	Litología	Recuperación		RQD			Espaciado de las juntas			Cond. de la disconti.		Resistencia		Cond. aguas subt.		RMR Básico	Clase de roca	
					Long. (m)	(%)	Long. (m)	%	R	N° Fract.	Espac. (cm)	R	Categ.	R	Grado	R	Grado	R			
1	0.00	70.00	70.00	Suelo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	70.00	71.40	1.40	Caliza	1.47	105	1.37	98	19	4	29.40	8	10	10	R4	7	C	7	51	Regular	
3	71.40	72.90	1.50	Caliza	1.50	100	1.44	96	19	2	50.00	11	20	20	R5	12	C	7	69	Bueno	
4	72.90	74.40	1.50	Caliza	1.47	98	1.32	88	17	2	49.00	10	18	18	R4	7	C	7	59	Regular	
5	74.40	75.90	1.50	Caliza	1.30	87	1.08	72	14	5	21.70	8	15	15	R4	7	C	7	51	Regular	
6	75.90	77.40	1.50	Caliza	1.22	81	0.92	61	12	2	40.70	10	17	17	R3.5	4	C	7	50	Regular	
7	77.40	78.80	1.40	Caliza	1.40	100	1.09	78	15	8	15.60	7	12	12	R3.5	4	C	7	45	Regular	
8	78.80	80.30	1.50	Caliza	1.47	98	1.30	87	17	5	24.50	8	12	12	R4	7	C	7	51	Regular	
9	80.30	81.90	1.60	Caliza	1.54	96	1.13	71	14	5	25.70	8	18	18	R5	12	C	7	59	Regular	
10	81.90	83.40	1.50	Caliza	1.47	98	1.32	88	17	3	36.80	9	15	15	R5	12	C	7	60	Regular	
11	83.40	84.90	1.50	Caliza	1.40	93	1.10	73	14	3	35.00	9	18	18	R5	12	C	7	60	Regular	
12	84.90	86.40	1.50	Caliza	1.53	102	1.32	88	17	4	30.60	9	22	22	R5	12	C	7	67	Bueno	
13	86.40	87.90	1.50	Caliza	1.50	100	1.30	87	17	4	30.00	9	18	18	R4	7	C	7	58	Regular	
14	87.90	89.10	1.20	Caliza	1.20	100	0.86	72	14	6	17.10	7	20	20	R4	7	C	7	55	Regular	
15	89.10	90.70	1.60	Caliza	1.45	91	1.10	69	13	6	20.70	8	19	19	R4	7	C	7	54	Regular	
16	90.70	92.30	1.60	Caliza	1.60	100	1.10	69	13	6	22.90	8	20	20	R3.5	4	C	7	52	Regular	
17	92.30	93.90	1.60	Caliza	1.60	100	1.34	84	16	3	40.00	10	20	20	R3.5	4	C	7	57	Regular	
18	93.90	95.40	1.50	Caliza	1.50	100	1.40	93	18	1	75.00	12	22	22	R3.5	4	C	7	63	Bueno	
19	95.40	96.90	1.50	Caliza	1.50	100	1.45	97	19	1	75.00	12	20	20	R3.5	4	C	7	62	Bueno	
20	96.90	98.40	1.50	Caliza	1.50	100	1.24	83	16	2	50.00	11	12	12	R3.5	4	C	7	50	Regular	
21	98.40	100.00	1.60	Caliza	1.58	99	1.40	88	17	0	158.00	17	25	25	R3.5	4	C	7	70	Bueno	

### CLASIFICACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI 89)

Proyecto	: Magistral	Norte	: 9,088,224.60	Taladro	: SG-PR-02 (PM-100)
lugar	: Conchucos	Este	: 191,088.30	Orientación	: 90°
Ubicación	: Presa de relaves	Altura	: 3,895.40	Diámetro	: HQ

N°	Desde	Hasta	Long. corrida	Litología	Recuperación		RQD			Espaciado de las juntas			Cond. de la disconti.		Resistencia		Cond. aguas subt.		RMR Básico	Clase de roca	
					Long. (m)	(%)	Long. (m)	%	R	N° Fract.	Espac. (cm)	R	Categ.	R	Grado	R	Grado	R			
1	0	18.55	18.55	Suelo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	18.55	19.9	1.35	Caliza	1.35	100	1.2	89	17	4	27	8	20	20	R4	7	C	7	59	Regular	
3	19.9	21.4	1.5	Caliza	1.2	80	0.9	60	12	6	17.1	7	14	14	R3.5	4	C	7	44	Regular	
4	21.4	22.9	1.5	Caliza	1.39	93	1.24	83	16	6	19.9	7	12	12	R4	7	C	7	49	Regular	
5	22.9	24.4	1.5	Caliza	1.15	77	1.05	70	14	4	23	8	20	20	R4	7	C	7	56	Regular	
6	24.4	25.9	1.5	Caliza	1.45	97	1.4	93	18	3	36.3	9	22	22	R3	4	C	7	60	Regular	
7	25.9	27.4	1.5	Caliza/dique tardío	1.43	95	1.43	95	19	3	35.8	9	23	23	R4.5	7	C	7	65	Bueno	
8	27.4	28.9	1.5	Caliza/dique tardío	1.5	100	1.32	88	17	6	21.4	8	22	22	R4	7	C	7	61	Bueno	
9	28.9	30.4	1.5	Caliza/dique tardío	1.45	97	1.45	97	19	1	72.5	12	22	22	R4	7	C	7	67	Bueno	
10	30.4	31.9	1.5	Dique tardío/ Caliza	1.34	89	1.24	83	16	5	22.3	8	19	19	R2.5	2	C	7	52	Regular	
11	31.9	33.5	1.6	Caliza	1.5	94	1.18	74	14	8	16.7	7	20	20	R2.5	2	C	7	50	Regular	
12	33.5	35	1.5	Caliza	1.5	100	1.46	97	19	2	50	11	20	20	R3	4	C	7	61	Bueno	
13	35	36.5	1.5	Caliza	1.5	100	1.5	100	20	0	150	17	20	20	R3	4	C	7	68	Bueno	
14	36.5	38	1.5	Caliza	1.5	100	1.41	94	18	3	37.5	9	22	22	R3	4	C	7	60	Regular	
15	38	39.5	1.5	Caliza	1.5	100	1.5	100	20	0	150	17	22	22	R4.5	7	C	7	73	Bueno	
16	39.5	41	1.5	Caliza	1.5	100	1.5	100	20	0	150	17	23	23	R4.5	7	C	7	74	Bueno	
17	41	42.5	1.5	Caliza	1.5	100	1.5	100	20	1	75	12	22	22	R4	7	C	7	68	Bueno	
18	42.5	44	1.5	Caliza	1.5	100	1.5	100	20	2	50	11	20	20	R3	4	C	7	62	Bueno	
19	44	45.5	1.5	Caliza	1.5	100	1.5	100	20	0	150	17	20	20	R3	4	C	7	68	Bueno	
20	45.5	47	1.5	Caliza	1.48	99	1.45	97	19	1	74	12	6	6	R2.5	2	C	7	46	Regular	
21	47	48.5	1.5	Caliza	1.5	100	1.5	100	20	0	150	17	22	22	R3.5	4	C	7	70	Bueno	
22	48.5	49.45	0.95	Caliza	0.95	100	0.95	100	19	0	95	14	22	22	R4.5	7	C	7	69	Bueno	
23	49.45	50	0.55	Caliza/dique tardío	0.5	91	0	0	3	-	-	5	0	0	R1	1	C	7	16	Very Poor	
24	50	51.5	1.5	Dique tardío	1.5	100	1.5	100	20	0	150	17	25	25	R2.5	2	C	7	71	Bueno	
25	51.5	53	1.5	Dique tardío	1.5	100	1.5	100	20	3	37.5	9	25	25	R2.5	2	C	7	63	Bueno	
26	53	54.5	1.5	Caliza	1.47	98	1.42	95	18	3	36.8	9	25	25	R2.5	2	C	7	61	Bueno	
27	54.5	56.1	1.6	Caliza	1.6	100	1.3	81	16	3	40	10	15	15	R3	4	C	7	52	Regular	
28	56.1	57.7	1.6	Caliza	1.5	94	1.5	94	18	1	75	12	22	22	R4	7	C	7	66	Bueno	
29	57.7	59.3	1.6	Caliza	1.6	100	0.6	38	8	1	80	13	20	20	R3	4	C	7	52	Regular	
30	59.3	60.9	1.6	Caliza	1.6	100	1.6	100	19	2	53.3	11	18	18	R3	4	C	7	59	Regular	

**CLASIFICACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI 89)**

**Proyecto** : Magistral **Norte** : 9,088,224.60 **Taladro** : SG-PR-02 (PM-100)  
**lugar** : Conchucos **Este** : 191,088.30 **Orientación** : 90°  
**Ubicación** : Presa de relaves **Altura** : 3,895.40 **Diámetro** : HQ

N°	Desde	Hasta	Long. corrida	Litología	Recuperación		RQD			Espaciado de las juntas			Cond. de la disconti.		Resistencia		Cond. aguas subt.		RMR Básico	Clase de roca
					Long. (m)	(%)	Long. (m)	%	R	N° Fract.	Espac. (cm)	R	Categ.	R	Grado	R	Grado	R		
31	60.9	61.6	0.7	Caliza	0.7	100	0.65	93	18	2	23.3	8	20	20	R4	7	C	7	60	Regular
32	61.6	63.2	1.6	Caliza	1.55	97	1.55	97	19	0	155	17	22	22	R4	7	C	7	72	Bueno
33	63.2	64	0.8	Caliza	0.8	100	0.8	100	20	0	80	13	22	22	R4	7	C	7	69	Bueno
34	64	65.5	1.5	Caliza	1.45	97	1.45	97	19	0	145	17	22	22	R4	7	C	7	72	Bueno
35	65.5	67	1.5	Caliza	1.5	100	1.5	100	20	0	150	17	22	22	R4	7	C	7	73	Bueno
36	67	68.5	1.5	Caliza	1.45	97	1.45	97	19	0	145	17	22	22	R4.5	7	C	7	72	Bueno
37	68.5	70	1.5	Caliza	1.5	100	1.5	100	20	0	150	17	22	22	R4	7	C	7	73	Bueno
38	70	71.5	1.5	Caliza	1.5	100	1.5	100	20	1	75	12	22	22	R4	7	C	7	68	Bueno
39	71.5	73	1.5	Caliza	1.45	97	1.45	97	19	1	72.5	12	22	22	R4.5	7	C	7	67	Bueno
40	73	74.5	1.5	Caliza	1.45	97	1.45	97	19	1	72.5	12	22	22	R4.5	7	C	7	67	Bueno
41	74.5	76	1.5	Caliza	1.5	100	1.5	100	20	0	150	17	22	22	R4.5	7	C	7	73	Bueno
42	76	77.5	1.5	Caliza	1.5	100	1.5	100	20	0	150	17	22	22	R4.5	7	C	7	73	Bueno
43	77.5	79	1.5	Caliza/dique tardío	1.4	93	1.4	93	18	0	140	17	23	23	R5	12	C	7	77	Bueno
44	79	80.5	1.5	Dique tardío	1.5	100	1.5	100	20	0	150	17	23	23	R5	12	C	7	79	Bueno
45	80.5	82	1.5	Dique tardío	1.5	100	1.5	100	20	2	50	11	23	23	R4.5	7	C	7	68	Bueno
46	82	83.5	1.5	Dique tardío/Caliza	1.5	100	1.5	100	20	0	150	17	22	22	R4	7	C	7	73	Bueno
47	83.5	85	1.5	Caliza	1.5	100	1.5	100	20	0	150	17	25	25	R5	12	C	7	81	Muy bueno
48	85	86.5	1.5	Caliza	1.5	100	1.5	100	20	0	150	17	23	23	R4.5	7	C	7	74	Bueno
49	86.5	87.9	1.4	Caliza	1.4	100	1.4	100	19	0	140	17	23	23	R4.5	7	C	7	73	Bueno
50	87.9	89.5	1.6	Caliza	1.6	100	1.6	100	20	0	160	18	23	23	R4.5	7	C	7	75	Bueno
51	89.5	90.8	1.3	Caliza	1.3	100	1.3	100	20	0	130	16	23	23	R4.5	7	C	7	73	Bueno
52	90.8	92.4	1.6	Caliza	1.6	100	1.6	100	19	0	160	18	23	23	R4.5	7	C	7	74	Bueno
53	92.4	93.9	1.5	Caliza	1.5	100	1.5	100	20	0	150	17	23	23	R4.5	7	C	7	74	Bueno
54	93.9	95.4	1.5	Caliza	1.5	100	1.5	100	20	0	150	17	23	23	R4.5	7	C	7	74	Bueno
55	95.4	96.9	1.5	Caliza	1.5	100	1.5	100	20	1	75	12	22	22	R4.5	7	C	7	68	Bueno
56	96.9	98.35	1.45	Caliza	1.45	100	1.45	100	20	0	145	17	22	22	R4.5	7	C	7	73	Bueno
57	98.35	100	1.56	Caliza	1.56	100	1.55	100	19	0	155	17	22	22	R4.5	7	C	7	72	Bueno

### CLASIFICACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI 89)

**Proyecto** : Magistral **Norte** : 9,088,373.80 **Taladro** : SG-PR-03 (PM-250)  
**Lugar** : Conchucos **Este** : 191,360.90 **Orientación** : 90°  
**Ubicación** : Presa de relaves **Altura** : 3,922.80 **Diámetro** : HQ

N°	Desde	Hasta	Long. corrida	Litología	Recuperación		RQD			Espaciado de las juntas			Cond. de la disconti.		Resistencia		Cond. aguas subt.		RMR Básico	Clase de roca
					Long. (m)	(%)	Long. (m)	%	R	N° Fract.	Espac. (cm)	R	Categ.	R	Grado	R	Grado	R		
1	0	26.5	26.5	Suelo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	26.5	27.5	1	Caliza	1	100	0.36	36	8	12	7.7	6	12	12	R3.5	4	C	7	37	Malo
3	27.5	27.9	0.4	Caliza	0.4	100	0	0	3	8	4.4	5	12	12	R3.5	4	C	7	31	Malo
4	27.9	28.95	1.05	Caliza	1.05	100	0	0	3	20	5	5	12	12	R3.5	4	C	7	31	Malo
5	28.95	29.5	0.55	Caliza	0.55	100	0.28	51	10	6	7.9	6	12	12	R3.5	4	C	7	39	Malo
6	29.5	30.1	0.6	Caliza	0.6	100	0	0	3	11	5	5	12	12	R3.5	4	C	7	31	Malo
7	30.1	30.9	0.8	Caliza	0.6	75	0.23	29	6	7	7.5	6	12	12	R3.5	4	C	7	35	Malo
8	30.9	31.95	1.05	Caliza	1.05	100	0.3	29	6	15	6.6	6	12	12	R3.5	4	C	7	35	Malo
9	31.95	32.6	0.65	Caliza	0.65	100	0.15	23	5	10	5.9	5	12	12	R3.5	4	C	7	33	Malo
10	32.6	33.2	0.6	Caliza	0.55	92	0.15	25	5	6	7.9	6	14	14	R3.5	4	C	7	36	Malo
11	33.2	34.5	1.3	Caliza	1.05	81	0.7	54	10	3	26.3	8	16	16	R5	12	C	7	53	Regular
12	34.5	36	1.5	Caliza	1.36	91	0.86	57	11	11	11.3	7	14	14	R3.5	4	C	7	43	Regular
13	36	36.1	0.1	Caliza	0.1	100	0	0	3	4	2	5	14	14	R3.5	4	C	7	33	Malo
14	36.1	36.7	0.6	Caliza	0.6	100	0	0	3	12	4.6	5	12	12	R3.5	4	C	7	31	Malo
15	36.7	37	0.3	Caliza	0.3	100	0	0	3	6	4.3	5	16	16	R3.5	4	C	7	35	Malo
16	37	37.7	0.7	Caliza	0.6	86	0	0	3	10	5.5	5	16	16	R3.5	4	C	7	35	Malo
17	37.7	38.3	0.6	Caliza	0.4	67	0	0	3	10	3.6	5	18	18	R3.5	4	C	7	37	Malo
18	38.3	39	0.7	Caliza	0.7	100	0.32	46	9	5	11.7	7	20	20	R3.5	4	C	7	47	Regular
19	39	39.4	0.4	Caliza	0.4	100	0.15	38	8	5	6.7	6	18	18	R3.5	4	C	7	43	Regular
20	39.4	39.9	0.5	Caliza	0.3	60	0	0	3	6	4.3	5	16	16	R3.5	4	C	7	35	Malo
21	39.9	40.8	0.9	Caliza	0.9	100	0.2	22	5	10	8.2	6	16	16	R3.5	4	C	7	38	Malo
22	40.8	41.2	0.4	Caliza	0.4	100	0	0	3	6	5.7	5	16	16	R3.5	4	C	7	35	Malo
23	41.2	41.6	0.4	Caliza	0.3	75	0	0	3	4	6	6	18	18	R3.5	4	C	7	38	Malo
24	41.6	42.2	0.6	Caliza	0.6	100	0.25	42	8	5	10	7	20	20	R3.5	4	C	7	46	Regular
25	42.2	42.8	0.6	Caliza	0.6	100	0.41	68	13	3	15	7	22	22	R3.5	4	C	7	53	Regular
26	42.8	43.8	1	Caliza	1	100	0.65	65	13	7	12.5	7	12	12	R3.5	4	C	7	43	Regular
27	43.8	43.9	0.1	Caliza	0.1	100	0	0	3	1	5	5	22	22	R3.5	4	C	7	41	Regular
28	43.9	44.8	0.9	Caliza	0.6	67	0.6	67	13	0	60	11	23	23	R3.5	4	C	7	58	Regular
29	44.8	45.3	0.5	Caliza	0.5	100	0.5	100	20	2	16.7	7	22	22	R3.5	4	C	7	60	Regular
30	45.3	45.9	0.6	Caliza	0.6	100	0.6	100	19	0	60	11	23	23	R5	12	C	7	72	Bueno

### CLASIFICACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI 89)

Proyecto	: Magistral	Norte	: 9,088,373.80	Taladro	: SG-PR-03 (PM-250)
Lugar	: Conchucos	Este	: 191,360.90	Orientación	: 90°
Ubicación	: Presa de relaves	Altura	: 3,922.80	Diámetro	: HQ

N°	Desde	Hasta	Long. corrida	Litología	Recuperación		RQD			Espaciado de las juntas			Cond. de la disconti.		Resistencia		Cond. aguas subt.		RMR Básico	Clase de roca
					Long. (m)	(%)	Long. (m)	%	R	N° Fract.	Espac. (cm)	R	Categ.	R	Grado	R	Grado	R		
31	45.9	46.7	0.8	Skarn	0.8	100	0.8	100	19	2	26.7	8	22	22	R4	7	C	7	63	Bueno
32	46.7	48.2	1.5	Skarn	1.5	100	1	67	13	9	15	7	22	22	R4	7	C	7	56	Regular
33	48.2	48.9	0.7	Skarn	0.7	100	0.32	46	9	6	10	7	22	22	R4	7	C	7	52	Regular
34	48.9	49.8	0.9	Skarn	0.9	100	0.5	56	11	6	12.9	7	18	18	R3.5	4	C	7	47	Regular
35	49.8	50.8	1	Dique tardio	1	100	0.46	46	9	9	10	7	22	22	R3.5	4	C	7	49	Regular
36	50.8	51.9	1.1	Dique tardio	1.1	100	1.1	100	19	2	36.7	9	23	23	R3.5	4	C	7	62	Bueno
37	51.9	52.7	0.8	Caliza	0.75	94	0.4	50	9	5	12.5	7	23	23	R3.5	4	C	7	50	Regular
38	52.7	53.6	0.9	Caliza	0.9	100	0.6	67	13	6	12.9	7	23	23	R3.5	4	C	7	54	Regular
39	53.6	54.2	0.6	Caliza	0.6	100	0.3	50	9	5	10	7	22	22	R3.5	4	C	7	49	Regular
40	54.2	55.3	1.1	Caliza	1.1	100	0.9	82	16	5	18.3	7	22	22	R3.5	4	C	7	56	Regular
41	55.3	56.2	0.9	Caliza	0.9	100	0.3	33	7	8	10	7	22	22	R3.5	4	C	7	47	Regular
42	56.2	57.8	1.6	Caliza	1.55	97	1.3	81	16	10	14.1	7	15	15	R3.5	4	C	7	49	Regular
43	57.8	58.75	0.95	Caliza	0.95	100	0.52	55	10	8	10.6	7	18	18	R3.5	4	C	7	46	Regular
44	58.75	60.2	1.45	Caliza	1.45	100	1	69	13	8	16.1	7	20	20	R5	12	C	7	59	Regular
45	60.2	61.75	1.55	Caliza	1.55	100	1.35	87	17	5	25.8	8	22	22	R4	7	C	7	61	Bueno
46	61.75	63.35	1.6	Caliza	1.6	100	1.45	91	18	3	40	10	23	23	R4	7	C	7	65	Bueno
47	63.35	64.95	1.6	Caliza	1.6	100	1	62	12	10	14.5	7	18	18	R4	7	C	7	51	Regular
48	64.95	66.55	1.6	Caliza/ Skarn	1.6	100	1.6	100	20	3	40	10	22	22	R4	7	C	7	66	Bueno
49	66.55	68.15	1.6	Skarn	1.6	100	1.35	84	16	4	32	9	22	22	R5	12	C	7	66	Bueno
50	68.15	69.75	1.6	skarn	1.55	97	1.05	66	13	9	15.5	7	22	22	R4	7	C	7	56	Regular
51	69.75	71.35	1.6	Skarn marron verdoso	1.5	94	1.35	84	16	4	30	9	23	23	R4	7	C	7	62	Bueno
52	71.35	72.9	1.55	Skarn marron verdoso	1.5	97	1.4	90	18	3	37.5	9	23	23	R5	12	C	7	69	Bueno
53	72.9	74.5	1.6	Skarn marron verdoso	1.55	97	1.55	97	19	2	51.7	11	25	25	R5	12	C	7	74	Bueno
54	74.5	76	1.5	Skarn marron verdoso	1.4	93	1.4	93	18	4	28	8	25	25	R5	12	C	7	70	Bueno
55	76	77.5	1.5	Skarn/arenisca	1.5	100	1.45	97	19	4	30	9	23	23	R5	12	C	7	70	Bueno
56	77.5	79	1.5	Arenisca	1.45	97	1.3	87	17	5	24.2	8	23	23	R4	7	C	7	62	Bueno
57	79	80.5	1.5	Arenisca	1.5	100	0.96	64	12	12	11.5	7	12	12	R3.5	4	C	7	42	Regular
58	80.5	82	1.5	Dique tardio	1.5	100	1.1	73	14	7	18.8	7	14	14	R3.5	4	C	7	46	Regular
59	82	83.5	1.5	Dique tardio/ Cuarcita	1.4	93	0.65	43	8	13	10	7	12	12	R3.5	4	C	7	38	Malo
60	83.5	85	1.5	Cuarcita/ lutita pizarra	1.5	100	0.9	60	12	10	13.6	7	12	12	R3.5	4	C	7	42	Regular

### CLASIFICACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI 89)

**Proyecto** : Magistral Norte : 9,088,373.80 **Taladro** : SG-PR-03 (PM-250)  
**lugar** : Conchucos Este : 191,360.90 **Orientación** : 90°  
**Ubicación** : Presa de relaves Altura : 3,922.80 **Diámetro** : HQ

N°	Desde	Hasta	Long. corrida	Litología	Recuperación		RQD			Espaciado de las juntas			Cond. de la disconti.		Resistencia		Cond. aguas subf.		RMR Básico	Clase de roca
					Long. (m)	(%)	Long. (m)	%	R	N° Fract.	Espac. (cm)	R	Categ.	R	Grado	R	Grado	R		
61	85	86.5	1.5	Lutita pizarra	1.45	97	1.4	93	18	7	18.1	7	12	12	R3.5	4	C	7	48	Regular
62	86.5	87.9	1.4	Lutita pizarra/ arenisca	1.4	100	0.85	61	12	11	11.7	7	22	22	R4	7	C	7	55	Regular
63	87.9	89.4	1.5	Arenisca	1.4	93	1.15	77	15	8	15.6	7	23	23	R4	7	C	7	59	Regular
64	89.4	90.9	1.5	Arenisca	1.45	97	1.15	77	15	6	20.7	8	23	23	R5	12	C	7	65	Bueno
65	90.9	92.4	1.5	Arenisca	1.5	100	1.35	90	18	3	37.5	9	23	23	R4	7	C	7	64	Bueno
66	92.4	93.9	1.5	Arenisca	1.5	100	1.35	90	18	4	30	9	23	23	R5	12	C	7	69	Bueno
67	93.9	95.4	1.5	Arenisca	1.5	100	1.3	87	17	7	18.8	7	23	23	R5	12	C	7	66	Bueno
68	95.4	96.9	1.5	Arenisca	1.5	100	1.5	100	20	3	37.5	9	23	23	R5	12	C	7	71	Bueno
69	96.9	98.4	1.5	Arenisca/ lutita pizarra	1.5	100	1.45	97	19	2	50	11	23	23	R3.5	4	C	7	64	Bueno
70	98.4	99.9	1.5	Lutita pizarra	1.5	100	1.15	77	15	6	21.4	8	23	23	R3.5	4	C	7	57	Regular
71	99.9	101.4	1.5	Lutita pizarra	1.5	100	1.25	83	16	8	16.7	7	22	22	R3.5	4	C	7	56	Regular
72	101.4	102.9	1.5	Lutita pizarra	1.4	93	1.05	70	14	8	15.6	7	22	22	R3.5	4	C	7	54	Regular
73	102.9	104.4	1.5	Lutita pizarra	1.4	93	1.3	87	17	6	20	8	23	23	R5	12	C	7	67	Bueno
74	104.4	105.9	1.5	Lutita pizarra	1.5	100	1.3	87	17	6	21.4	8	23	23	R5	12	C	7	67	Bueno
75	105.9	106.6	0.7	Lutita pizarra	0.7	100	0.3	43	8	5	11.7	7	22	22	R3.5	4	C	7	48	Regular
76	106.6	107	0.4	Lutita pizarra	0.4	100	0.4	100	19	0	40	10	22	22	R3.5	4	C	7	62	Bueno
77	107	107.6	0.6	Arenisca/ caliza	0.6	100	0	0	3	8	6.7	6	22	22	R3.5	4	C	7	42	Regular
78	107.6	108.9	1.3	Caliza/ lutita pizarra	1.25	96	0.55	42	8	15	7.8	6	15	15	R3.5	4	C	7	40	Poor
79	108.9	110.4	1.5	Caliza/ lutita pizarra	1.5	100	0.8	53	10	12	11.5	7	18	18	R3.5	4	C	7	46	Regular
80	110.4	111.9	1.5	Caliza/ lutita pizarra	1.4	93	1.3	87	17	4	28	8	22	22	R3.5	4	C	7	58	Regular
81	111.9	112.8	0.9	Caliza/ lutita pizarra	0.9	100	0.42	47	9	10	8.2	6	22	22	R3.5	4	C	7	48	Regular
82	112.8	114.3	1.5	Lutita pizarra/ arenisca	1.5	100	0.95	63	12	10	13.6	7	22	22	R3.5	4	C	7	52	Regular
83	114.3	114.9	0.6	Lutita pizarra/ arenisca	0.6	100	0.55	92	18	3	15	7	22	22	R4	7	C	7	61	Bueno
84	114.9	116.4	1.5	arenisca/ lutita pizarra	1.5	100	1.4	93	18	5	25	8	23	23	R4	7	C	7	63	Bueno
85	116.4	117.9	1.5	Lutita pizarra	1.4	93	1.4	93	18	3	35	9	23	23	R4	7	C	7	64	Bueno
86	117.9	119.4	1.5	Lutita pizarra	1.4	93	0.95	63	12	8	15.6	7	22	22	R4	7	C	7	55	Regular
87	119.4	120.9	1.5	Lutita pizarra	1.5	100	1.28	85	17	6	21.4	8	23	23	R3.5	4	C	7	59	Regular
88	120.9	122.4	1.5	Lutita pizarra	1.5	100	1.4	93	18	3	37.5	9	23	23	R3.5	4	C	7	61	Bueno
89	122.4	123.9	1.5	Lutita pizarra	1.45	97	1.45	97	19	1	72.5	12	23	23	R4	7	C	7	68	Bueno
90	123.9	125.4	1.5	Lutita pizarra	1.5	100	1.42	95	18	4	30	9	23	23	R4	7	C	7	64	Bueno

**CLASIFICACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI 89)**

Proyecto	:	Magistral	Norte	:	9,088,373.80	Taladro	:	SG-PR-03 (PM-250)
lugar	:	Conchucos	Este	:	191,360.90	Orientación	:	90°
Ubicación	:	Presas de relaves	Altura	:	3,922.80	Diámetro	:	HQ

N°	Desde	Hasta	Long. corrida	Litología	Recuperación		RQD			Espaciado de las juntas			Cond. de la disconti.		Resistencia		Cond. aguas subt.		RMR Básico	Clase de roca
					Long. (m)	(%)	Long. (m)	%	R	N° Fract.	Espac. (cm)	R	Categ.	R	Grado	R	Grado	R		
91	125.4	128.4	3	Lutita pizarra	2.8	93	1.37	46	9	1	140	17	23	23	R4.5	7	C	7	63	Bueno
92	128.4	130.2	1.8	Lutita pizarra/ Cuarcita	1.75	97	1.6	89	17	3	43.8	10	23	23	R4	7	C	7	64	Bueno
93	130.2	131.4	1.2	Cuarcita	1.2	100	1.15	96	19	1	60	11	22	22	R4	7	C	7	66	Bueno
94	131.4	133.7	2.3	Cuarcita	2.2	96	2.1	91	18	4	44	10	22	22	R4	7	C	7	64	Bueno
95	133.7	136.8	3.1	Cuarcita	3.1	100	2.95	95	19	5	51.7	11	23	23	R5	12	C	7	72	Bueno
96	136.8	139.4	2.6	Cuarcita/Lutita pizarra	2.3	88	2.3	88	17	2	76.7	12	23	23	R5	12	C	7	71	Bueno
97	139.4	142.5	3.1	Lutita pizarra/ arenisca	2.95	95	2.95	95	19	3	73.8	12	23	23	R4.5	7	C	7	68	Bueno
98	142.5	144.15	1.65	Lutita pizarra/ arenisca	1.6	97	1.6	97	19	1	80	13	23	23	R3.5	4	C	7	66	Bueno
99	144.15	146	1.85	Lutita pizarra/ arenisca	1.85	100	1.4	76	15	8	20.6	8	18	18	R3.5	4	C	7	52	Regular
100	146	146.65	0.65	Lutita pizarra/ arenisca	0.65	100	0.65	100	19	1	32.5	9	22	22	R3	4	C	7	61	Bueno
101	146.65	148.9	2.25	Lutita pizarra/ arenisca	2	89	1.6	71	14	10	18.2	7	15	15	R3	4	C	7	47	Regular
102	148.9	152	3.1	Lutita pizarra/ arenisca	3.1	100	3.1	100	20	6	44.3	10	22	22	R4	7	C	7	66	Bueno
103	152	154	2	Lutita pizarra/ arenisca	2	100	1.9	95	19	5	33.3	9	23	23	R4.5	7	C	7	65	Bueno
104	154	155.4	1.4	Arenisca	1.35	96	1.3	93	18	3	33.8	9	23	23	R3.5	4	C	7	61	Bueno
105	155.4	158	2.6	Arenisca	2.6	100	2.42	93	18	4	52	11	23	23	R4	7	C	7	66	Bueno
106	158	158.9	0.9	Lutita pizarra	0.9	100	0.36	40	8	11	7.5	6	14	14	R3	4	C	7	39	Bueno
107	158.9	160.1	1.2	Lutita pizarra/caliza	1.2	100	1.2	100	20	2	40	10	22	22	R3.5	4	C	7	63	Bueno
108	160.1	161.4	1.3	Caliza	1.3	100	1.3	100	19	2	43.3	10	23	23	R4.5	7	C	7	66	Bueno
109	161.4	162.6	1.2	Caliza	1.2	100	1.2	100	20	0	120	15	23	23	R4.5	7	C	7	72	Bueno
110	162.6	164.2	1.6	Caliza	1.5	94	1.2	75	15	5	25	8	22	22	R3	4	C	7	56	Regular
111	164.2	165.9	1.7	Lutita pizarra	1.7	100	1.4	82	16	4	34	9	23	23	R4	7	C	7	62	Bueno
112	165.9	167.4	1.5	Lutita pizarra	1.5	100	1.3	87	17	7	18.8	7	21	21	R3	4	C	7	56	Regular
113	167.4	169.6	2.2	Lutita pizarra	2.1	95	1.8	82	16	5	35	9	21	21	R4	7	C	7	60	Regular
114	169.6	169.9	0.3	Lutita pizarra	0.3	100	0.3	100	19	1	15	7	22	22	R3.5	4	C	7	59	Regular
115	169.9	170.7	0.8	Lutita pizarra	0.8	100	0.4	50	10	4	16	7	22	22	R3	4	C	7	50	Regular
116	170.7	171.15	0.45	Lutita pizarra	0.45	100	0	0	3	-	-	5	0	0	R1.5	1	C	7	16	Muy bueno
117	171.15	172.4	1.25	Lutita pizarra	1.25	100	0.65	52	10	8	13.9	7	21	21	R3.5	4	C	7	49	Regular
118	172.4	173.4	1	Lutita pizarra	1	100	1	100	20	2	33.3	9	22	22	R4	7	C	7	65	Bueno
119	173.4	175.2	1.8	Lutita pizarra	1.8	100	1.3	72	14	8	20	8	16	16	R3	4	C	7	49	Regular
120	175.2	176.4	1.2	Lutita pizarra	1.2	100	0.25	21	5	9	12	7	8	8	R2.5	2	C	7	29	Malo

**CLASIFICACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI 89)**

Proyecto	:	Magistral	Norte	:	9,088,373.80	Taladro	:	SG-PR-03 (PM-250)
lugar	:	Conchucos	Este	:	191,360.90	Orientación	:	90°
Ubicación	:	Presa de relaves	Altura	:	3,922.80	Diámetro	:	HQ

N°	Desde	Hasta	Long. corrida	Litología	Recuperación		RQD			Espaciado de las juntas			Cond. de la disconti.		Resistencia		Cond. aguas subt.		RMR Básico	Clase de roca
					Long. (m)	(%)	Long. (m)	%	R	N° Fract.	Espac. (cm)	R	Categ.	R	Grado	R	Grado	R		
121	176.4	179.1	2.7	Lutita pizarra/dique tardio	2.6	96	2.5	93	18	6	37.1	9	22	22	R4	7	C	7	63	Bueno
122	179.1	182.2	3.1	Dique tardio	3	97	2.85	92	18	5	50	11	23	23	R5	12	C	7	71	Bueno
123	182.2	185.3	3.1	Dique tardio/ arenisca	3	97	3	97	19	3	75	12	23	23	R5	12	C	7	73	Bueno
124	185.3	187.2	1.9	Arenisca/ Dique tardio	1.9	100	1.6	84	16	3	47.5	10	23	23	R5	12	C	7	68	Bueno
125	187.2	188.7	1.5	Dique tardio/ Lutita pizarra	1.5	100	1.5	100	20	2	50	11	23	23	R4.5	7	C	7	68	Bueno
126	188.7	190	1.3	Lutita pizarra	1.3	100	1.1	85	16	5	21.7	8	22	22	R3	4	C	7	57	Regular
127	190	190.5	0.5	Lutita pizarra	0.5	100	0	0	3	6	7.1	6	12	12	R2.5	2	C	7	30	Malo
128	190.5	191.4	0.9	Lutita pizarra	0.9	100	0.9	100	19	1	45	10	22	22	R3.5	4	C	7	62	Bueno
129	191.4	193.05	1.65	Lutita pizarra	1.65	100	1.6	97	19	5	27.5	8	22	22	R3	4	C	7	60	Regular
130	193.05	194.35	1.3	Lutita pizarra	1.3	100	1.25	96	19	4	26	8	22	22	R3	4	C	7	60	Regular
131	194.35	195.95	1.6	Lutita pizarra	0.4	25	0	0	3	-	-	5	0	0	R0	0	C	7	15	Muy malo
132	195.95	198.95	3	Cuarcita	2.9	97	2.35	78	15	12	22.3	8	16	16	R3	4	C	7	50	Regular
133	198.95	202.05	3.1	Cuarcita	3.1	100	2.95	95	19	6	44.3	10	21	21	R4.5	7	C	7	64	Bueno
134	202.05	203.65	1.6	Cuarcita	1.6	100	1.3	81	16	4	32	9	22	22	R3	4	C	7	58	Regular
135	203.65	204.75	1.1	Cuarcita	1.1	100	0.5	45	9	11	9.2	6	15	15	R2.5	2	C	7	39	Malo
136	204.75	207.1	2.35	Cuarcita	1.6	68	1.2	51	10	6	22.9	8	16	16	R3	4	C	7	45	Regular
137	207.1	209.4	2.3	Cuarcita	2.1	91	2.05	89	17	15	13.1	7	8	8	R2.5	2	C	7	41	Regular
138	209.4	211.1	1.7	Cuarcita/ lutita pizarra	0.75	44	0.38	22	5	9	7.5	6	12	12	R3	4	C	7	34	Malo
139	211.1	212.9	1.8	Lutita pizarra	1.8	100	1.5	83	16	4	36	9	22	22	R4.5	7	C	7	61	Bueno
140	212.9	215.25	2.35	Lutita pizarra	2.35	100	0.32	14	4	9	23.5	8	22	22	R4.5	7	C	7	48	Regular
141	215.25	218.35	3.1	Lutita pizarra	3.1	100	2.75	89	17	7	38.8	9	22	22	R4.5	7	C	7	62	Bueno
142	218.35	218.8	0.45	Lutita pizarra	0.45	100	0.45	100	19	1	22.5	8	22	22	R4.5	7	C	7	63	Bueno
143	218.8	221.1	2.3	Lutita pizarra	2.3	100	2.3	100	20	1	115	15	23	23	R3	4	C	7	63	Bueno
144	221.1	221.35	0.25	Lutita pizarra	0.25	100	0.25	100	20	1	12.5	7	22	22	R3	4	C	7	60	Regular
145	221.35	224.05	2.7	Lutita pizarra	2.1	78	1.95	72	14	4	42	10	22	22	R3	4	C	7	57	Regular
146	224.05	227.1	3.05	Lutita pizarra	2.95	97	2.45	80	16	9	29.5	8	22	22	R4	7	C	7	60	Regular
147	227.1	230.2	3.1	Lutita pizarra	3.1	100	2.9	94	18	8	34.4	9	22	22	R3.5	4	C	7	60	Regular
148	230.2	232.7	2.5	Lutita pizarra	2.35	94	1.75	70	14	12	18.1	7	22	22	R3	4	C	7	54	Regular
149	232.7	235.8	3.1	Dique tardio	3.1	100	2.95	95	19	7	38.8	9	22	22	R3	4	C	7	61	Bueno
150	235.8	236.5	0.7	Dique tardio	0.7	100	0.48	69	13	3	17.5	7	22	22	R3	4	C	7	53	Regular

### CLASIFICACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI 89)

Proyecto	: Magistral	Norte	: 9,088,373.80	Taladro	: SG-PR-03 (PM-250)
lugar	: Conchucos	Este	: 191,360.90	Orientación	: 90°
Ubicación	: Presa de relaves	Altura	: 3,922.80	Diámetro	: HQ

N°	Desde	Hasta	Long. corrida	Litología	Recuperación		RQD			Espaciado de las juntas			Cond. de la disconti.		Resistencia		Cond. aguas subt.		RMR Básico	Clase de roca
					Long. (m)	(%)	Long. (m)	%	R	N° Fract.	Espac. (cm)	R	Categ.	R	Grado	R	Grado	R		
151	236.5	238.9	2.4	Dique tardio/ arenisca	2.4	100	2	83	16	9	24	8	22	22	R3	4	C	7	57	Regular
152	238.9	240.9	2	Arenisca	2	100	1.6	80	16	5	33.3	9	22	22	R4	7	C	7	61	Bueno
153	240.9	242.4	1.5	Arenisca	1.5	100	1.5	100	20	1	75	12	23	23	R4.5	7	C	7	69	Bueno
154	242.4	245.4	3	Arenisca/Dique tardio	2.95	98	0.32	11	4	5	49.2	10	22	22	R5	12	C	7	55	Regular
155	245.4	247.9	2.5	Dique tardio/ arenisca	2.35	94	0.5	20	5	10	21.4	8	22	22	R4.5	7	C	7	49	Regular
156	247.9	249.8	1.9	Arenisca/ Porfido	1.9	100	1.75	92	18	7	23.8	8	22	22	R4.5	7	C	7	62	Bueno
157	249.8	251.3	1.5	Porfido	1.5	100	1.5	100	20	1	75	12	22	22	R5	12	C	7	73	Bueno

**CLASIFICACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI 89)**

**Proyecto** : Magistral **Norte** : 9,088,660.90 **Taladro** : SG-PR-04 (PM-150)  
**Lugar** : Conchucos **Este** : 191,704.80 **Orientación** : 90°  
**Ubicación** : Presa de relaves **Altura** : 3972.3 **Diámetro** : HQ

N°	Desde	Hasta	Long. corrida	Litología	Recuperación		RQD			Espaciado de las juntas			Cond. de la disconti.		Resistencia		Cond. aguas subt.		RMR Básico	Clase de roca	
					Long. (m)	(%)	Long. (m)	%	R	N° Fract.	Espac. (cm)	R	Categ.	R	Grado	R	Grado	R			
1	0	0.5	0.5	Suelo	0.2	40	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0.5	0.9	0.4	Dique tardío	0.35	88	0.26	65	13	2	11.7	7	12	12	R3	4	D	10	46	Regular	
3	0.9	2.1	1.2	Dique tardío	0.85	71	0.3	25	5	10	7.7	6	12	12	R3	4	D	10	37	Malo	
4	2.1	2.6	0.5	Dique tardío	0.1	20	0	0	3	2	3.3	5	12	12	R3	4	D	10	34	Malo	
5	2.6	3.15	0.55	Dique tardío	0.45	82	0.26	47	9	5	7.5	6	12	12	R2	2	D	10	39	Malo	
6	3.15	4	0.85	Dique tardío	0.84	99	0.72	85	16	3	21	8	16	16	R5.5	12	D	10	62	Bueno	
7	4	5.5	1.5	Dique tardío	1.5	100	1.25	83	16	7	18.8	7	14	14	R5	12	D	10	59	Regular	
8	5.5	6	0.5	Dique tardío /caliza	0.5	100	0	0	3	3	12.5	7	12	12	R3.5	4	D	10	36	Malo	
9	6	7	1	Caliza	1	100	0.83	83	16	7	12.5	7	14	14	R6	15	D	10	62	Bueno	
10	7	8.5	1.5	Caliza	1.1	73	0.9	60	12	5	18.3	7	12	12	R3.5	4	D	10	45	Regular	
11	8.5	10	1.5	Caliza	1.5	100	1.22	81	16	7	18.8	7	16	16	R4	7	D	10	56	Regular	
12	10	11.5	1.5	Caliza	1.5	100	1.46	97	19	2	50	11	16	16	R4	7	D	10	63	Bueno	
13	11.5	13	1.5	Caliza	1.5	100	1.5	100	20	2	50	11	9	9	R4	7	D	10	57	Regular	
14	13	14.5	1.5	Caliza	1.46	97	1.46	97	19	4	29.2	8	18	18	R3.5	4	D	10	59	Regular	
15	14.5	16	1.5	Caliza	1.5	100	1.5	100	20	4	30	9	18	18	R4	7	D	10	64	Bueno	
16	16	17.5	1.5	Caliza	1.49	99	1.49	99	19	3	37.3	9	15	15	R4	7	D	10	60	Regular	
17	17.5	19	1.5	Caliza	1.48	99	1.48	99	19	6	21.1	8	13	13	R4	7	D	10	57	Regular	
18	19	20.5	1.5	Caliza	0.16	11	0.16	11	4	0	16	7	18	18	R4	7	D	10	46	Regular	
19	20.5	22	1.5	Caliza	1.5	100	1.43	95	19	3	37.5	9	17	17	R4	7	D	10	62	Bueno	
20	22	23.5	1.5	Caliza	1.5	100	1.5	100	20	4	30	9	19	19	R3.5	4	D	10	62	Bueno	
21	23.5	25	1.5	Caliza	1.5	100	1.5	100	20	2	50	11	22	22	R3	4	D	10	67	Bueno	
22	25	26.5	1.5	Caliza	0.15	10	0	0	3	3	3.8	5	9	9	R3	4	D	10	31	Malo	
23	26.5	28	1.5	Caliza	1.25	83	1.25	83	16	1	62.5	11	20	20	R3.5	4	D	10	61	Bueno	
24	28	29.5	1.5	Caliza	1.5	100	1.5	100	20	2	50	11	19	19	R3.5	4	D	10	64	Bueno	
25	29.5	31	1.5	Caliza	1.5	100	1.5	100	20	4	30	9	18	18	R3.5	4	D	10	61	Bueno	
26	31	32.5	1.5	Caliza	1.5	100	1.45	97	19	5	25	8	16	16	R3	4	D	10	57	Regular	
27	32.5	34	1.5	Caliza	1.47	98	1.47	98	19	4	29.4	8	11	11	R3.5	4	D	10	52	Regular	
28	34	35.5	1.5	Caliza	1.48	99	1.2	80	16	5	24.7	8	13	13	R3.5	4	D	10	51	Regular	
29	35.5	37	1.5	Caliza	0.27	18	0.27	18	5	0	27	8	20	20	R3.5	4	D	10	47	Regular	
30	37	38.5	1.5	Caliza	1.5	100	1.47	98	19	6	21.4	8	9	9	R3.5	4	D	10	50	Regular	

### CLASIFICACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI 89)

**Proyecto** : Magistral **Norte** : 9,088,660.90 **Taladro** : SG-PR-04 (PM-150)  
**Lugar** : Conchucos **Este** : 191,704.80 **Orientación** : 90°  
**Ubicación** : Presa de relaves **Altura** : 3972.3 **Diámetro** : HQ

N°	Desde	Hasta	Long. corrida	Litología	Recuperación		RQD			Espaciado de las juntas			Cond. de la disconti.		Resistencia		Cond. aguas subt.		RMR Básico	Clase de roca
					Long. (m)	(%)	Long. (m)	%	R	N° Fract.	Espac. (cm)	R	Categ.	R	Grado	R	Grado	R		
31	38.5	40	1.5	Caliza	1.48	99	1.25	83	16	9	14.8	7	12	12	R5	12	D	10	57	Regular
32	40	41.55	1.55	Caliza	1.55	100	1.46	94	18	4	31	9	14	14	R4.5	7	D	10	58	Regular
33	41.55	43	1.45	Caliza	1.45	100	1.43	99	19	4	29	8	13	13	R5	12	D	10	62	Bueno
34	43	44.55	1.55	Caliza	1.55	100	1.55	100	20	1	77.5	12	12	12	R4.5	7	D	10	61	Bueno
35	44.55	46	1.45	Caliza	1.45	100	1.39	96	19	3	36.3	9	11	11	R4.5	7	D	10	56	Regular
36	46	47.55	1.55	Caliza	1.55	100	1.55	100	20	2	51.7	11	16	16	R4.5	7	D	10	64	Bueno
37	47.55	49	1.45	Caliza	1.45	100	1.45	100	19	3	36.3	9	18	18	R4.5	7	D	10	63	Bueno
38	49	50.55	1.55	Caliza	1.55	100	1.49	96	19	7	19.4	7	15	15	R4	7	D	10	58	Regular
39	50.55	52	1.45	Caliza	1.44	99	1.44	99	19	2	48	10	13	13	R3	4	D	10	56	Regular
40	52	53.55	1.55	Caliza	1.55	100	1.3	84	16	5	25.8	8	16	16	R3	4	D	10	54	Regular
41	53.55	55	1.45	Caliza	1.45	100	1.45	100	19	1	72.5	12	20	20	R3.5	4	D	10	65	Bueno
42	55	56.55	1.55	Caliza	1.55	100	1.55	100	20	0	155	17	20	20	R4.5	7	D	10	74	Bueno
43	56.55	58	1.45	Caliza	1.42	98	1.42	98	19	1	71	12	19	19	R5	12	D	10	72	Bueno
44	58	59.5	1.5	Caliza	1.5	100	1.5	100	20	1	75	12	19	19	R4	7	D	10	68	Bueno
45	59.5	61	1.5	Caliza	1.5	100	1.5	100	20	2	50	11	18	18	R5	12	D	10	71	Bueno
46	61	62.5	1.5	Caliza	1.5	100	1.5	100	20	2	50	11	17	17	R5	12	D	10	70	Bueno
47	62.5	64	1.5	Caliza	1.48	99	1.48	99	19	1	74	12	9	9	R4.5	7	D	10	57	Regular
48	64	65.5	1.5	Caliza	1.5	100	1.5	100	20	1	75	12	20	20	R5	12	D	10	74	Bueno
49	65.5	67	1.5	Caliza	1.45	97	1.45	97	19	3	36.3	9	12	12	R5	12	D	10	62	Bueno
50	67	68.5	1.5	Caliza/ Falla	0.24	16	0.16	11	4	1	12	7	16	16	R4	7	D	10	44	Regular
51	68.5	70	1.5	Caliza	1.34	89	0.87	58	11	10	12.2	7	15	15	R4	7	D	10	50	Regular
52	70	71.5	1.5	Caliza	1.5	100	1.13	75	15	8	16.7	7	16	16	R4	7	D	10	55	Regular
53	71.5	72.6	1.1	Caliza	1	91	0.68	62	12	9	10	7	15	15	R4.5	7	D	10	51	Regular
54	72.6	74.15	1.55	Caliza	1.55	100	1.16	75	14	10	14.1	7	15	15	R5	12	D	10	58	Regular
55	74.15	75.7	1.55	Caliza	1.54	99	1.37	88	17	5	25.7	8	17	17	R4.5	7	D	10	59	Regular
56	75.7	77.25	1.55	Caliza	1.5	97	1.5	97	19	3	37.5	9	18	18	R4	7	D	10	63	Bueno
57	77.25	78.8	1.55	Caliza	1.53	99	1.5	97	19	1	76.5	12	20	20	R5	12	D	10	73	Bueno
58	78.8	80.35	1.55	Caliza	1.54	99	1.54	99	19	5	25.7	8	18	18	R5	12	D	10	67	Bueno
59	80.35	81.85	1.5	Caliza	1.45	97	0.99	66	13	13	10.4	7	15	15	R3	4	D	10	49	Regular
60	81.85	83.1	1.25	Caliza	1.2	96	1.01	81	16	7	15	7	15	15	R4	7	D	10	55	Regular

**CLASIFICACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI 89)**

Proyecto	:	Magistral	Norte	:	9,088,660.90	Taladro	:	SG-PR-04 (PM-150)
lugar	:	Conchucos	Este	:	191,704.80	Orientación	:	90°
Ubicación	:	Presa de relaves	Altura	:	3972.3	Diámetro	:	HQ

N°	Desde	Hasta	Long. corrida	Litología	Recuperación		RQD			Espaciado de las juntas			Cond. de la disconti.		Resistencia		Cond. aguas subt.		RMR Básico	Clase de roca
					Long. (m)	(%)	Long. (m)	%	R	N° Fract.	Espac. (cm)	R	Categ.	R	Grado	R	Grado	R		
61	83.1	84.1	1	Caliza/Dique tardío	1	100	0.98	98	19	4	20	8	15	15	R4	7	D	10	59	Regular
62	84.1	84.75	0.65	Late Dike	0.65	100	0.46	71	14	4	13	7	18	18	R3.5	4	D	10	53	Regular
63	84.75	85.25	0.5	Late Dike	0.5	100	0	0	3	8	5.6	5	19	19	R3	4	D	10	41	Regular
64	85.25	86.25	1	Late Dike	0.9	90	0	0	3	12	6.9	6	13	13	R3	4	D	10	36	Regular
65	86.25	86.95	0.7	Dique tardío/ caliza	0.7	100	0.4	57	11	5	11.7	7	15	15	R3	4	D	10	47	Regular
66	86.95	87.95	1	Caliza	0.66	66	0	0	3	7	8.3	6	16	16	R5	12	D	10	47	Regular
67	87.95	89.15	1.2	Caliza	1.17	97	1.14	95	18	4	23.4	8	14	14	R3.5	4	D	10	54	Regular
68	89.15	89.35	0.2	Caliza	0.2	100	0.11	55	11	2	6.7	6	18	18	R3	4	D	10	49	Regular
69	89.35	89.6	0.25	Caliza/ Falla	0.25	100	0	0	3	-	-	5	0	0	R0	0	D	10	18	Muy malo
70	89.6	89.9	0.3	Caliza	0.3	100	0.28	93	18	1	15	7	18	18	R3	4	D	10	57	Regular
71	89.9	90.1	0.2	Caliza	0.2	-	0	0	-	4	-	-	15	15	R3	-	-	-	-	-
72	90.1	90.3	0.2	Caliza	0.2	100	0.2	100	19	1	10	7	18	18	R3.5	4	D	10	58	Regular
73	90.3	90.75	0.45	Caliza	0.4	89	0	0	3	6	5.7	5	16	16	R4	7	D	10	41	Regular
74	90.75	91.65	0.9	Caliza	0.9	100	0.69	77	15	6	12.9	7	16	16	R5	12	D	10	60	Regular
75	91.65	92.35	0.7	Caliza	0.7	100	0	0	3	9	7	6	14	14	R3.5	4	D	10	37	Malo
76	92.35	93.9	1.55	Caliza	1.55	100	1.02	66	13	9	15.5	7	14	14	R3	4	D	10	48	Regular
77	93.9	95.45	1.55	Caliza	1.55	100	1.45	94	18	4	31	9	12	12	R3	4	D	10	53	Regular
78	95.45	96.2	0.75	Caliza	0.75	100	0.64	85	17	3	18.8	7	15	15	R3	4	D	10	53	Regular
79	96.2	96.85	0.65	Caliza	0.65	-	0.65	100	-	0	-	-	20	20	R3.5	-	-	-	-	-
80	96.85	98.35	1.5	Caliza	1.5	100	1.28	85	17	6	21.4	8	16	16	R3	4	D	10	55	Regular
81	98.35	99.9	1.55	Caliza	1.55	100	1.32	85	17	8	17.2	7	18	18	R3	4	D	10	56	Regular
82	99.9	101.45	1.55	Caliza	1.55	100	1.4	90	18	5	25.8	8	14	14	R4	7	D	10	57	Regular
83	101.45	101.75	0.3	Caliza	0.3	100	0.3	100	20	0	30	9	20	20	R3.5	4	D	10	63	Bueno
84	101.75	102.15	0.4	Caliza	0.22	55	0	0	3	4	4.4	5	16	16	R3	4	D	10	38	Malo
85	102.15	103	0.85	Caliza/Dique tardío	0.85	100	0.85	100	20	0	85	13	20	20	R4	7	D	10	70	Bueno
86	103	103.4	0.4	Dique tardío/caliza	0.4	100	0.4	100	19	2	13.3	7	19	19	R3.5	4	D	10	59	Regular
87	103.4	103.9	0.5	Caliza	0.5	100	0.33	66	13	4	10	7	16	16	R3.5	4	D	10	50	Regular
88	103.9	105.45	1.55	Caliza	1.5	97	1.16	75	14	4	30	9	18	18	R3	4	D	10	55	Regular
89	105.45	107	1.55	Caliza	1.55	100	1.46	94	18	1	77.5	12	16	16	R5	12	D	10	68	Bueno
90	107	108.55	1.55	Caliza	1.5	97	1.44	93	18	3	37.5	9	17	17	R4	7	D	10	61	Bueno

### CLASIFICACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI 89)

Proyecto	: Magistral	Norte	: 9,088,660.90	Taladro	: SG-PR-04 (PM-150)
Lugar	: Conchucos	Este	: 191,704.80	Orientación	: 90°
Ubicación	: Presa de relaves	Altura	: 3972.3	Diámetro	: HQ

N°	Desde	Hasta	Long. corrida	Litología	Recuperación		RQD			Espaciado de las juntas			Cond. de la disconti.		Resistencia		Cond. aguas subt.		RMR Básico	Clase de roca
					Long. (m)	(%)	Long. (m)	%	R	N° Fract.	Espac. (cm)	R	Categ.	R	Grado	R	Grado	R		
91	108.55	110.1	1.55	Caliza	1.55	100	1.55	100	20	0	155	17	20	20	R4	7	D	10	74	Bueno
92	110.1	111.65	1.55	Caliza	1.55	100	1.38	89	17	4	31	9	15	15	R5	12	D	10	63	Bueno
93	111.65	113.2	1.55	Caliza	1.55	100	1.55	100	20	0	155	17	20	20	R3	4	D	10	71	Bueno
94	113.2	114.75	1.55	Caliza	1.52	98	1.38	89	17	4	30.4	9	18	18	R3	4	D	10	58	Regular
95	114.75	116.3	1.55	Caliza	1.57	101	1.41	91	18	4	31.4	9	19	19	R3	4	D	10	60	Regular
96	116.3	117.8	1.5	Caliza	1.48	99	1.48	99	19	2	49.3	10	15	15	R5	12	D	10	66	Bueno
97	117.8	119.35	1.55	Caliza	1.55	100	1.55	100	20	4	31	9	19	19	R3	4	D	10	62	Bueno
98	119.35	120.9	1.55	Caliza	1.55	100	1.01	65	13	9	15.5	7	16	16	R3.5	4	D	10	50	Regular
99	120.9	122.45	1.55	Caliza	1.54	99	1.54	99	19	0	154	17	20	20	R4	7	D	10	73	Bueno
100	122.45	124	1.55	Caliza	1.51	97	1.51	97	19	0	151	17	20	20	R4	7	D	10	73	Bueno
101	124	125.5	1.5	Caliza	1.5	100	1.55	103	20	0	150	17	20	20	R4	7	D	10	74	Bueno
102	125.5	127	1.5	Caliza	1.45	97	1.41	94	18	2	48.3	10	18	18	R3.5	4	D	10	60	Regular
103	127	128	1	Caliza	0.87	87	0	0	3	18	4.6	5	12	12	R3	4	D	10	34	Malo
104	128	129.5	1.5	Caliza	1.5	100	1.2	80	16	5	25	8	11	11	R5	12	D	10	57	Regular
105	129.5	131.05	1.55	Caliza	1.55	100	1.52	98	19	5	25.8	8	13	13	R5	12	D	10	62	Bueno
106	131.05	132.6	1.55	Caliza	1.55	100	1.55	100	20	0	155	17	22	22	R5.5	12	D	10	81	Muy bueno
107	132.6	134.15	1.55	Caliza	1.55	100	1.53	99	19	3	38.8	9	18	18	R5	12	D	10	68	Bueno
108	134.15	135.7	1.55	Caliza	1.55	100	1.55	100	20	0	155	17	22	22	R5.5	12	D	10	81	Muy bueno
109	135.7	137.3	1.6	Caliza	1.59	99	1.59	99	19	2	53	11	15	15	R4	7	D	10	62	Bueno
110	137.3	138.85	1.55	Caliza	1.55	100	1.55	100	20	0	155	17	22	22	R5.5	12	D	10	81	Muy bueno
111	138.85	140.4	1.55	Caliza	1.55	100	1.55	100	19	2	51.7	11	17	17	R4	7	D	10	64	Bueno
112	140.4	141.95	1.55	Caliza	1.55	100	1.55	100	20	0	155	17	22	22	R4	7	D	10	76	Bueno
113	141.95	143.5	1.55	Caliza	1.55	100	1.55	100	19	1	77.5	12	17	17	R4.5	7	D	10	65	Bueno
114	143.5	145	1.5	Caliza	1.5	100	1.55	103	20	2	50	11	16	16	R4.5	7	D	10	64	Bueno
115	145	146.55	1.55	Caliza	1.55	100	1.37	88	17	6	22.1	8	17	17	R4.5	7	D	10	59	Regular
116	146.55	148	1.45	Caliza	1.45	100	1.45	100	20	0	145	17	22	22	R3.5	4	D	10	73	Bueno
117	148	148.3	0.3	Caliza	0.3	100	0.3	100	19	0	30	9	22	22	R3.5	4	D	10	64	Bueno
118	148.3	149	0.7	Caliza	0.7	100	0	0	3	12	5.4	5	12	12	R3	4	D	10	34	Malo
119	149	149.55	0.55	Caliza	0.55	100	0.55	100	19	0	55	11	18	18	R3.5	4	D	10	62	Bueno
120	149.55	150.55	1	Caliza	1	100	1	100	20	0	100	14	22	22	R4	7	D	10	73	Bueno



**CLASIFICACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI 89)**

**Proyecto** : Magistral Norte : 9,088,138.19 Taladro : SG-PR-05 (PM-150)  
**Lugar** : Conchucos Este : 191,324.06 Orientación : 90°  
**Ubicación** : Presa de relaves Altura : 3,987.62 Diámetro : HQ

N°	Desde	Hasta	Long. corrida	Litología	Recuperación		RQD			Espaciado de las juntas			Cond. de la disconti.		Resistencia		Cond. aguas subt.		RMR Básico	Clase de roca
					Long. (m)	(%)	Long. (m)	%	R	N° Fract.	Espac. (cm)	R	Categ.	R	Grado	R	Grado	R		
31	59.5	61	1.5	Arenisca	1.4	93	1.4	93	18	1	70	12	22	22	R3.5	4	C	7	63	Bueno
32	61	62.5	1.5	Arenisca	1.5	100	1.5	100	20	1	75	12	22	22	R3.5	4	C	7	65	Bueno
33	62.5	64	1.5	Arenisca/ Caliza	1.5	100	1.3	87	17	4	30	9	20	20	R3.5	4	C	7	57	Regular
34	64	65.5	1.5	Caliza	1.5	100	1	67	13	5	25	8	20	20	R5	12	C	7	60	Regular
35	65.5	67	1.5	Caliza	1.4	93	1.05	70	14	6	20	8	22	22	R3.5	4	C	7	55	Regular
36	67	68.3	1.3	Caliza	1.3	100	1	77	15	5	21.7	8	22	22	R3.5	4	C	7	56	Regular
37	68.3	69	0.7	Caliza	0.7	100	0.7	100	19	1	35	9	22	22	R3.5	4	C	7	61	Bueno
38	69	69.5	0.5	Caliza	0.4	80	0	0	3	6	5.7	5	10	10	R2.5	2	C	7	27	Malo
39	69.5	70.3	0.8	Caliza	0.8	100	0.6	75	15	5	13.3	7	10	10	R2.5	2	C	7	41	Regular
40	70.3	71.1	0.8	Caliza	0.8	100	0.8	100	20	0	80	13	23	23	R3.5	4	C	7	67	Bueno
41	71.1	72.7	1.6	Caliza	1.6	100	0.85	53	10	10	14.5	7	18	18	R3.5	4	C	7	46	Regular
42	72.7	74.3	1.6	Caliza	1.55	97	0.4	25	6	12	11.9	7	16	16	R3.5	4	C	7	40	Malo
43	74.3	75.3	1	Caliza	0.8	80	0	0	3	14	5.3	5	14	14	R3	4	C	7	33	Malo
44	75.3	76.9	1.6	Caliza	1.55	97	1.4	87	17	1	77.5	12	22	22	R3.5	4	C	7	62	Bueno
45	76.9	78.5	1.6	Caliza	1.6	100	1.3	81	16	4	32	9	22	22	R4	7	C	7	61	Bueno
46	78.5	80.1	1.6	Caliza	1.6	100	1.6	100	20	5	26.7	8	22	22	R3.5	4	C	7	61	Bueno
47	80.1	81.7	1.6	Caliza	1.6	100	1.25	78	15	5	26.7	8	22	22	R3.5	4	C	7	56	Regular
48	81.7	82.7	1	Caliza	1	100	0.92	92	18	4	20	8	22	22	R3.5	4	C	7	59	Regular
49	82.7	83.85	1.15	Caliza	1.15	100	0.55	48	9	9	11.5	7	22	22	R3.5	4	C	7	49	Regular
50	83.85	85	1.15	Caliza	1.15	100	0.8	70	13	7	14.4	7	23	23	R3.5	4	C	7	54	Regular
51	85	86.5	1.5	Caliza	1.5	100	1.24	83	16	5	25	8	23	23	R3.5	4	C	7	58	Regular
52	86.5	88	1.5	Caliza	1.5	100	1.25	83	16	6	21.4	8	23	23	R4	7	C	7	61	Bueno
53	88	89.5	1.5	Caliza	1.5	100	1.5	100	20	2	50	11	23	23	R3.5	4	C	7	65	Bueno
54	89.5	91	1.5	Caliza	1.45	97	1.25	83	16	5	24.2	8	20	20	R3.5	4	C	7	55	Regular
55	91	92.5	1.5	Caliza	1.5	100	1.2	80	16	3	37.5	9	20	20	R3.5	4	C	7	56	Regular
56	92.5	93.7	1.2	Caliza/ Arenisca	1.2	100	1.2	100	19	2	40	10	22	22	R4	7	C	7	65	Bueno
57	93.7	95.2	1.5	Arenisca	1.5	100	1.5	100	20	4	30	9	22	22	R3.5	4	C	7	62	Bueno
58	95.2	96.4	1.2	Arenisca	1.2	100	0.9	75	14	6	17.1	7	22	22	R3.5	4	C	7	54	Regular
59	96.4	98	1.6	Arenisca	1.6	100	1	63	12	11	13.3	7	22	22	R3.5	4	C	7	52	Regular
60	98	99.55	1.55	Arenisca/ caliza	1.5	97	0.55	35	8	14	10	7	22	22	R3.5	4	C	7	48	Regular

**CLASIFICACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI 89)**

**Proyecto** : Magistral **Norte** : 9,088,138.19 **Taladro** : SG-PR-05 (PM-150)  
**Lugar** : Conchucos **Este** : 191,324.06 **Orientación** : 90°  
**Ubicación** : Presa de relaves **Altura** : 3,987.62 **Diámetro** : HQ

N°	Desde	Hasta	Long. corrida	Litología	Recuperación		RQD			Espaciado de las juntas			Cond. de la disconti.		Resistencia		Cond. aguas subt.		RMR Básico	Clase de roca
					Long. (m)	(%)	Long. (m)	%	R	N° Fract.	Espac. (cm)	R	Categ.	R	Grado	R	Grado	R		
61	99.55	100	0.45	Caliza	0.45	100	0.27	60	11	3	11.3	7	22	22	R3.5	4	C	7	51	Regular
62	100	101.5	1.5	Caliza/ arenisca	1.5	100	1	67	13	6	21.4	8	22	22	R3.5	4	C	7	54	Regular
63	101.5	102.9	1.4	Arenisca	1.4	100	0.7	50	9	12	10.8	7	22	22	R3.5	4	C	7	49	Regular
64	102.9	103.2	0.3	Arenisca	0.3	100	0.15	50	10	4	6	6	22	22	R3.5	4	C	7	49	Regular
65	103.2	103.8	0.6	Arenisca	0.6	100	0.3	50	10	6	8.6	6	22	22	R3.5	4	C	7	49	Regular
66	103.8	105.4	1.6	Arenisca	1.6	100	1	62	12	10	14.5	7	20	20	R3.5	4	C	7	50	Regular
67	105.4	107	1.6	Arenisca	1.6	100	0.8	50	10	9	16	7	22	22	R3.5	4	C	7	50	Regular
68	107	107.8	0.8	Arenisca / Falla	0.8	100	0.2	25	6	11	6.7	6	18	18	R3	4	C	7	41	Regular
69	107.8	108.5	0.7	Falla	0.7	100	0	0	3	-	-	5	0	0	R0.5	0	C	7	15	Muy malo
70	108.5	109	0.5	Falla	0.5	100	0	0	3	-	-	5	0	0	R0.5	0	C	7	15	Muy malo
71	109	109.5	0.5	Falla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
72	109.5	109.9	0.4	Falla	0.1	25	0	0	3	1	5	5	16	16	R3	4	C	7	35	Malo
73	109.9	110.7	0.8	Falla	0.7	88	0.15	19	5	7	8.8	6	8	8	R2.5	2	C	7	28	Malo
74	110.7	112	1.3	Falla	1.05	81	0.4	31	7	8	11.7	7	8	8	R2.5	2	C	7	31	Malo
75	112	112.8	0.8	Falla	0.8	100	0	0	3	-	-	5	0	0	R0.5	0	C	7	15	Muy malo
76	112.8	113.8	1	Falla	0.9	90	0	0	3	-	-	5	0	0	R0.5	0	C	7	15	Muy malo
77	113.8	115	1.2	Falla	1.2	100	0	0	3	-	-	5	0	0	R1	1	C	7	16	Muy malo
78	115	115.9	0.9	Falla	0.9	100	0.2	22	5	12	6.9	6	12	12	R2.5	2	C	7	32	Malo
79	115.9	116.2	0.3	Falla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
80	116.2	116.8	0.6	Falla	0.2	33	0	0	3	-	-	5	0	0	R1.5	1	C	7	16	Muy malo
81	116.8	118	1.2	Falla	1.05	87	0.7	58	11	4	21	8	15	15	R2	2	C	7	43	Regular
82	118	119.4	1.4	Falla	1.4	100	0.7	50	9	9	14	7	12	12	R2	2	C	7	37	Malo
83	119.4	120.6	1.2	Falla / Granodiorita	1.05	88	0.45	38	8	8	11.7	7	12	12	R2.5	2	C	7	36	Malo
84	120.6	122	1.4	Granodiorita	1.4	100	0.75	54	10	8	15.6	7	16	16	R3.5	4	C	7	44	Regular
85	122	122.3	0.3	Granodiorita	0.3	100	0	0	3	4	6	6	20	20	R4	7	C	7	43	Regular
86	122.3	123.7	1.4	Granodiorita	1.4	100	1.1	79	15	10	12.7	7	22	22	R3.5	4	C	7	55	Regular
87	123.7	124	0.3	Granodiorita	0.3	100	0	0	3	3	7.5	6	22	22	R3.5	4	C	7	42	Regular
88	124	125.4	1.4	Granodiorita	1	71	0.4	29	6	8	11.1	7	22	22	R3.5	4	C	7	46	Regular
89	125.4	126.1	0.7	Granodiorita	0.5	71	0	0	3	4	10	7	22	22	R3.5	4	C	7	43	Regular
90	126.1	127.6	1.5	Granodiorita	1.45	97	0.7	47	9	10	13.2	7	22	22	R3.5	4	C	7	49	Regular

**CLASIFICACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI 89)**

**Proyecto** : Magistral **Norte** : 9,088,138.19 **Taladro** : SG-PR-05 (PM-150)  
**lugar** : Conchucos **Este** : 191,324.06 **Orientación** : 90°  
**Ubicación** : Presa de relaves **Altura** : 3,987.62 **Diámetro** : HQ

N°	Desde	Hasta	Long. corrida	Litología	Recuperación		RQD			Espaciado de las juntas			Cond. de la disconti.		Resistencia		Cond. aguas subt.		RMR Básico	Clase de roca
					Long. (m)	(%)	Long. (m)	%	R	N° Fract.	Espac. (cm)	R	Categ.	R	Grado	R	Grado	R		
91	127.6	129.2	1.6	Granodiorita	1.6	100	0.8	50	10	12	12.3	7	18	18	R3.5	4	C	7	46	Regular
92	129.2	130.35	1.15	Granodiorita	1.15	100	0.7	61	12	7	14.4	7	22	22	R3.5	4	C	7	52	Regular
93	130.35	131.65	1.3	Granodiorita	1.3	100	0.95	73	14	5	21.7	8	18	18	R3.5	4	C	7	51	Regular
94	131.65	132.7	1.05	Granodiorita	0.95	90	0.45	43	8	4	19	7	18	18	R3.5	4	C	7	44	Regular
95	132.7	134.2	1.5	Granodiorita	1.4	93	0.8	53	10	6	20	8	18	18	R3.5	4	C	7	47	Regular
96	134.2	135.5	1.3	Granodiorita	1.3	100	0.9	69	13	6	18.6	7	22	22	R3.5	4	C	7	53	Regular
97	135.5	135.85	0.35	Granodiorita	0.25	71	0	0	3	2	8.3	6	22	22	R3.5	4	C	7	42	Regular
98	135.85	136.5	0.65	Granodiorita	0.65	100	0.35	54	10	4	13	7	22	22	R3.5	4	C	7	50	Regular
99	136.5	138	1.5	Granodiorita	1.45	97	0.95	63	12	6	20.7	8	22	22	R3.5	4	C	7	53	Regular
100	138	138.3	0.3	Granodiorita	0.25	83	0	0	3	2	8.3	6	22	22	R3.5	4	C	7	42	Regular
101	138.3	139.8	1.5	Granodiorita	1.5	100	1.3	87	17	4	30	9	22	22	R4	7	C	7	62	Bueno
102	139.8	140.3	0.5	Granodiorita	0.35	70	0.35	70	14	1	17.5	7	22	22	R4	7	C	7	57	Regular
103	140.3	141.2	0.9	Granodiorita	0.9	100	0.5	56	11	4	18	7	22	22	R4	7	C	7	54	Regular
104	141.2	142.2	1	Granodiorita	1	100	0.8	80	16	4	20	8	22	22	R5	12	C	7	65	Bueno
105	142.2	143.8	1.6	Granodiorita	1.6	100	1.4	87	17	3	40	10	22	22	R4	7	C	7	63	Bueno
106	143.8	144.7	0.9	Granodiorita	0.9	100	0.65	72	14	4	18	7	22	22	R4	7	C	7	57	Regular
107	144.7	146.3	1.6	Granodiorita	1.6	100	1.4	87	17	4	32	9	22	22	R4	7	C	7	62	Bueno
108	146.3	147.9	1.6	Granodiorita	1.5	94	1.15	72	14	5	25	8	22	22	R4	7	C	7	58	Regular
109	147.9	149.5	1.6	Granodiorita	1.6	100	1.4	88	17	5	26.7	8	22	22	R6	15	C	7	69	Bueno
110	149.5	150	0.5	Granodiorita	0.5	100	0.5	100	20	1	25	8	22	22	R4	7	C	7	64	Bueno