

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Diseño de Dique modelando la estabilidad del talud
con tratamiento de relave en la unidad minera Mahr
Tunel N° 6 Volcan S.A.A, Yauli-La Oroya, 2018**

Miriam Estefani Suarez Palacios

Para optar el Título Profesional de
Ingeniera Civil

Huancayo, 2019

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

ASESOR

Ing. Omar Augusto Hidalgo Quispe

AGRADECIMIENTO

Primero agradezco a Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por guiarme e iluminarme y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y mi compañía durante todo el proceso de estudio.

A mis padres: que han sido mi ejemplo continuo de lucha para lograr los objetivos que me he propuesto, y así mismo que me han enseñado a valorar todo lo que me dieron con sus esfuerzos. Les agradezco por entregarme su apoyo incondicional y el cariño que tan importante ha sido en los momentos buenos y malos. Ahora comienza una nueva etapa con nuevos desafíos y altibajos que podré superar y sé que ustedes seguirán ahí apoyándome incondicionalmente, gracias por el amor y los valores que me inculcaron día a día y que hoy hacen parte de mí.

A mi hermano: Milthon Suarez Palacios, por haberme apoyado en toda mi etapa de formación profesional, y que fue enseñándome con el carácter tan tierno a ver con forma optimista el futuro.

A mi asesor: Omar Hidalgo Quispe muchas gracias por su guía y ayuda incondicional en cada etapa de este trabajo.

A mis profesores: Por ser quienes me guiaron y han sido fuente de conocimientos en toda mi formación académica. Al haberme transmitido todas sus experiencias las que recordaré siempre.

A mis familiares, un agradecimiento especial a mis tías y tíos por su apoyo incondicional durante toda mi carrera.

A mis amigos, gracias por los momentos de alegría y por la confianza que han tenido en mí para compartir momentos y experiencias alegres, de reflexión o tristeza. Espero la amistad perdure en el tiempo y que los momentos se sigan repitiendo.

Y a todas aquellas personas que, de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de esta investigación, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, hermano y a todas las personas que estuvieron presentes durante toda mi formación profesional.

ÍNDICE

PORTADA.....	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA.....	V
ÍNDICE	VI
LISTA DE TABLAS	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE GRÁFICOS	XI
RESUMEN	XII
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XIV
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	15
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2. Objetivos.....	16
1.2.1. Objetivo general	16
1.2.2. Objetivos específicos.....	16
1.3. Justificación e importancia	17
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	18
2.1.1. En el Ámbito Internacional	18
2.1.2. En el Ámbito Nacional	20
2.1.3. En el Ámbito Local.....	23
2.2. Bases teóricas	23
2.2.1. Diques.....	23
2.2.2. Diseño de diques.....	28
2.2.3. Relave.....	31
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....	56
3.1. METODOLOGÍA APLICADA PARA EL DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN	56
3.1.1. Diagnóstico:.....	56
3.1.2. Obtención de los datos:.....	57
3.1.3. Modelamiento:	68
CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	69
4.1. IDENTIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS.....	69
4.1.1. Análisis de estabilidad.....	72
4.1.2. Análisis de peligro sísmico	74
4.1.3. Consideraciones del nivel freático.....	76
4.2. Análisis de la solución	77
4.2.1. Parámetros Geotécnicos de los Materiales	77
4.2.2. Coeficiente sísmico	77
4.2.3. Factores de seguridad.....	79
4.3. Diseño.....	79
CAPÍTULO V CONSTRUCCIÓN.....	99
5.1. CONSTRUCCIÓN	99
5.1.1. Ubicación.....	99
5.1.2. Etapas constructivas	100
5.1.3. Requisitos de compactación	104
5.1.4. Controles	105
5.2. Pruebas y resultados de laboratorio y campo.....	110
5.2.1. Análisis de Relave Grueso	110
5.2.2. Análisis de Material de Préstamo (morrena).....	112
5.2.3. Análisis de densidad de campo de relave grueso.....	113
5.2.4. Análisis de densidad de campo de morrena	116

CONCLUSIONES.....	118
TRABAJOS FUTUROS	121
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	123
ANEXOS	126

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Proceso de Diseño y Construcción	50
Tabla 2: Pruebas de relave grueso	70
Tabla 3: Pruebas de relave fino	70
Tabla 4: Densidad de Cono de arena de Relave Grueso y Fino	71
Tabla 5: Aceleraciones Máximas Esperadas	75
Tabla 6: Parámetros de Resistencia	77
Tabla 7: Factores de Seguridad obtenidos – Condición Estática	97
Tabla 8: Factores de Seguridad obtenidos – Condición Pseudo-Estática.....	98
Tabla 9: Curva del Recrecimiento de la Presa Elevación 4016.6 a 4035 m.s.n.m. Depósito N°6 Mahr Tunel.....	101
Tabla 10: Características de los ensayos de los materiales	105
Tabla 11: Número de capas por etapas y material	106
Tabla 12: Equipos requeridos	107
Tabla 13: Recursos Humanos.....	107
Tabla 14: Costos Estimados	108
Tabla 15: Pruebas de laboratorio del relave grueso	110
Tabla 16: Pruebas de laboratorio de morrena	112
Tabla 17: Ensayos de densidad in-situ método cono de arena	114
Tabla 18: Ensayos de densidad in-situ método reemplazo por agua	116

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diferenciación básica entre los diques naturales y artificiales.....	25
Figura 2: Esquema de la sección de un dique en talud.....	26
Figura 3: Esquema de la sección de un dique vertical.....	27
Figura 4: Esquema de la sección de un dique mixto.....	28
Figura 5: Crecimiento del dique aguas arriba.....	34
Figura 6: Crecimiento del dique aguas abajo.....	35
Figura 7: Crecimiento del dique línea central.....	36
Figura 8: Partes de un depósito de relave.....	38
Figura 9: Rollo de geotextil.....	39
Figura 10: Rollo de geomembrana.....	41
Figura 11: Geomallas.....	43
Figura 12: Geomembrana instalada en el dique.....	44
Figura 13: Ejemplo de un análisis de estabilidad de taludes establecido por U.S. Corps of Engineers.....	48
Figura 14: Programa Slide v6.0.....	55
Figura 15: Relavera N°5.....	57
Figura 16: Muestreo de material.....	58
Figura 17: Cuarteo del material.....	59
Figura 18: Tamizado del material.....	59
Figura 19: Material tamizado.....	60
Figura 20: Material en estado natural.....	61
Figura 21: Material en estado húmedo.....	61
Figura 22: Límite líquido del material.....	62
Figura 23: Proctor Estándar del material de relave.....	63
Figura 24: Descarguío de material de relave.....	65
Figura 25: Tendido del material de relave.....	65
Figura 26: Compactación del material de relave.....	66
Figura 27: Ensayo de densidad de campo – Cono de Arena.....	66
Figura 28: Ensayo de densidad de campo – Reemplazo por Agua.....	67
Figura 29: Método de Dovelas.....	73
Figura 30: Nivel Freático (W).....	76
Figura 31: Valores de K recomendados para el análisis pseudo-estático.....	78
Figura 32: Ubicación de las secciones A-A y B-B utilizados en el análisis de estabilidad.....	79
Figura 33: Estabilidad Estática – Etapa I – Sección A-A.....	81
Figura 34: Estabilidad Sísmica – Etapa I – Sección A-A.....	82
Figura 35: Estabilidad Estática – Etapa I – Sección B-B.....	83
Figura 36: Estabilidad Sísmica – Etapa I – Sección B-B.....	84
Figura 37: Estabilidad Estática – Etapa II – Sección A-A.....	85
Figura 38: Estabilidad Sísmica – Etapa II – Sección A-A.....	86
Figura 39: Estabilidad Estática – Etapa II – Sección B-B.....	87
Figura 40: Estabilidad Sísmica – Etapa II – Sección B-B.....	88
Figura 41: Estabilidad Estática – Etapa III – Sección A-A.....	89
Figura 42: Estabilidad Sísmica – Etapa III – Sección A-A.....	90
Figura 43: Estabilidad Estática – Etapa III – Sección B-B.....	91
Figura 44: Estabilidad Sísmica – Etapa III – Sección B-B.....	92
Figura 45: Estabilidad Estática – Etapa IV – Sección A-A.....	93
Figura 46: Estabilidad Sísmica – Etapa IV – Sección A-A.....	94
Figura 47: Estabilidad Estática – Etapa IV – Sección B-B.....	95

Figura 48: Estabilidad Sísmica – Etapa IV – Sección B-B.....	96
Figura 49: Ubicación de canteras y depósito de relaves	99
Figura 50: Ubicación de la Unidad Minera Mahr Tunel N°6 – VOLCAN S.A.A, YAULI – LA OROYA	100
Figura 51: Sección transversal presa recrecimiento final cota 4035 m.s.n.m.	101
Figura 52: Sección transversal presa recrecimiento con cota 4020.6 m.s.n.m. – Etapa 1	102
Figura 53: Sección transversal presa recrecimiento con cota 4024 m.s.n.m. – Etapa 2.....	102
Figura 54: Sección transversal presa recrecimiento con cota 4032 m.s.n.m. – Etapa 3.....	103
Figura 55: Sección transversal presa recrecimiento con cota 4035 m.s.n.m. – Etapa 4.....	104
Figura 56: Cronograma de Ejecución	109

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: ENSAYOS PRELIMINARES DEL RELAVE (ESTÁNDARES Y ESPECIALES).....	127
Anexo 2: PLANOS DE DISEÑO.....	180
Anexo 3: ENSAYOS ESTÁNDARES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL DIQUE.....	186
Anexo 4: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO	199
Anexo 5: PROCESO DEL MODELAMIENTO EN EL SOFTWARE v.6.0	211

RESUMEN

El presente trabajo es uno de los temas importantes asociados a los trabajos mineros que corresponde a todo aquello relacionado con el relave, las obras constructivas de disposición, en la superficie de la tierra conocida como Depósitos de Relave que son los residuos producto de actividades minero - metalúrgicas. Los proyectos mineros son ejecutados normalmente en cortos plazos, presentan alta complejidad técnica y logística, con frecuentes cambios en su alcance y con gran impacto en el control de la seguridad y calidad.

Debido al aumento de los precios de los metales en años recientes, la industria ha incrementado su producción de minerales y por consiguiente la emisión de los residuos (relave), ocasionando que muchos depósitos alcancen su máxima capacidad de almacenamiento con anticipación al tiempo que fueron diseñados.

La presente investigación se enfoca en generar una propuesta de diseño de dique modelando la estabilidad del talud con tratamiento de relave en la Unidad Minera Mahr Túnel N°6 – Volcan S.A.A, Yauli – La Oroya, 2018, con lo cual se pretende presentar una alternativa para la reutilización del relave bajo condiciones de estabilidad física y con efectos en la reducción de costos en el caso de implementación de la propuesta, así como efectos en el cuidado del medio ambiente.

Por ello, se desarrolló las pruebas de calidad; las cuales son contenido de humedad, granulometría, límites, proctor estándar, densidad in situ, y realizadas al momento que el material (morrena y relave) fue preparado en cantera, colocado y conformado en el terraplén, obteniendo resultados muy favorables a la investigación, tal es así que, de todo ello, concluimos que el recrecimiento del depósito de relaves utilizando los dos materiales (morrena y relave) aguas arriba y aguas abajo del depósito disminuye la contaminación, mejora la estabilidad de la presa y reduce los costos de éste.

ABSTRACT

The present work is one of the important topics associated with the mining works that correspond to a topic related to the work, the construction works of the disposal, on the surface of the land known as Tailings Deposits that are the waste product of metallurgical activities. Mining projects are normally executed in short terms, they present high technical and logistical complexity, with changes in their scope and with great impact on the control of safety and quality.

Due to the increase in the prices of metals in recent years, the industry has increased its production of minerals and the emission of waste (tailings), causing many deposits have reached the maximum storage capacity in advance of the time they were designed.

The present investigation focused in determining the effect that has the use of the reference material for "Recrecimiento of deposit of tailings in process and related to the miner in the mining unit mahr tunnel N ° 6 - VOLCAN SAA, YAULI - LA OROYA", with which it will be demonstrated that its use ensures the necessary physical security, the reduction of costs when carrying out the project and the collaboration with the protection of the environment.

For this, the quality tests of the things, humidity content, granulometry, limits, modified proctor, density in situ, and yield at the moment the material (prepared and related) was prepared in quarry, placed and shaped in the terrain, obtaining very favorable results to the investigation, so much so that, of all this, it concludes that the recreation of the deposit of tailings using the materials (downstream) the dam and to reduce the costs of it.

INTRODUCCIÓN

El presente informe de investigación se basa en un proceso de análisis y experimentación a nivel de laboratorio y campo, en relación con los parámetros técnicos ya determinados, empleados para obtener las propiedades físicas del relave y el comportamiento de éste para la construcción del dique.

El problema radica en que actualmente a la construcción de los Depósitos de Relaves en el Mundo se le asocia con muchos problemas de contaminación ambiental y al mismo tiempo ser causantes de pérdidas de vidas humanas y daños a obras de infraestructura, las cuales se originan por fallas o colapsos de las mismas por diversos motivos físico-mecánicos.

El objetivo de la investigación es generar una propuesta de diseño de dique modelando la estabilidad del talud con tratamiento de relave en la Unidad Minera Mahr Túnel N°6 – Volcan S.A.A, Yauli – La Oroya, 2018

Para lo cual, se realizaron ensayos de calidad del relave y morrena como materiales en la construcción del dique, estos de acuerdo a lo que especifica la norma, obteniendo muy buenos resultados, ya que todas cumplen con los parámetros establecidos.

La investigación determinó establecer los procedimientos constructivos y aplicar en las mineras, el buen uso del relave, utilizándolo en obras civiles (en este caso para la construcción de un dique); de esta manera minimizar los impactos ocasionados por la minería.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Explica Benedicti, que un dique puede ser considerado como un terraplén de carácter natural o artificial, por lo general de suelo, paralelo al curso de un río; que si bien constructivamente poseen similares características a las presas, aquellas difieren de estas en su función.

En tanto, los relaves son definidos como residuos no valiosos provenientes de la minería y el procesamiento de mineral. (Romero, A. y Flores, L, 2010)

Nuestro país es eminentemente minero y el desempeño de este sector tiene efectos importantes para la economía del país. Así, según informe de la consultora Maximixe para el 2018 la inversión minera crecerá aproximadamente en 30%. El incremento del precio de los minerales que exporta nuestro país favorece a los ingresos fiscales y por ende tiene efectos positivos en las familias peruanas.

Pese a su importancia económica, también hay que considerar los efectos contra el medio y los conflictos sociales que se generan producto del daño ambiental y el malestar de la población aledaña a los proyectos. Según un Informe de la Defensoría del Pueblo realizado el año 2017, la mitad de los conflictos suscitados en el país, ocurren en el sector de la minería.

Uno de los factores que incide en la problemática descrita es con respecto al tratamiento que las empresas mineras –sobre todo medianas- con realizan el relave. Pese a la normatividad vigente con respecto al tema ambiental, las empresas aún no han generado

procesos constructivos que permitan minimizar el impacto ambiental tras un adecuado tratamiento en la deposición de estos desechos minerales.

Por lo mismo, nuestra investigación se centró en generar una propuesta de diseño de dique modelando la estabilidad del talud con tratamiento de relave en la Unidad Minera de Mahr Túnel de la Empresa Volcan, la misma que ha impulsado su preocupación con respecto al manejo técnico del relave, pues actualmente vienen trabajando la separación de las partículas gruesas de las finas mediante un ciclón. Por lo que prevén otras alternativas como la instalación de un segundo ciclón que mejoraría la separación de las partículas gruesas del relave antes de su disposición final entre otras alternativas para buscar un manejo técnico y económico en el tratamiento del relave.

Objetivos

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Generar una propuesta de diseño de dique modelando la estabilidad del talud con tratamiento de relave en la Unidad Minera Mahr Túnel N°6 – Volcan S.A.A, Yauli – La Oroya, 2018.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Generar una base de datos que se emplearán en la propuesta de diseño de dique modelando la estabilidad del talud con tratamiento de relave en la Unidad Minera Mahr Túnel N°6 – Volcan S.A.A, Yauli – La Oroya, 2018.
- Establecer los criterios estructurales que se emplearán para generar una propuesta de diseño de dique modelando la estabilidad del talud con tratamiento de relave en la Unidad Minera Mahr Túnel N°6 – Volcan S.A.A, Yauli – La Oroya, 2018.
- Definir los componentes estructurales que permitan niveles altos de seguridad en la propuesta de diseño de dique modelando la estabilidad del talud con tratamiento de relave en la Unidad Minera Mahr Túnel N°6 – Volcan S.A.A, Yauli – La Oroya, 2018.

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Existiendo la necesidad apremiante por parte de las empresas mineras de realizar un tratamiento adecuado del relave, la investigación tiene una relevancia importante porque representa una alternativa frente a los diferentes métodos que se vienen implementando para una deposición técnica del relave desde el enfoque de la ingeniería civil. La relevancia práctica se encuentra sustentada porque el estudio representará un modelo en cuanto a delinear los procedimientos constructivos necesarios para un correcto uso del relave, modelo que podrá aplicarse en otras empresas mineras con el afán de reducir los impactos contra el medio ambiente ocasionados por la minería.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

2.1.1. EN EL ÁMBITO INTERNACIONAL

- A. **CARVAJAL ARROYO, MEILI IGNACIA** (CARVAJAL, 2018): “DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DE DEPÓSITOS DE RELAVES” Tesis para optar el grado de Ingeniera Civil; SANTIAGO DE CHILE – CHILE -2018.

El presente trabajo de título tiene como principal objetivo proponer una metodología capaz de determinar el nivel de estabilidad física que tiene un depósito de relaves en Chile, en el contexto del Programa Tranque, iniciativa de CORFO, que busca generar tecnologías que aporten al monitoreo en línea de depósitos de relaves. La metodología propuesta consta de tres módulos, donde el nivel de dificultad aumenta en cada uno. El primero, denominado Evaluación Cualitativa, consiste en la asignación de puntaje a características físicas que son de fácil evaluación, donde la suma de estas puntuaciones, sumado a la presencia de factores agravantes, entrega un resultado. Si la evaluación cualitativa es baja, se pasa al siguiente módulo, que corresponde a la Verificación de Parámetros Críticos para cada mecanismo de falla. Si estos parámetros se encuentran dentro del umbral definido, se pasa al módulo final de Determinación del Índice de Estabilidad Física, el cual se calcula a través de un Árbol de Falla para cada mecanismo de falla.

- B. DE LA CRUZ FERNANDEZ, SONY ELIZABETH** (DE LA CRUZ, 2017):
“EVALUACIÓN DEL FALLO DE PRESA DE RELAVES CON EL MÉTODO DEL ÁRBOL DE FALLOS” Tesis para optar el grado de Máster Universitario en Minería Sostenible; MADRID–ESPAÑA – 2017.

El objetivo principal de este trabajo consiste en definir una metodología con el Árbol de Fallos que permita determinar las causas que condicionan el fallo de las presas de relaves y su liberación catastrófica al medio ambiente.

Para lograr el objetivo se elaboró una base de datos donde se recopilan 407 fallos de las presas de relaves a nivel mundial. Con esas bases se han definido las causas o mecanismos de fallo más representativo: 1) Deslizamiento del talud o inestabilidad de la pendiente, 2) Desbordamiento o sobrepaso, 3) Sismo o Terremoto, 4) Filtraciones, 5) Licuefacción estática.

Se abordó con éxito el objetivo principal, donde se pudo comprobar que el agua es el principal factor que influye en las condiciones de fallo o rotura de la presa de relaves para que se produzca una liberación de residuos al medio ambiente y se genere una situación de catástrofe.

La realización de un FTA (Árbol de Fallos), aunque difícil por las limitaciones de la información disponible, se configura como un buen método del análisis de riesgo para una presa de residuos mineros.

- C. GUTIÉRREZ SEPÚLVEDA, FELIPE ANDRÉS** (GUTIÉRREZ, 2017):
“EVALUACIÓN DE HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DE UNA PRESA DE RELAVES ESPESADOS” Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil de Minas, SANTIAGO DE CHILE – CHILE – 2017.

El objetivo de esta memoria es analizar la estabilidad física de una presa de relaves espesados ante sollicitaciones estáticas y sísmicas mediante el uso de herramientas empíricas, de equilibrio límite y modelamiento numérico. Para llevar a cabo el estudio, se selecciona una geometría y parámetros geotécnicos de los materiales de construcción representativos de una presa de relaves espesados. Para el caso de estudio definido, se realiza el análisis de estabilidad física estática, pseudo-estática, y dinámica, en software comercial de equilibrio límite (Slide v7.0).

Los resultados de los análisis estáticos mediante equilibrio límite y modelamiento numérico indican que el modo de falla del muro de contención corresponde a deslizamientos superficiales con factores de seguridad que varían entre 1.8 a 2.0.

- D. **BERNAL BORNOLE, MANUEL ARMANDO** (BERNAL, 2012): “ESTABILIDAD SÍSMICA EN PRESA DE RELAVE CONSTRUIDA POR EL MÉTODO DE EJE CENTRAL”. Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil; SANTIAGO DE CHILE - CHILE – 2012.

El objetivo de este estudio consiste en evaluar tanto el diseño de una presa de relaves construida por el método de eje central como la factibilidad del mismo, para utilizar datos reales, se ha optado por determinar las propiedades geo-mecánicas del relave integral del tranque Ovejería de la división Andina.

Se evalúa la resistencia al corte, el nivel de densificación y la disposición de las lamas que se requiere para dos diseños, los cuales deben cumplir con que el factor de seguridad asociado a la estabilidad pseudo-estática sea mayor a 1,2.

En este estudio, se ha realizado el análisis de estabilidad pseudo-estático de un muro de relaves típico construido con el método de recrecimiento de eje central. Los resultados indican que localmente se produce falla de las zonas apoyadas sobre las lamas. Si se controla la laguna de aguas claras, evitando que se sature el sector adyacente al muro, resulta posible compactar dicho sector y apoyar sobre este los prismas de crecimiento. En tal caso los análisis de estabilidad pseudo-estáticos indican un factor mayor o igual a 1,2, haciendo totalmente viable este tipo de construcción de tranque de relaves.

2.1.2. EN EL ÁMBITO NACIONAL

- A. **AGUIRRE RAMOS, ROBERTO EDUARDO** (AGUIRRE, 2017): “ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPÓSITO DE RELAVES Nº 5 DE LA CONCESIÓN DE BENEFICIO BELÉN DE MINERA TITÁN DEL PERÚ S.R.L.”, Tesis para optar el grado de Ingeniero Geólogo; AREQUIPA – PERÚ - 2017.

En ella se tuvo como objetivo general determinar que influencia tiene sobre la estabilidad física del depósito de relaves N° 5 de la empresa Minera Titán del Perú S.R.L., los cambios realizados en el diseño de ingeniería original en cuanto al sistema de disposición de relaves y los parámetros de construcción. Para realizar dicho cambio en la disposición de relaves fue necesario realizar antes un nuevo análisis de estabilidad física del depósito de relaves N° 5, para lo cual se tuvo que determinar las características geotécnicas de las unidades que yacen en los cimientos del depósito de relaves N° 5, de los materiales que conforman el dique de contención y las características físicas de los relaves a depositar en el vaso. La teoría, las investigaciones de campo y los ensayos de laboratorio usados para el análisis y diseño de esta propuesta son explicados en los capítulos respectivos. Los resultados del análisis de estabilidad física del depósito de relaves N° 5 indican que para las condiciones proyectadas tomando en cuenta los cambios realizados en la disposición de relaves así como la construcción de la berma de contención, el depósito de relaves N° 5 obtiene valores favorables de los factores de seguridad para la sección analizada, certificando una operación segura.

- B. **MENDOZA LOAYZA, JOEL ARTURO** (MENDOZA, 2016): “ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE SUELOS DE GRAN ALTURA EN LA MINA ANTAPACCAY” Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil; LIMA – PERÚ – 2016.

El objetivo principal de este trabajo es realizar los cálculos de factores de seguridad y determinar los parámetros de diseño de taludes de suelos de más de 100 metros de altura empleando el análisis de equilibrio límite en condiciones estáticas y pseudo - estáticas.

Por otro lado, se ejecutará el análisis de estabilidad para los taludes del sector Este del tajo Sur. En este tajo, actualmente en desarrollo, se evidencia suelos con espesores promedio entre 80 a 120 m. Estos análisis se desarrollaran en condiciones parcialmente saturadas y además cumpliendo los criterios de aceptabilidad en condiciones estáticas y pseudoestáticas. Todos los análisis de estabilidad serán ejecutados empleando el software Slide v6.0.

- C. HUAÑA GONZALES, ORLANDO** (HUAÑA, 2015): “DISEÑO DE DEPÓSITOS DE RELAVES FILTRADOS” Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil, LIMA – PERÚ – 2015”.

El presente trabajo tiene por objetivo explicar la obtención, tratamiento y uso de relaves filtrados en las etapas de diseño, operación y el uso de relave filtrado como elemento principal en la construcción del propio depósito.

Llegando a la conclusión que las formas de disposición de relaves, desde los relaves en pulpa pasando por los relaves espesados y llegando hasta los relaves en pasta y filtrados, fueron posible por la tecnología combinada de espesadores y tipos de filtros, obteniéndose cada vez materiales (relaves filtrados) con mejores propiedades geotécnicas y mejores formas de transporte y colocación, teniendo con ello geometrías más pronunciadas, las cuales ocupan menos área en comparación con los relaves en pulpa y espesados.

- D. ALMERCÓ PALOMINO, DENIS OMAR** (ALMERCÓ, 2014): “CONSTRUCCIÓN DE DIQUE CON TRATAMIENTO DEL RELAVE, EN MINA CATALINA HUANCA – REGIÓN AYACUCHO”. Tesis para optar el grado de Ingeniero civil, LIMA – PERÚ - 2014.

En ella se tuvo como objetivos generales los siguientes ítems: Establecer procesos constructivos para la ejecución de un dique empleando el relave, Evitar la contaminación ambiental, producido por el relave, preservar la infraestructura a largo plazo y los bienes, construir el dique para el almacenamiento de relaves que se genera por el tratamiento metalúrgico, evaluar las características del suelo, de la presa y las propiedades físicas mecánicas del material de relave que conforme el dique, lograr que el impacto ambiental, tanto en la operación como el cierre del proyecto cumplan con la normativa ambiental del sector, sea ambientalmente sostenible y compatible con el desarrollo socioeconómico local y regional. Siendo una investigación aplicada, tiene como conclusiones esenciales a que: Durante todo el proceso de operación del depósito de relaves se deberá monitorear la densidad y humedad de compactación, espesor de capa compactada y granulometría de los relaves depositados. Este control será como mínimo de cuatro controles

semanales. Las capas luego de compactadas deberán tener una pendiente uniforme de 2%, en dirección hacia aguas abajo. Así también que Para un buen compactado de material, lo principal es la humedad del material, ya que si no se logra obtener la humedad ideal para compactar puede haber complicaciones futuras, como acolchonamientos en la capa compactada, lo cual afectaría al momento de realizar las pruebas de densidad, debe salir como mínimo 95% en la prueba mencionada, La humedad óptima para compactar la mezcla debe ser un promedio no mayor de 11.00%.

2.1.3. EN EL ÁMBITO LOCAL

- A. PARRAGA ROJAS, MARCY** (PÁRRAGA, 2015): “BENEFICIOS DEL USO DE GEOSINTÉTICOS PARA EL RECRECIMIENTO DE DEPÓSITOS DE RELAVES”, tesis para obtener el grado de Ingeniera Civil, HUANCAYO – PERÚ - 2015.

El presente trabajo tiene por objetivo determinar el efecto que tiene el uso de geo sintéticos en el control de filtraciones para el recrecimiento de depósito de relaves. Los resultados indican que el recrecimiento del depósito de relaves utilizando geosintéticos (geotextil, geomembrana) sobre la base y taludes del depósito incrementa la capacidad en volumen del depósito, reduce el área ocupada, disminuye la contaminación ambiental y evita filtraciones que desestabilicen el suelo.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. DIQUES

2.2.1.1. Concepto

En su connotación teórica, los diques se definen como vertederos o terraplenes cuyo origen puede ser natural o artificial, cuya presencia se halla por lo general en el suelo y en forma paralela al curso de un río corriente de agua; en ese sentido, aunque los diques poseen similares caracteres constructivos que las represas, difieren empero de en su función esencial. (Benedicti, 2010)

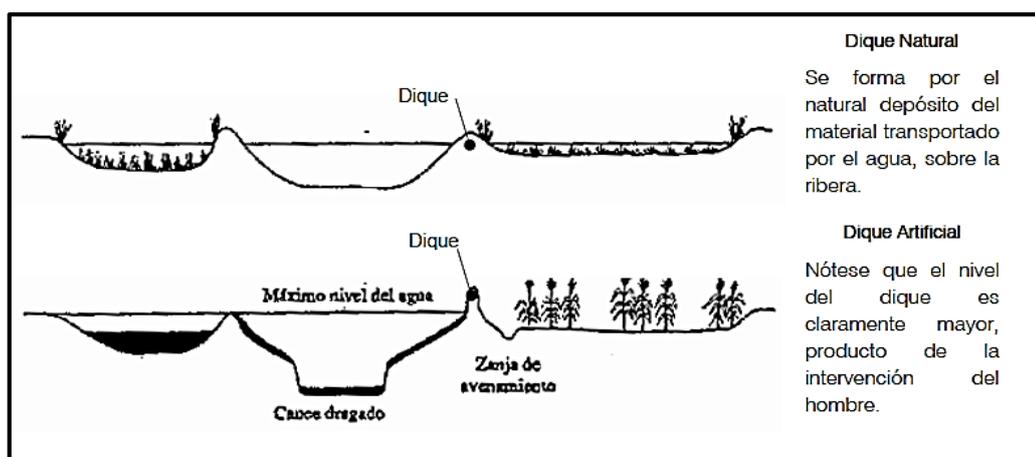
Una concepción más técnica, nos refiere que los diques son trabajos u obras geotécnicas lineales, de materiales sueltos como pequeños estanques que defienden contra las inundaciones y definen un canal de carreteras. Utiliza material local y básicamente realiza movimientos de la tierra, pero ocupa mucho espacio porque está construido con pendientes suaves y, por lo tanto, la base de la zanja es muy ancha. (Gómez, 2015)

De modo similar, Días (Días, 2008), explica que un dique se define por ser una obra exterior cuya función básica es proporcionar a las instalaciones portuarias el necesario abrigo de las olas externas, para que puedan garantizar el funcionamiento de las mismas. Hay tres grupos principales de rompeolas, dependiendo de los métodos de construcción y del modo de operación; lo que implica diferentes maneras de controlar a los agentes climáticos (principalmente el swell) y transmitir los esfuerzos hacia el terreno.

En su clasificación básica, los diques naturales, según señala Benedicti (Benedicti, 2010) se conciben como bancos de repletos de arena, que se producen por acción de los ríos, cuando las inundaciones se producen, por acción de su desbordamiento; de modo que provocan la disminución de la velocidad del agua y propicia la deposición de los sedimentos.

Por otro lado, según refiere el mismo autor, los diques artificiales se caracterizan por ser notoriamente mucho más altos, y tienen como propósito la protección del campo, localizado en los alrededores, de las inundaciones. Estos ejecutan, en general, el mismo papel que las represas de protección, como es el caso de las localizadas en los Países Bajos, que impiden la inundación marina, ya que estos terrenos se hallan por debajo del nivel del mar. (Benedicti, 2010)

Figura 1: Diferenciación básica entre los diques naturales y artificiales



Fuente: (Benedicti, 2010)

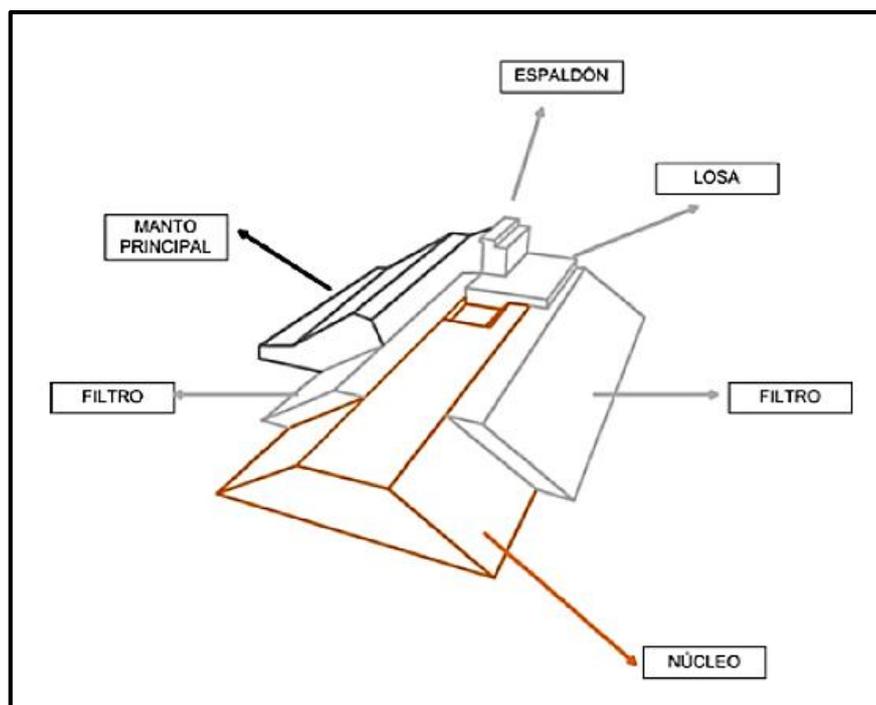
Con todo lo anterior, podemos señalar que, la finalidad esencial de un dique es la de contener agua, o cualquier otro recurso hídrico, en movimiento por un determinado lapso temporal, según refiere Gómez (Gómez, 2015), siendo preferible para su resistencia la utilización de materiales duraderos al agua y a su fuerza.

2.2.1.2. Diques en Talud

Los diques de profundidad, de terraplén o de abrigo, como refiere (Días, 2008), tradicionalmente han sido construidos por un núcleo de todas las características de protección de los diques, sobre los cuales se superponen capas de elementos de tamaño creciente que cumplen la función de litro. Por lo general, los elementos más importantes (que forman las vainas externas o principales) son piezas de concreto en muchas formas diferentes (cubos, dolos, tetrapodos, etc.) o rompeolas.

En verdad, este tipo de estructura resiste los efectos de las olas, causando la ruptura y propagación de las olas en la pendiente. Por lo tanto, tales estanques funcionan básicamente con la difusión de energía.

Figura 2: Esquema de la sección de un dique en talud



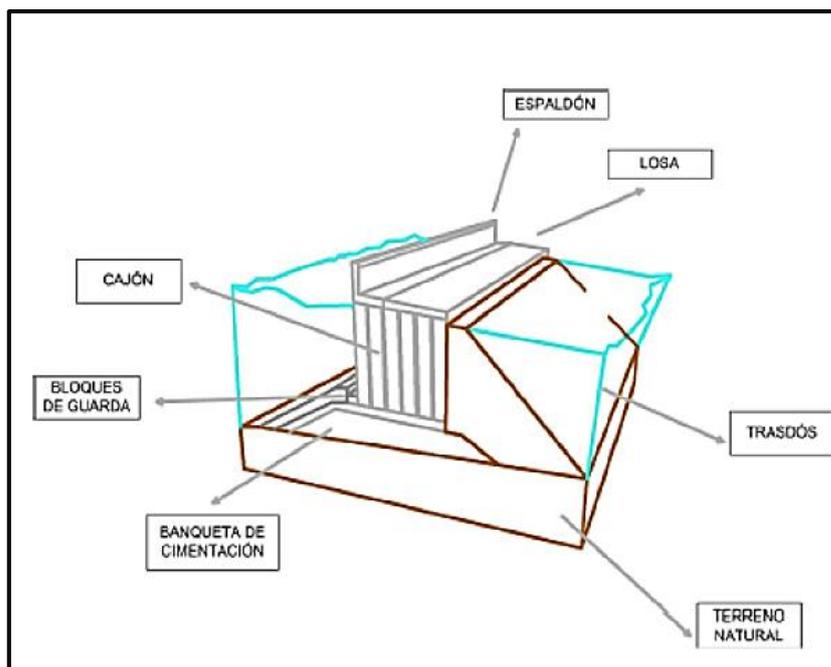
Fuente: (Días, 2008)

2.2.1.3. Diques verticales

Los diques verticales se definen como aquellos compuestos o conformados por un banco de rompeolas en el cual una estructura de paredes verticales es soportada, generalmente monolítica y hecha con estructuras cerradas o cajones elaborados con hormigón armado. (Días, 2008)

En ese sentido, estos diques requieren menor cantidad de material y su proceso de construcción es más rápido que los diques en declive; sin embargo, exigen condiciones de onda más favorables. En su utilidad, los diques verticales la energía no se disipa, pero es devuelta al mar y, por lo tanto, su modo de operación por reflexión es el mayor porcentaje de la energía de las olas.

Figura 3: Esquema de la sección de un dique vertical



Fuente: (Días, 2008)

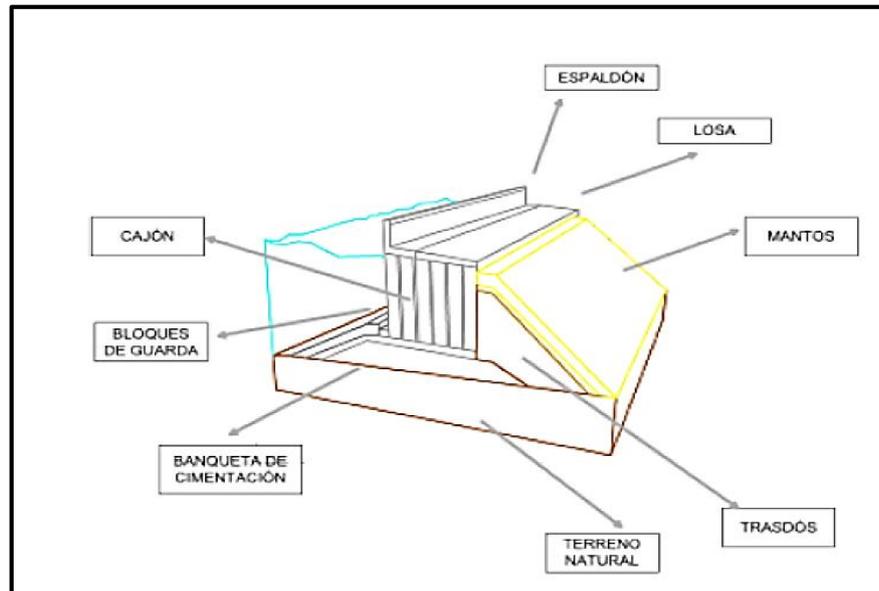
2.2.1.4. Diques mixtos

Los diques mixtos, según explica Días (Días, 2008), se dividen en dos grupos, los compuestos verticalmente y los mezclados de manera horizontal.

Las primeras son las obras de abrigos verticales con una bancada de fundación que tiene altura suficiente, de tal forma que su existencia varía de manera esencial o dramática la cinemática y dinámica de las oscilaciones en el movimiento del mar. La sección típica de este tipo de dique es similar a la del dique vertical.

Las segundas son obras de abrigos verticales frente a las cuales un manto de piezas de concreto está dispuesto a disipar las acciones de las olas. El objetivo perseguido por este manto es reducir las presiones de las olas contra las paredes del trabajo vertical y reducir los reflejos de las olas como resultado de la disipación de parte de la energía de la onda incidente.

Figura 4: Esquema de la sección de un dique mixto



Fuente: (Días, 2008)

2.2.2. DISEÑO DE DIQUES

2.2.2.1. Diseño

Criterios Previos antes del trabajo de diseño y construcción de diques

Previamente a los trabajos de diseño del dique, es necesario tener en consideración algunos aspectos previos, que a propuesta de Gómez (Gómez, 2015), pueden ser los siguientes:

1. Criterios de diseño:

- Seguridad para prevenir el desbordamiento:

Se ha de dejar un borde deformado o libre (altura de seguridad adicional). Esta altura debe cubrir los errores en las estimaciones del nivel del agua, asentamientos, grietas por secado, deformación por terremoto, cambios en la corona del dique del tráfico, efecto de erosión del viento y la lluvia, etc.

- Filtración de seguridad y tubificación:

El terraplén con alturas entre 3 y 5 m, con suelos de baja o media permeabilidad en la cimentación, suelo arenoso fino, una zanja y una pantalla impermeable en el pie sobre el estanque, sin filtros en la parte inferior de la pendiente aguas abajo.

- Erosión de seguridad de las murallas y la corona:

Las superficies exteriores deben protegerse contra la erosión debido a los caudales máximos. La corona del estanque debe proteger contra la erosión causada por el tráfico de vehículos, el viento, la lluvia y otros, a través de dichas capas.

- Falta de impermeabilidad Seguridad:

Garantiza un apilamiento de láminas o un revestimiento de material impermeable, el recubrimiento puede ser inerte o con hierbas, pero no más vegetación por el peligro de las raíces.

- Deslizamiento de seguridad:

Donde se analiza la estabilidad de inclinación verificada para diferentes condiciones; de acuerdo con la experiencia en la construcción y construcción de estructuras similares en el área del proyecto, se dan los menos factores de seguridad para cada estado

2. Criterios Técnicos

- Se recomienda limitar el número de diferentes tipos de protección a aplicar.
- Debe garantizar un comportamiento adecuado y debe proporcionarse en condiciones que surjan durante períodos de inundaciones extremas.
- El nivel de protección máximo permitido (buceo, paredes, etc.) está limitado por la infraestructura existente y no debe incrementarse significativamente, sin que la ciudad pueda acceder al río.

- La solución aplicada del sistema de protección no debe ser tratada como definitiva y sin oportunidades de mejora y ajuste. Es importante que las instituciones locales organicen el control, la observación y el análisis del comportamiento real del sistema de protección, a fin de definir cualquier ajuste. En este sentido, el sistema de protección debe ser flexible, permitiendo posibles ajustes en el futuro.
- La estabilidad de las guardas flexibles debe verificarse en las condiciones en las que se produce la erosión del fondo del río, el deterioro del suelo bajo protección y la sedimentación después del período de inundación.
- Las características principales de las reglas de protección flexible se determinan de acuerdo con las recomendaciones de los proveedores en función de las condiciones y los requisitos hidráulicos (velocidad y profundidad máximas, altura del fondo, coeficiente de coeficiente, etc.) y en función del criterio de que el esfuerzo de tracción es menor o igual al voltaje permitido en el fondo y el estrés crítico en la playa.
- La longitud de la carpeta horizontal flexible se define en función de la profundidad promedio de erosión según los resultados del modelo físico o matemático: $L = 2 \times Pe$, donde L es la longitud del protector flexible y Pe es la profundidad de erosión.
- Lo más importante para aceptar una solución técnica para el trabajo de protección es la elección de una alternativa que, de acuerdo con el concepto de protección flexible, cumpla su propósito y proporcione la mayor seguridad posible tanto para la protección como para el área urbana.

3. Criterios Económicos

- Se recomienda que la solución técnica tenga el costo más bajo, pero el criterio económico no debe ser decisivo para los parámetros de seguridad.

- Para reducir los costos, el nuevo sistema de protección debe contener, en la medida de lo posible, las estructuras existentes, pero solo aquellas que garanticen un funcionamiento completamente seguro del sistema de protección.
- La comparación de alternativas se puede hacer en base al costo por metro lineal y; la comparación de los costos y la elección de la opción óptima se pueden realizar con costos directos, ya que el objetivo principal es definir el rango y el beneficio económico de cada opción y no el costo total.

2.2.3. RELAVE

2.2.3.1. Concepto

Para poder definir que es un relave, revisaremos con brevedad algunos aspectos de su composición. De primera instancia, según enseña Céspedes (Céspedes, 2018), se trata de un sólido finamente molido que se desecha en la minería.

La extracción de sulfuro de cobre extrae grandes cantidades de material (roca) de la mina. Solo una pequeña parte corresponde a los intereses financieros que desea recuperar (un poco menos del 1%).

Cuando este material (la roca) se ha molido finamente y se ha concentrado por procesos de flotación, se obtiene un material (el concentrado) con una mayor concentración de cobre (entre 20 y 30%) que se puede vender como concentrado o trabajar hasta cobre metálico puro. El resto del material (muy malo en cobre) se llama "salida" y debe depositarse de una manera segura y ambientalmente responsable.

2.2.3.2. Tipos de depósitos de relaves según su contenido

Como se estima en el desenvolvimiento de la actividad minera, existen diferentes tipos de relaves según las condiciones de tratamiento y métodos para el mineral, y la obtención del tipo de este. Así pues, como explica (Céspedes, 2018), se pueden distinguir los siguientes:

a) **Tranque de Relave:**

Se trata de un tipo de relave o depósito en el cual la pared es construida por la fracción más gruesa del rechazo, compactada, proveniente de un hidrociclone (operación que separa sólidos gruesos de sólidos más finos, por medio de impulsión por flujo de agua). La parte fina, llamada Lama, se deposita en el depósito.

b) **Embalse de relave:**

Es aquel depósito donde el muro de contención es construido de material de préstamo (tierra y rocas circundantes) y es impermeabilizado en el coronamiento y en su inclinación interna. Los depósitos de desechos son también aquellos depósitos ubicados en alguna depresión de la tierra donde la construcción de una pared de retención no es necesaria.

c) **Relave Espesado:**

Son los depósitos en los que la superficie se somete previamente a un proceso de sedimentación, en equipo denominado espesante, que favorece la sedimentación de sólidos (similar a la limpieza del agua del río para la producción de agua potable), con el objetivo de remover parte importante contenido de agua, que puede ser reutilizado para reducir el consumo de agua de fuentes de agua limpia.

El depósito de desechos espesados se construye de forma que se evita que los residuos fluyan a otras áreas distintas de las del lugar autorizado y para tener un sistema de piscinas para la recuperación del agua restante que pueda fluir fuera del tanque.

d) **Relave Filtrado:**

Es similar al engrosado o espesado. Es un depósito en el que el material contiene aún menos agua, gracias al proceso de filtración, para garantizar una humedad inferior al 20%. Esta filtración también es similar a la usada en el agua potable.

e) **Relave en pasta:**

Corresponden a una mezcla de agua con sólido, que contiene abundante partículas finas y bajo contenido de agua, de modo que la mezcla tenga una consistencia espesa, similar a una pulpa de alta densidad.

f) **Otros tipos:**

Existen otros tipos de depósitos de relaves, como por ejemplo los depósitos en minas subterráneas, en rajos abandonados, entre otros.

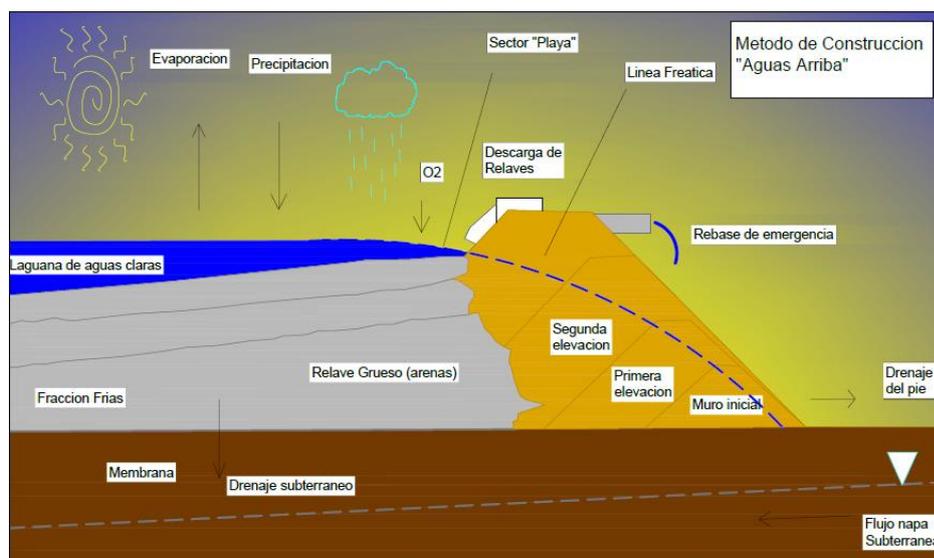
2.2.3.3. Métodos de crecimientos de los depósitos de relaves

Existen tres métodos desarrollados en el ámbito de diseño de crecimiento de los diques. Todos estos pretenden emplear de la mejor forma posible los materiales de los depósitos, este se inicia con un pequeño muro, que luego se eleva a medida que hay más relave que depositar. Los cuales son (Céspedes, 2018):

A. Crecimiento del dique hacia aguas arriba:

Este método de crecimiento del dique no es contemplado en nuestra legislación principalmente porque se construye sobre material de relave sin consolidación, es decir, se levanta un depósito inicial o de partida y posteriormente se eleva periódicamente la fracción gruesa del relave hacia el interior del depósito (ver figura 5). Esta forma de crecimiento no permite la construcción de drenaje en la cimentación del dique debido a las lamas, lo que lleva a que el nivel freático en el interior del dique sea muy elevado, disminuyendo así su resistencia efectiva. Además, la totalidad del dique resistente, va quedando cimentado sobre estratos de lamas saturadas y sin compactar, por lo tanto, presentan alto potencial de licuación en caso de ocurrencia de un sismo, lo que provocaría un colapso total del dique y el vaciamiento del embalse. Es por esta razón, que el método de crecimiento del dique hacia aguas arriba no puede ser utilizado en zonas sísmicas como ocurre en nuestro país.

Figura 5: Crecimiento del dique aguas arriba



Fuente: (Elaboración Propia)

B. Crecimiento del dique hacia aguas abajo:

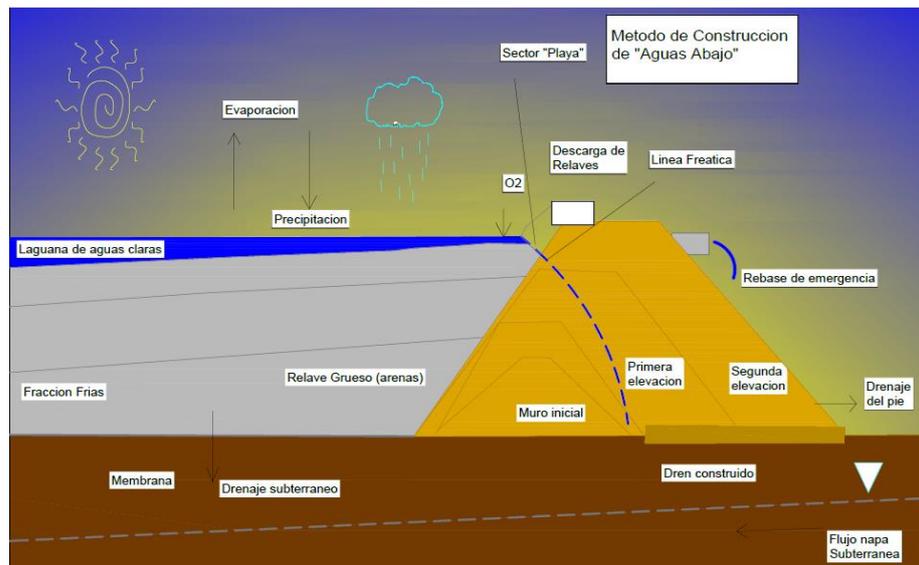
Este método de crecimiento del dique es uno de los más desarrollados en nuestro país y tiene un consenso general a su favor, principalmente por la necesidad de requerir depósitos de mayor tamaño y seguridad (ver figura 6). En el método de crecimiento del dique hacia aguas abajo, la presa se levanta en dirección opuesta al depósito, por lo tanto, no está apoyada sobre relaves depositados previamente. Las principales ventajas y desventajas de este método son las siguientes (Céspedes, 2018):

- Nada se construye sobre relave previamente depositado y compuesto por material suelto y fino.
- Los controles de relleno y compactación pueden ser aplicados como se desee durante la operación.
- Los sistemas de drenajes pueden instalarse según sea necesario durante la construcción, el drenaje por debajo permite controlar la línea de saturación a través de la presa aumentando su estabilidad.

- La presa puede ser diseñada y construida con un buen grado de seguridad, incluyendo su comportamiento ante movimientos sísmicos.
- Permite prevenir las filtraciones colocando una membrana impermeable al interior del depósito, la que se extiende cada vez que aumente la altura de la obra.
- Normalmente la presa puede levantarse por sobre la altura original con un mínimo de modificaciones de diseño. Esto es muy importante pues en la mayoría de las minas la reserva original puede agrandarse por nuevos descubrimientos; precios más altos para el metal, nuevos métodos de extracción, etc.
- Una desventaja es que ocupa mayor espacio al momento de crecer aguas abajo del depósito.

Por lo expuesto anteriormente, este es el método que conduce a mayores factores de seguridad para ser recomendado en zonas de alto riesgo sísmico.

Figura 6: Crecimiento del dique aguas abajo

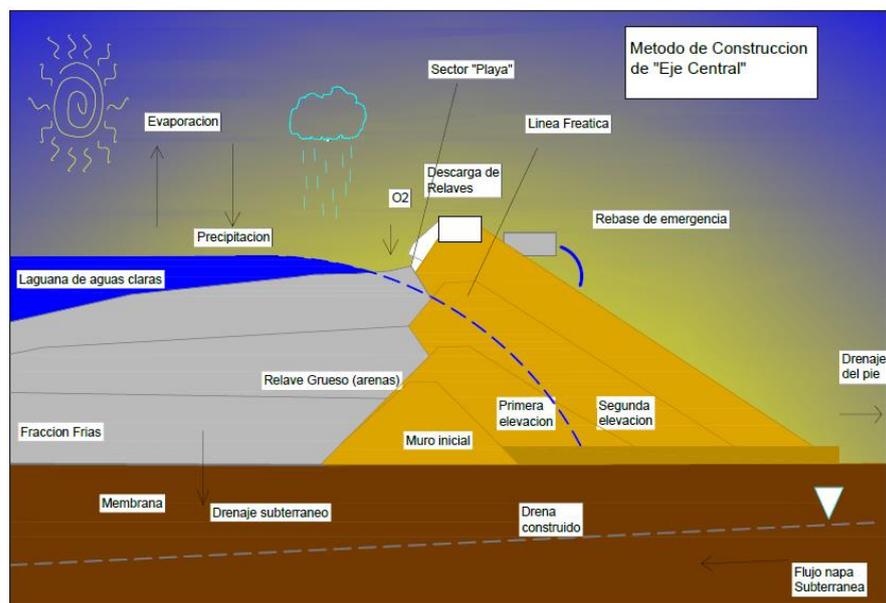


Fuente: (Elaboración Propia)

C. Crecimiento del dique según línea central:

Este método consiste en ir elevando la cota del dique de arena manteniendo la berma de coronamiento en un mismo eje vertical (ver figura 7). En este método, la ladera de aguas arriba del dique, va quedando fundada sobre los estratos de lamas saturadas y sin compactar, las que son licuables en caso de un sismo; por esta razón no se recomienda su construcción en zonas de alta sismicidad (Céspedes, 2018)

Figura 7: Crecimiento del dique línea central



Fuente: (Elaboración Propia)

2.2.3.4. Partes de un depósito de relaves

Se compone de nueve partes las cuales son (Días, 2008):

A. Muro:

Obra de ingeniería que permite contener los residuos sólidos que en ella se descargan, es decir, delimita la cubeta.

B. Vaso:

Corresponde al volumen físico disponible para el depósito de relaves (lamas), junto con gran parte del agua de los relaves. En la cubeta, el agua se localiza en la Laguna de Aguas Claras.

C. Laguna de aguas claras:

La deposición de relaves (lamas) en el vaso, que llega en una mezcla del sólido con agua para su transporte, en tanto los sólidos sedimentan a las capas inferiores, el agua forma esta laguna de aguas claras debido a la sedimentación de las partículas finas.

D. Sistema de drenaje:

Sistema utilizado para retirar al grado adecuado el agua del interior del muro, con el objetivo de deprimir al máximo el nivel freático en el interior del cuerpo del muro.

E. Borde libre:

Es la diferencia menor, en cota, entre la línea de coronamiento del muro de contención y la superficie inmediatamente vecina de la fracción lamosa o de la superficie del agua, que se produce en los tanques y embalses de relaves.

F. Cresta o talud:

Es la parte superior del prisma resistente o muro de contención, muy cercano a la horizontal.

G. Canal de derivación:

Canal de desvío de las aguas de la cuenca que captan y desvían las escorrentías superficiales, impidiendo el ingreso al vaso del depósito de relaves.

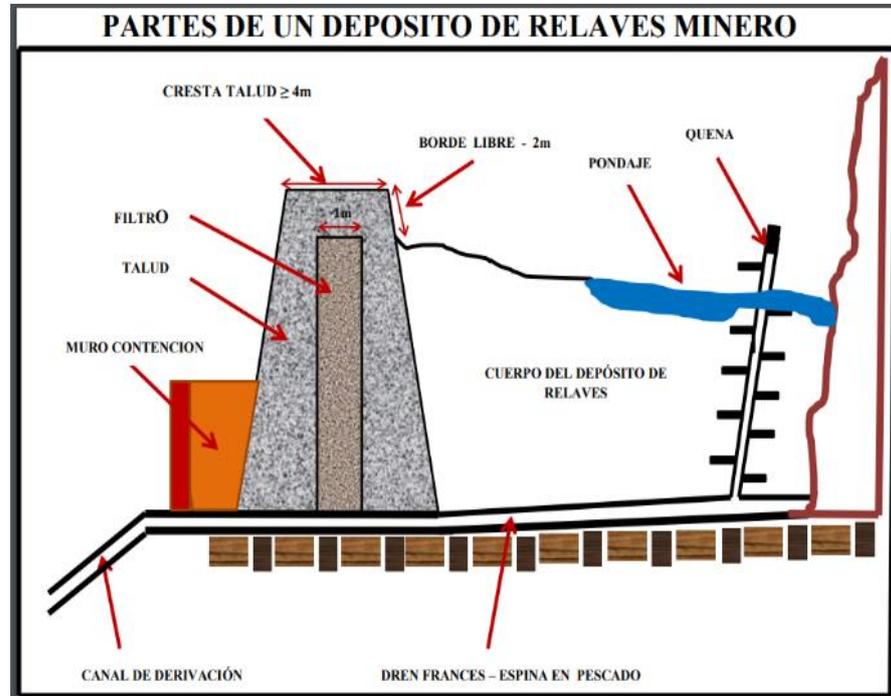
H. Playa activa:

Zona donde se descargan los relaves en el vaso, se le denomina playa porque usualmente esta seca en la superficie y se asemeja a una playa de arenas finas. Es la parte del depósito de relaves o lamas situada en las cercanías de la línea de vaciado.

I. Laguna de aguas claras:

Corresponde a la laguna de clarificación que se forma en el vaso debido a la sedimentación o decantación de las partículas sólidas.

Figura 8: Partes de un depósito de relave



Fuente: (Pinillos, 2015)

2.2.3.5. Geosintéticos

Son un grupo de materiales fabricados mediante la transformación industrial de sustancias químicas denominadas polímeros, del tipo conocido genéricamente como "plásticos", que de su forma elemental, de polvos o gránulos, son convertidos mediante uno o más procesos, en láminas, fibras, perfiles, películas, tejidos, mallas, etc., o en compuestos de dos o más de ellos, existiendo también algunas combinaciones con materiales de origen vegetal. Aunque en la naturaleza existen de manera natural, sustancias poliméricas, como la seda y la celulosa, la diferencia con los geosintéticos, es que estos últimos son fabricados por el hombre, a partir de productos obtenidos de la refinación del petróleo. Otra característica particular de los geosintéticos es que su aplicación se relaciona con la actividad de la construcción, por lo que participan como

parte integral de sistemas y estructuras que utilizan materiales de construcción tradicionales, como suelos, roca, agregados, asfaltos, concreto, etc.

Sus funciones dentro de tales estructuras son las de complementar, conservar, o bien mejorar el funcionamiento de los sistemas constructivos e inclusive, en algunos casos, sustituir por completo algunos materiales y procesos de la construcción tradicional. (Geoproductos, 2015)

Los geosintéticos pueden clasificarse en:

A. Geotextiles:

Los geotextiles son telas con diversas estructuras, cuyos elemento individuales son fibras, filamentos, o cintas de plástico, que siguiendo diversos patrones de distribución de sus elementos individuales, se reúnen y entrelazan entre sí por medio de diversos procesos que les someten a acciones mecánicas, térmicas, químicas, o varias de ellas, obteniendo así, estructuras continuas, relativamente delgadas, porosas y permeables en forma de hojas, que tienen resistencia en su plano. (Geoproductos, 2015)

Figura 9: Rollo de geotextil



Fuente: (Google imágenes)

Tipos de Geotextiles, según el proceso de su fabricación:

- Geotextiles No Tejidos
- Geotextiles Tejidos

Tipos de Geotextiles, según el polímero de su fabricación:

- Geotextiles de Poliéster
- Geotextiles de Polipropileno

Las propiedades de los Geotextiles son resultado de la combinación de su polímero base, de su estructura y de los procesos de acabado a que se sometió el material.

La estructura es el arreglo geométrico entre los elementos individuales del producto, ya sean fibras cortadas, filamentos o cintas, y del tipo de unión entre los mismos, factores que resultan en un material específico.

B. Geomembranas:

Geomembranas son láminas de muy baja permeabilidad que se emplean como barreras hidráulicas; se fabrican en diversos espesores y se empacan como rollos que se unen entre sí mediante técnicas de termofusión, extrusión de soldadura, mediante aplicación de adhesivos, solventes o mediante vulcanizado, según su naturaleza química.

Los tipos de Geomembranas, según el proceso de su fabricación:

- Geomembranas No Reforzadas
- Geomembranas Reforzadas

Las Geomembranas de mayor volumen de aplicación son las No Reforzadas, de Polietileno de Alta Densidad y de PVC Plastificado.

Las Geomembranas de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) se fabrican en rollos anchos, de 7.0m o más, y en esta presentación se embarcan al sitio de la obra, donde se unen unos con otros mediante equipo de

termofusión y extrusión de soldadura del mismo polímero.
(Geoproductos, 2015)

Figura 10: Rollo de geomembrana



Fuente: (Google imágenes)

C. Geomallas:

Son elementos estructurales que se utilizan para distribuir la carga que transmiten terraplenes, cimentaciones y pavimentos, así como cargas vivas, sobre terrenos de baja capacidad portante, o bien como elementos de refuerzo a la tensión unidireccional, en muros de contención y taludes reforzados que se construyen por el método de suelo reforzado.

Por su funcionamiento, las Geomallas son de dos tipos principales.
(Geoproductos, 2015)

- Geomallas Biaxiales, que poseen resistencia a la tensión en el sentido de su fabricación (a lo largo de los rollos) y también en el sentido transversal al anterior.
- Geomallas Uniaxiales, que poseen resistencia a la tensión únicamente en el sentido de fabricación.

Por su Flexibilidad, se tienen dos tipos:

- Geomallas Rígidas, que se fabrican mediante procesos de pre-esfuerzo del polímero, primordialmente Polipropileno y Polietileno de Alta Densidad.
- Geomallas Flexibles, fabricadas mediante procesos de tejido de filamentos de alta tenacidad, que fueron previamente sometidos a un alto grado de orientación molecular; se fabrican de Poliéster.

Dado que las Geomallas Uniaxiales se utilizan en estructuras cuyo comportamiento debe garantizarse por lapsos muy largos (de hasta 100 años), sus propiedades relevantes son:

- Resistencia a la Tensión
- Resistencia a Largo Plazo Bajo Carga Sostenida
- Coeficiente de Fricción en contacto con el suelo que refuerza
- Resistencia al Daño Mecánico
- Resistencia a ataque químico y biológico

Las Geomallas Biaxiales funcionan mediante mecanismos de interacción con el suelo y los agregados, que les permiten tomar parte de los esfuerzos inducidos durante la construcción, mediante fuerzas de tensión que se desarrollan en el plano del material.

Por ello, las propiedades principales de las Geomallas Biaxiales, directamente relacionadas con sus diversas aplicaciones, son:

- Tamaño de aberturas
- Rigidez a la flexión
- Estabilidad de Aberturas
- Módulo de Tensión
- Resistencia a la Tensión

Figura 11: Geomallas



Fuente: (Google imágenes)

2.2.3.6. Geomembrana en el depósito de relave

Las razones por las cuales se emplean geomembranas en instalaciones de contención de relaves tienen todas como propósito, el reducir la posibilidad de fugas y su subsecuente riesgo de ocurrencia de “fallas”, mediante una mejor contención; la definición “falla” incluye las fallas estructurales, la contaminación ambiental y el suministro inadecuado de agua. Para desechos relativamente benignos, como los relaves provenientes del proceso de flotación de algunas plantas de cobre, molibdeno y fosfatos, así como también de otros minerales y procesos, otros factores aparte de la contención ambiental, pueden llevar a la conclusión que el uso de revestimiento en un embalse sea el enfoque óptimo. Ya sea para proteger el agua superficial o subterránea o para optimizar la recuperación de agua, las geomembranas suelen ser una opción costo-efectiva para la reducción de fugas, especialmente cuando el costo toma en cuenta un valor presente neto basado en el riesgo. (Geoproductos, 2015)

En ningún depósito de relaves moderno de gran escala se hace uso de revestimientos únicamente a base de suelos y esto, a menudo, se debe a factores tanto económicos como ambientales, ya que el valor de la solución en sí, que se pierde a través de los revestimientos de arcilla puede cubrir tanto el costo adicional que implicaría construir con geomembranas, como el costo de un adecuado aseguramiento de la calidad de la construcción. (Geoproductos, 2015)

Figura 12: Geomembrana instalada en el dique



Fuente: (Elaboración propia)

2.2.3.7. Tratamiento de relave

Como hemos visto en su conceptualización los relaves”, [...] resultan del proceso de flotación de mineral y están compuestos por material molido y agua con reactivos.” (Avaria, 2018)

De esta manera, los depósitos de separación suelen estar formados por un muro de retención y un cubo que es donde se deposita el líquido.

Existen varios sistemas para la recuperación de agua de los dispensadores, como espesantes, filtros de alimentación, entre otros.

Toda el agua reciclada se recicla a la planta de procesamiento para su reutilización en la extracción de minerales, de modo que el recurso hídrico se utiliza mejor.

2.2.3.8. Seguridad de los diques

La seguridad de los diques es asociada y coordinada por varias disciplinas técnicas especializadas involucradas en el diseño, cálculo, construcción, mantenimiento, operación y remoción de un estanque para lograr y mantener el nivel más alto posible de gestión de seguridad. (ORSEP – Organismo regulador de seguridad de Presas y Diques, 2018)

Las encuestas y las prácticas técnicas asociadas a ellos han desempeñado un papel importante en la historia de la civilización, que, para equilibrar la distribución espacial y temporal parcialmente irregular del agua en el planeta, contribuye al desarrollo de la humanidad desde sus múltiples propósitos, como la acumulación de Agua para riego, control de inundaciones, generación de energía, que incluye espacios para recreación, etc.

Al mismo tiempo, el desarrollo del conocimiento manual tiene el diseño y la fabricación de estos grandes trabajos desarrollados en estructuras de retención cada vez mayor, lo que a su vez ha llevado a depósitos más voluminosos. Sin duda, esto crea un factor de riesgo para la vida y la propiedad de quienes viven en las orillas del río y dependen de su estabilidad. (ORSEP – Organismo regulador de seguridad de Presas y Diques, 2018)

Las consecuencias de romper un dique son generalmente la gravedad, de modo que solo la posibilidad de falla significa una gran responsabilidad, tanto para los técnicos responsables de diseño, operación y control, que deben maximizarse para maximizar sus esfuerzos para minimizar los riesgos como para estas autoridades. (ORSEP – Organismo regulador de seguridad de Presas y Diques, 2018). Asegurar que exista la atención necesaria a los recursos humanos y financieros.

2.2.3.9. Estabilidad de talud

Por talud se entiende una porción de vertiente natural cuyo perfil original ha sido modificado con intervenciones artificiales relevantes con respecto a la estabilidad (Catanzariti, 2015)

El diseño de la construcción de taludes es un plano de importancia de primer orden, pues el moderno desarrollo de las actuales vías de comunicación, tales como caminos y ferrocarriles, así como el impulso de la construcción de edificaciones se modifican frente a él.

De hecho, Tali como tal, es una superficie inclinada para que la horizontal tome las estructuras del suelo donde la mecánica del suelo, los análisis de la geología de las rocas, los criterios de diseño aplicados y finalmente generan la norma.

En efecto, los taludes se producen naturalmente, este tipo se llama pendiente, mientras que cuando se interviene se llaman cortes o pendientes artificiales, dependiendo de su entrenamiento, cuando la excavación se realiza en una formación natural de la tierra, mientras que las pendientes artificiales tienen lados de pendiente inclinados. En este último caso, es necesario utilizarlos como parte de un trabajo. Generalmente se lleva a cabo en trabajos de construcción como carreteras, estanques de tierra, canales, etc. Una evaluación de errores en su implementación puede rastrear el trabajo.

Recientemente hemos visto una serie de problemas causados por desgarros de deslizamientos y taludes seguidos de diversos factores, como la erosión del suelo, la sobrecarga de peso, las excavaciones mal planificadas o simplemente el ángulo natural de la pendiente; Para asegurar la estabilidad de nuestra pendiente es necesario considerar los errores más comunes que ocurren y las medidas preventivas necesarias a tomar.

Alguna de las fallas más comunes que encontramos en la estabilización de taludes son (Catanzariti, 2015):

- **Sobrecargas:**

Ocurren por exceso de peso relacionado con la construcción de algún edificio o por la carga de elementos naturales como exceso de lluvia o nieve.

- **Excavaciones:**

Cuando se excava la base del talud y su soporte, es muy probable que suceda un desgajamiento del suelo ya que pierde resistencia a las cargas que se le apliquen.

- **Erosión:**

Se generan debido al paso del tiempo y fenómenos naturales como lluvias torrenciales disminuyendo la resistencia del suelo provocando deslaves y desgajamientos.

Para evitar este tipo de fallas e incidentes es importante conocer y reforzar la estabilidad del talud dependiendo de las propiedades mecánicas del suelo donde se encuentra y determinar qué tipo de refuerzo se va a utilizar, si serán protecciones superficiales como inyección de shotcrete y/o soluciones más específicas como algún sistema de anclaje o como en el caso de nuestro tema, la utilización de algún dique.

La estabilización de taludes, como veremos en el siguiente ítem implican un conjunto de soluciones que nos ayuda a salvar desniveles del terreno y a aprovechar de manera más eficiente su superficie, considerando que sobre ellos se construirán los diversos elementos que darán forma a nuestra edificación u obra civil.

2.2.3.10. Diseño o modelamiento de la Estabilización de taludes

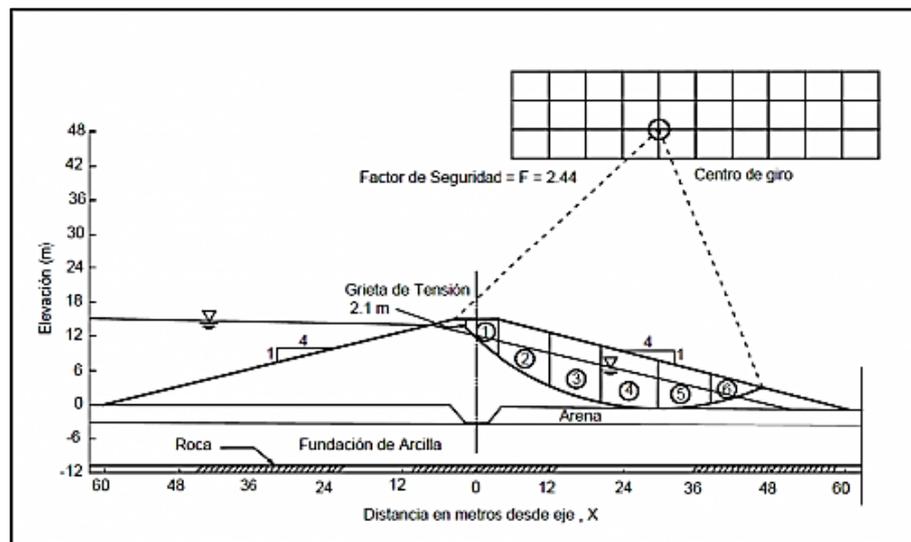
El modelado matemático de los taludes, o también llamados en ocasiones como pendientes es parte de la práctica geotécnica, para analizar las condiciones de estabilidad de las pendientes, naturales y la seguridad y funcionalidad del diseño en las pendientes artificiales. (Losco, 2013)

Existen muchos métodos para el modelado matemático, que dependen del objetivo del análisis y de los resultados que desea obtener.

El objetivo principal del análisis matemático de las pendientes es el siguiente, según explica Losco (Losco, 2013):

- Determinación de las condiciones de estabilidad de la pendiente (si es estable o inestable y el margen de estabilidad).
- Investigación de los posibles mecanismos de fallo (analice cómo ocurre el fallo).
- Determinación de la sensibilidad o susceptibilidad de las laderas a diferentes mecanismos o factores de detonación (Efecto de lluvias, terremotos, etc.)
- Comparación de la eficacia de las diferentes opciones de remediación o estabilización y su efecto sobre la estabilidad de la pendiente.
- Diseño de las inclinaciones ideales en términos de seguridad, confiabilidad y economía.

Figura 13: Ejemplo de un análisis de estabilidad de taludes establecido por U.S. Corps of Engineers



Fuente: (Losco, 2013)

Para cumplir con un diseño de estabilización óptimo de los taludes, es necesario cumplir con ciertos procedimientos técnicos, como logran plantear Escobar Potes y Duque-Escobar (Escobar Pote y otros, 2016)

Así pues, estos autores, citan un procedimiento general de diseño de taludes, en él se logra describir de forma idónea la secuencia de diseño y construcción de un sistema de estabilización de taludes.

De esta forma el diseño, desde el punto de vista de la ingeniería, persigue dotar de un margen de seguridad idóneo, el mismo que debe de encontrarse en armonía con las condiciones económicas; sin dejar de lado las posibilidades reales a tener en cuenta, como las físicas, técnicas y financieras, que lleven a cabo las obras.

La secuencia sostenida por Escobar Potes y Duque-Escobar (Escobar Pote y otros, 2016), resulta ser sencilla, empero no lo es así tanto su adaptación y aplicación a los proyectos reales, considerando la práctica de la construcción civil que se maneja en la actualidad; sobre todo en nuestro país.

Así pues, al considerarla, puede plantearse una fuerte discrepancia entre los aspectos sostenidos por la investigación y aquellos activos que pertenecen a la práctica de la ingeniería; en ese sentido, los citados autores explican que: “la investigación permite, y más aún, estimula el desarrollo de las ideas acaecidas por individuos, mientras que un diseño de ingeniería puede no ser mejorado por un refinamiento extremo en los detalles, sino que está gobernado por el eslabón más débil en la secuencia compleja de diseño”. (Escobar Pote y otros, 2016 pág. 53)

Así, el diseño empleado y expuesto por los citados se puede referir en la siguiente tabla, propuesta originalmente por K.N. John en 1975, y la cual ha sido adaptada. Tal como se muestra en la Tabla N°1.

Tabla 1: Proceso de Diseño y Construcción

Diseño preliminar: Abarca un estimativo de los problemas potenciales de diseño, basado en:	Requisitos del proyecto, técnicos y económicos. Selección del sitio. Evaluación preliminar de las condiciones del terreno.
Investigación de campo, consiste en:	Exploración. Ensayos en el sitio y en el laboratorio. Mediciones (instrumentación).
Idealización (o modelado) de:	Condiciones naturales, incluyendo el estado de esfuerzos. Propiedades de los materiales naturales (parámetros geotécnicos). Mecanismos potenciales de falla.
Análisis, el cual producirá:	Resultados numéricos. Conclusiones y recomendaciones para el diseño.
Diseño: basado tanto en los resultados del análisis como en el criterio de ingeniería (buen juicio y experiencia práctica) de generalistas y especialistas. Ente sus limitaciones juega papel importante la economía del proyecto. Comprende:	Criterios de diseño. Concepto del diseño. Dimensiones de la estructura. Detalles de diseño. Especificaciones de construcción.
Contrato:	Cantidades de obra. Presupuesto. Especificaciones generales y particulares. Determinación del precio y el plazo. Sistema de contratación. Selección del contratista.
Construcción:	Ejecución del proyecto. Inspección y control de la obra (Interventoría). Ajustes al diseño. Instrumentación. Pruebas de funcionamiento.
Control y Mantenimiento de la estructura terminada:	Observaciones y mediciones de la instrumentación. Interpretación de registros de las anteriores. Mantenimiento rutinario. Obras complementarias.

Fuente: (K.N. Jhon, 1975)

De este modo, como puede verse, el análisis para que sea efectivo en la nivelación de los taludes requiere un conocimiento respecto de la geometría del suelo, así como de las obras de ingeniería proyectadas o edificadas; así también requiere contar con un análisis de la resistencia al corte de los materiales y las condiciones de presión de poros.

Por otro lado, en el caso del análisis de la inestabilidad, resulta imperioso el poder definir la tipología del movimiento de falla del talud, mientras que respecto de la predicción del comportamiento, este se debe precisar con relevancia al tipo de inestabilidad con una fuerte inclinación a su ocurrencia; siendo por ello imperioso el contar con, según señalan Escobar Potes y Duque-Escobar (Escobar Pote y otros, 2016), un buen conocimiento y utilización de los siguientes recursos adicionales como: “la geología, la geomorfología, la foto interpretación, el poder de observación y la experiencia”.

Aun así, hay tipos de inestabilidad palmarios que son susceptibles de análisis en la forma convencional; mientras que otros no tiene tal

cualidad, por lo que debe de aplicarse las técnicas de observación y análisis probabilístico.

Las dificultades más grandes se encuentran en la determinación de la geometría de la falla, que contiene un análisis detallado de la forma y tipo de movimiento, localización de la superficie de deslizamiento, así como de la predicción del tipo de falla a ocurrir, la selección de los parámetros de resistencia al corte apropiados, su variabilidad en el tiempo y el espacio y; por último, las condiciones de presión de poros.

Otro es el caso de los taludes artificiales de obras en tierra, en los que es fácil detectar la selección de materiales, así como el control de la construcción, la colocación y el compactado, llegando a una conformación relativamente homogénea, en la cual el tipo de movimiento de falla es común, simple y definido.

En los taludes naturales la forma de la falla estará fijada por las condiciones geológicas, la resistencia de los materiales presentes y la geometría del talud; la multiplicidad de factores y su variabilidad, pueden llevar a situaciones muy complejas.

2.2.3.11. Elementos del análisis para la estabilización de taludes

a. Topografía:

Es esencial tener un plano preciso del lugar donde se localizan los pozos, las áreas donde las grietas fueron levantadas, la ubicación de las estructuras y las secciones que deben ser analizadas. Estas secciones deben ser levantadas con tal detalle que pueden ser diseñadas en una escala adecuada para medir las dimensiones con una precisión de 0,10 m. En general, una escala de 1: 100 es suficiente, aunque es necesaria una escala 1:50 o 1:20 cuando la altura de la pendiente es inferior a 10 m.

b. La geología:

Como resultado de la investigación del terreno, debemos determinar la profundidad de la confusión, la presencia de formaciones superficiales,

como capas de cenizas volcánicas, depósitos de polvo de carbón, rellenos y masas rocosas. En los análisis de estabilidad, la información geológica debe interpretarse con respecto a las capas o zonas materiales con características técnicas similares. Si se está en la pendiente, se puede suponer uno de los perfiles internacionalmente aceptados. A pesar de lo anterior, puede ser necesario en ciertos lugares específicos desarrollar sistemas individuales para clasificar áreas materiales. Los detalles geológicos disponibles para el análisis generalmente se basan en información limitada, que a menudo puede tener más de una interpretación. En consecuencia, el análisis debe abarcar todo el espectro de posibilidades. Las condiciones geológicas deben evaluarse continuamente durante la construcción, y la estructura debe modificarse si las condiciones geológicas reales difieren de las asumidas. La estructura geológica adoptada para el diseño debe mostrarse en las secciones seleccionadas para el análisis.

c. Resistencia al corte de los materiales:

En el análisis de la resistencia al corte de los materiales que conforman el talud se debe expresar en términos de los parámetros de esfuerzos efectivos; c' y ϕ' , y deben obtenerse ensayando muestras representativas de los materiales de la matriz y de los que se encuentran en las discontinuidades. Las muestras se deben ensayar en un rango de esfuerzos comparables a los existentes en el talud y en condiciones saturadas, a menos que haya evidencia que los materiales no llegarán a una situación cercana a la saturación durante la lluvia de diseño. La resistencia al corte de un material no saturado generalmente es bastante mayor que la del mismo material en condiciones saturadas.

Sin embargo, tanto los taludes con vegetación como los protegidos pueden alcanzar contenidos de humedad cercanos a la saturación durante la lluvia de 10 años de período de retorno, a no ser que los taludes se encuentren protegidos efectivamente contra la infiltración directa e indirecta. Por lo tanto, no es conveniente confiar en la succión del suelo como un factor que contribuya a la estabilidad a largo plazo. Para que las medidas de protección de un talud se mantengan trabajando es necesario suministrarles un mantenimiento adecuado. Por razones

ambientales se prefiere la vegetación a los materiales duros (concreto lanzado) como cubierta protector para controlar la erosión superficial.

d. Agua Subterránea:

Las condiciones de las aguas subterráneas deben evaluarse durante y después de la investigación del terreno mediante la instalación y lectura de piezómetros y mediante la observación de las tasas de infiltración. Los niveles obtenidos durante el período de observación probablemente no representan los niveles máximos que deben ocurrir durante la lluvia de diseño; por lo tanto, se deben prever los niveles que el agua puede alcanzar como resultado de la lluvia y otros factores (fugas de red).

Las laderas deben estar diseñadas para condiciones de aguas subterráneas resultantes del período de retorno de lluvia de diez años. Además, las inclinaciones que están en la categoría de alto riesgo para la vida deben ser evaluadas para determinar la sensibilidad de su estabilidad, en niveles de nivelación del agua superiores a los previstos para la lluvia en el período de retorno de diez años, es decir, para las peores condiciones esperadas.

Estas condiciones críticas pueden ser causados por acueducto o alcantarillado tuberías rotas a través de filtro de bloqueo de drenaje de lluvia excepcionalmente pesada (tiempo de diez años) y posterior llenado de grietas de tensión, o de fracturas abiertas. En esa parte de la pendiente también puede usar el análisis de estabilidad, visualizar las tablas en el agua de lluvia esperada durante diez años, tiempo de retorno y las peores condiciones posibles. Al examinar los perfiles, la pendiente del material debería considerar la colocación de niveles de agua suspendidos en la interfaz de las capas con diferentes permeabilidades.

Las tablas de agua suspendida se pueden formar en la interfaz entre el relleno y la coluvión o el suelo subyacente, entre áreas de intemperie, o entre zonas y vibración de coluvión. Estas condiciones transitorias que normalmente se forman y desaparecen con relativa rapidez y son difíciles de detectar midiendo el piezómetro o la infiltración de observación.

En los esquís de montaña, la máxima presión de agua puede desarrollarse bajo fuertes lluvias, como resultado de grietas de tensión y

grietas abiertas que se llenan. La presión del agua en estos casos se debe suponer con el valor máximo en la parte inferior del interruptor automático y con un valor cero en la superficie.

La presión del agua puede variar de grietas y grietas en la roca, de modo que los valores medidos del piezómetro solo afectan las grietas atrapadas por el filtro que rodea la punta del piezómetro. Estos valores solo son confiables si el filtro intercepta una sola grieta.

e. Cargas externas:

Todas las cargas que pueden influir sobre la estabilidad del talud se deben incluir en el análisis, teniendo en cuenta los factores de seguridad que se les hallan asignado durante su evaluación. Estas cargas pueden provenir del tráfico, de las fundaciones de edificaciones, de muros de contención, de botaderos de residuos de construcción, de explosiones, de hincado de pilotes, y finalmente, de los sismos que puedan afectar la región.

2.2.3.12. Software Slide v 6.0

El Software Slide es un software fabricado por Rocscience que se utiliza para el análisis de la estabilidad de las pendientes en 2D (Muchik, 2017). Utiliza métodos de ponderación límite para calcular la estabilidad.

Su ámbito de trabajo en minería y construcción es muy variable, por lo que se evalúa un gran número de geotécnicos, como la estabilidad de diques, presas, diques en excavaciones o edificios mineros, los efectos de las cargas sísmicas externas, la eficiencia de los elementos de refuerzo, el problema, etc.

Slide en la versión 6.0 tiene el análisis de estabilidad de taludes, análisis de aguas subterráneas a flujo o condiciones transitorias. Las corrientes, la presión y los gradientes se calculan con los valores definidos por el usuario, dadas las condiciones para el contorno hidráulico. El análisis de infiltración está completamente integrado con la estabilidad de las pendientes o se puede utilizar como un módulo independiente

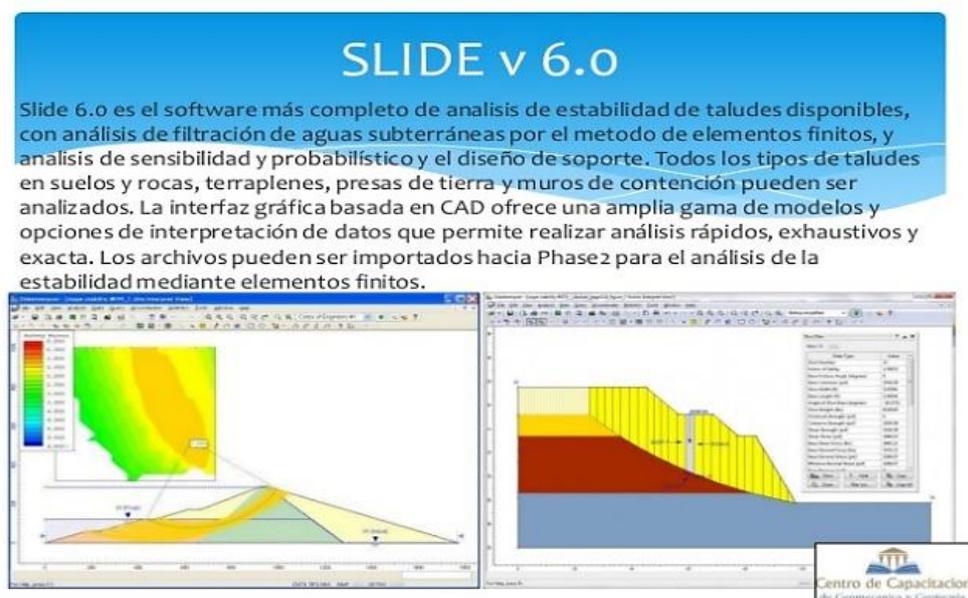
Se caracteriza esencialmente por tener una amplia capacidad de análisis probabilístico: las distribuciones estadísticas se pueden atribuir a casi

todos los parámetros de entrada, incluidas las propiedades del material, las propiedades de soporte, los cargos y la colocación de aguas subterráneas. (Muchik, 2017)

El índice de probabilidad de error / confiabilidad se calcula y proporciona una medida objetiva del riesgo de falla en relación con un proyecto de pendiente. El análisis de sensibilidad permite determinar el efecto de las variables individuales en el factor de seguridad de altura. Tiene las siguientes características (Portal Tierra y Tecnología, 2016):

- a. Incluye análisis de aguas subterráneas por elementos finitos en estado estacionario e integra análisis de sensibilidad, capacidad de análisis probabilística y retrospectiva.
- b. Su ámbito de aplicación en minería y obras civiles es muy variado, permitiendo evaluar un gran número de problemas geotécnicos, como estabilidad de vertederos, represas, laderas en minería o excavaciones prediales, efectos de cargas externas, sísmica, eficiencia de elementos de refuerzo, etc.
- c. Es un software de gran alcance y flexible.

Figura 14: Programa Slide v6.0



Fuente: (Paccini,2006)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. METODOLOGÍA APLICADA PARA EL DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

La metodología empleada para el desarrollo de la investigación se realizó una secuencia de fases iniciado por el diagnóstico de la problemática, luego implementamos la recolección de datos y finalmente se realizó el modelamiento, todo ello bajo el enfoque de la Metodología Científica. A continuación detallamos:

3.1.1. DIAGNÓSTICO:

Se realizó el trabajo de campo y se aplicó como técnica de recolección de datos la observación. La observación que según (Bunge, 1999): “es la técnica de investigación básica, sobre las que se sustentan todas las demás, ya que establece la relación básica entre el sujeto que observa y el objeto que es observado, que es el inicio de toda comprensión de la realidad. Con ello se determinó que no había capacidad de almacenamiento en la relavera número 3. Por lo mismo se corría el riesgo del rebalse y que éste afecte directamente a los pobladores asentados a distancia cercana de la relavera.

De igual forma se diagnosticó el costo que iba a implicar la adquisición de morrena para la construcción del dique en comparación al relave que no cuesta nada.

Por lo mismo se buscó incrementar al máximo posible la vida útil del depósito, garantizando la continuidad de la operación y la optimización de recursos, tanto en los costos y los plazos.

Figura 15: Relavera N°5



Fuente: (Elaboración Propia)

3.1.2. OBTENCIÓN DE LOS DATOS:

Siendo el objetivo de la investigación el modelamiento de un dique en base a relave, se delineó la obtención de diferentes valores necesarios para el modelamiento. Así, se incidió en obtener los ensayos de laboratorio y campo que dieron los siguientes resultados:

Ensayos de laboratorio:

- a. **Ensayos especiales:** Para los ensayos especiales se realizó los siguientes, tal como se muestra:
 - **Corte triaxial:** Norma (ASTM –D4767) Un ensayo de corte triaxial es un método de medición de las propiedades mecánicas de muchos sólidos deformables, especialmente suelos (arena, arcilla y roca además de otros materiales granulares).

Para nuestras muestras se realizó el ensayo de corte triaxial llevándolos a un laboratorio de confianza de la empresa Volcan Cia Minera, para los materiales de relave fino, relave grueso y material de morrena.

El tipo de ensayo de corte triaxial fue el Consolidado No drenado (CU), en el cual se debe mostrar que la muestra no puede drenarse, las características de corte se miden en condiciones no drenadas de tal manera se supone que la muestra debe estar total y completamente saturada.

Los resultados de nuestros ensayos se muestran en el Anexo 02.

- b. Ensayos estándares:** Para los ensayos estándares se realizaron los siguientes, tal como se muestra:
- **Granulometría:** Norma (ASTM–D422) Se denomina granulometría a la medición y gradación que se realiza a los suelos, este con fines de análisis de propiedades mecánicas y determinar los diferentes tamaños de las partículas.
 - Para nuestro caso se realizó el muestreo del material, seguidamente se llevó a laboratorio que se tiene en obra y se realizó el ensayó, como se ve en las figuras N°16, 17,18 y 19.

Figura 16: Muestreo de material



Fuente: (Elaboración Propia)

Figura 17: Cuarteo del material



Fuente: (Elaboración Propia)

Figura 18: Tamizado del material



Fuente: (Elaboración Propia)

Figura 19: Material tamizado



Fuente: (Elaboración Propia)

Los resultados de nuestros ensayos se muestran en el Anexo 02 como ensayos preliminares del material de Relave y en el Anexo 04 los ensayos del proceso constructivo.

- **Contenido de humedad:** Norma (ASTM–D2216) Se denomina contenido de humedad a la relación entre el peso del agua contenida de la muestra en su estado natural y el peso de muestra después de ser secada en el horno a una temperatura, que oscila entre los 105°y 110°C que se especifica en la norma. Este resultado se expresa en porcentaje.

Para nuestro caso se realizó el muestreo del material, seguidamente se llevó a laboratorio que se tiene en obra y se ensayó, en las siguientes figuras N°20 y 21, se muestra el material en su estado natural y húmedo.

Figura 20: Material en estado natural



Fuente: (Elaboración Propia)

Figura 21: Material en estado húmedo



Fuente: (Elaboración Propia)

Los resultados de nuestros ensayos se muestran en el Anexo 02 como ensayos preliminares del material de Relave y en el Anexo 04 los ensayos del proceso constructivo.

- **Límites de atterberg;** Norma (ASTM–D4318) Llamados también límites de consistencia, se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos, aunque este varía a lo largo del tiempo. Existen dos tipos: Límite líquido y límite plástico.

Para nuestro caso se realizó el muestreo del material, seguidamente se llevó a laboratorio que se tiene en obra y se realizó el ensayo como se muestra en la siguiente figura N°22.

Figura 22: Límite líquido del material



Fuente: (Elaboración Propia)

Los resultados de nuestros ensayos se muestran en el Anexo 02 como ensayos preliminares del material de Relave y en el Anexo 04 los ensayos del proceso constructivo.

- **Proctor estándar:** Norma (ASTM–D698) El ensayo de proctor estándar determina la densidad máxima seca y la humedad óptima del suelo. Este se realiza en un molde de 4", el cual se vierte el suelo en 3 capas con 25 golpes cada capa con un pisón de 2.5 kg.

Para nuestro caso se realizó el muestreo del material de relave, seguidamente se llevó a laboratorio que se tiene en obra y se realizó el ensayo por el Método A, como se muestra en la siguiente figura N°23.

Figura 23: Proctor Estándar del material de relave



Fuente: (Elaboración Propia)

Los resultados de nuestros ensayos se muestran en el Anexo 02 como ensayos preliminares del material de Relave y en el Anexo 04 los ensayos del proceso constructivo.

- **Proctor modificado:** Norma (ASTM–D1557) El ensayo de proctor modificado es similar a la del ensayo proctor estándar, pero en este caso modificando la capacidad del molde será de 6" y la energía de compactación, el pisón de 10 lb. El suelo se vierte en el molde en 5 capas y 56 golpes cada capa.

Para nuestra muestra se realizó el muestreo del material de morrena, seguidamente se llevó a laboratorio que se tiene en obra y se realizó el ensayo.

Los resultados de nuestros ensayos se muestran en el Anexo 02 como ensayos preliminares del material de Relave y en el Anexo 04 los ensayos del proceso constructivo.

- **Gravedad Específica:** Norma (ASTM–C127) Se define gravedad específica se define como la relación entre el peso específico de los sólidos y peso específico del agua a una temperatura indicada en la norma.

Para nuestro caso se realizó el muestreo del material, seguidamente se llevó a laboratorio que se tiene en obra y se realizó el ensayo.

Los resultados de nuestros ensayos se muestran en el Anexo 04 los ensayos del proceso constructivo.

c. Ensayos de campo:

Ensayos de Densidad: Para los ensayos de densidad se realizó los siguientes, tal como se muestra

- **Método Cono de Arena:** Norma (ASTM–D1556) Con este ensayo se determina la densidad seca y la humedad de un suelo compactado en el campo y verificar mediante cálculos el grado de compactación del suelo en el campo. Se utiliza para materiales menores a 3", denominadas suelos.

Para nuestro caso la capa conformada por material de relave pasa por procesos constructivos y seguidamente se realiza el ensayo en campo, tal como se observa en las figuras N°24, 25, 26 y 27.

Figura 24: Descarguío de material de relave



Fuente: (Elaboración Propia)

Figura 25: Tendido del material de relave



Fuente: (Elaboración Propia)

Figura 26: Compactación del material de relave



Fuente: (Elaboración Propia)

Figura 27: Ensayo de densidad de campo – Cono de Arena



Fuente: (Elaboración Propia)

Los resultados de nuestros ensayos se muestran en el Anexo 02 como ensayos preliminares del material de Relave y en el Anexo 04 los ensayos del proceso constructivo.

- **Método Reemplazo por Agua:** Norma (ASTM–D5030) Este ensayo es similar al de cono de arena, de igual manera se determina la densidad seca y la humedad de un suelo compactado en el campo y verificar mediante cálculos el grado de compactación del suelo en el campo. Se utiliza este método para materiales mayores a 3”.

Para nuestro caso realiza el ensayo en campo, tal como se observa en las figuras N°28.

Figura 28: Ensayo de densidad de campo – Reemplazo por Agua



Fuente: (Elaboración Propia)

Análisis de estabilidad: De igual manera se recabaron datos para el análisis de estabilidad que fueron tomados en cuenta para la modelación, que se explicará más adelante.

3.1.3. MODELAMIENTO:

En esta etapa se analizó cada uno de los valores obtenidos en la fase del diagnóstico y del análisis del laboratorio y con el mismo se inició el proceso de modelamiento den el Software Slide 6.0, bajo los siguientes procedimientos:

- Depuración de datos
- Determinación de secciones del plano
- Simulación del trazo del nivel de filtración
- Colocación de límites, local o global
- Determinación en cuanto a lo estático o pseudoestático
- Colocación de datos (ángulo de fricción y cohesión de los materiales)
- Diseño final
- Comparación del valor del factor de seguridad dado por el programa con el rango de factor de seguridad.

De lo cual concluiremos que los valores obtenidos demostrarán que se cumple con el rango establecido en la teoría; por lo que el diseño es viable y ejecutable para la relavera Mahr Tunel. Tal y como se mostrará en las figuras del capítulo IV el modelamiento del diseño.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

4.1. IDENTIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS

En esta etapa se han obtenido los valores requeridos para el diseño del dique en base a relave; tal y como describimos a continuación:

- Se realizó cuatro calicatas para analizar el relave grueso, para conocer la humedad y densidad natural. Tal como se muestra en la Tabla N°2 y a su vez el ensayo completo en el Anexo 02.
- Se realizó una calicata para analizar el relave fino y así analizar la humedad y densidad natural. Tal como se muestra en la Tabla N°3 y a su vez el ensayo completo en el Anexo 02.
- Se realizó los ensayos de densidad de cono de arena para el relave grueso, obteniéndose así valores de grado de compactación de manera natural, el máximo valor que nos dio fue de 91.8%, tal como se muestra en la Tabla N° 4 en el cual refleja que cuando se realiza una compactación con maquinaria pesada; así como el rodillo liso, el material aumentará su grado de compactación, como se podrá ver el ensayo completo en el Anexo 02.

Análisis de Relave Grueso:

Tabla 2: Pruebas de relave grueso

PROSPECCIÓN	MATERIAL BAJO 3" (%)			LL	IP	DMS	W opt	W	SUCS
	GRAVAS	ARENAS	FINOS	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
RELAVE GRUESO									
C-1	0	89	11	17	NP	1.987	10.6	8.2	SM
C-2	41	28	31	16	NP	2.261	7.6	4.6	GM
C-3	0	68	32	16	NP	1.847	11.9	6.2	SM
C-4	0	82	18	16	NP	1.750	11.2	5.4	SP-SM

Fuente: (Elaboración propia)

Análisis de Relave Fino

Tabla 3: Pruebas de relave fino

PROSPECCIÓN	MATERIAL BAJO 3" (%)			LL	IP	DMS	W opt	W	SUCS
	GRAVAS	ARENAS	FINOS	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
RELAVE FINO									
P-1	0	89	11	18	NP	1.802	18.3	14.7	SP-SM

Fuente: (Elaboración propia)

Resultados del ensayo de Cono de Arena

Tabla 4: Densidad de Cono de arena de Relave Grueso y Fino

PROSPECCIÓN	PROFUNDIDAD (m)	DENSIDAD NATURAL (gr/cm ³)	HUMEDAD NATURAL (%)	GRADO COMPACTACIÓN (%)
C-1	0.3 DERECHA	2.0	10.0	91.6
C-1	0.3 IZQUIERDA	1.84	10.5	84.0
C-2	0.3 DERECHA	1.72	10.7	68.8
C-2	0.3 IZQUIERDA	1.73	11.4	68.5
C-3	0.3 DERECHA	1.86	11.1	90.6
C-3	0.3 IZQUIERDA	1.84	11.3	89.3
C-4	0.3 DERECHA	1.77	11.9	90.2
C-4	0.3 IZQUIERDA	1.73	12.1	88.1
P-1	0.3	1.75	11.1	87.1
P-1	0.3	1.70	11.5	84.4
P-1	0.3	1.73	11.3	86.4

Fuente: (Elaboración propia)

4.1.1. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Para el análisis de estabilidad se utilizó el método de Bishop, que se fundamenta en los criterios de equilibrio límite, utilizando el programa Slide de Rocscience. El análisis se efectuó para las diferentes condiciones de servicio de la presa Bishop, presentó un método utilizando Dovelas y teniendo en cuenta el efecto de las fuerzas entre las Dovelas.

La solución rigurosa de Bishop es muy compleja y por esta razón se utiliza una versión simplificada de su método, de acuerdo a la expresión:

$$FS = \frac{\sum [C'b + (W - ub) \tan \phi * ma]}{\sum W \sin \alpha}$$

Donde:

$$ma = \cos \alpha \left(1 + \frac{\tan \alpha \tan \phi}{FS} \right)$$

b = Ancho de la Dovela

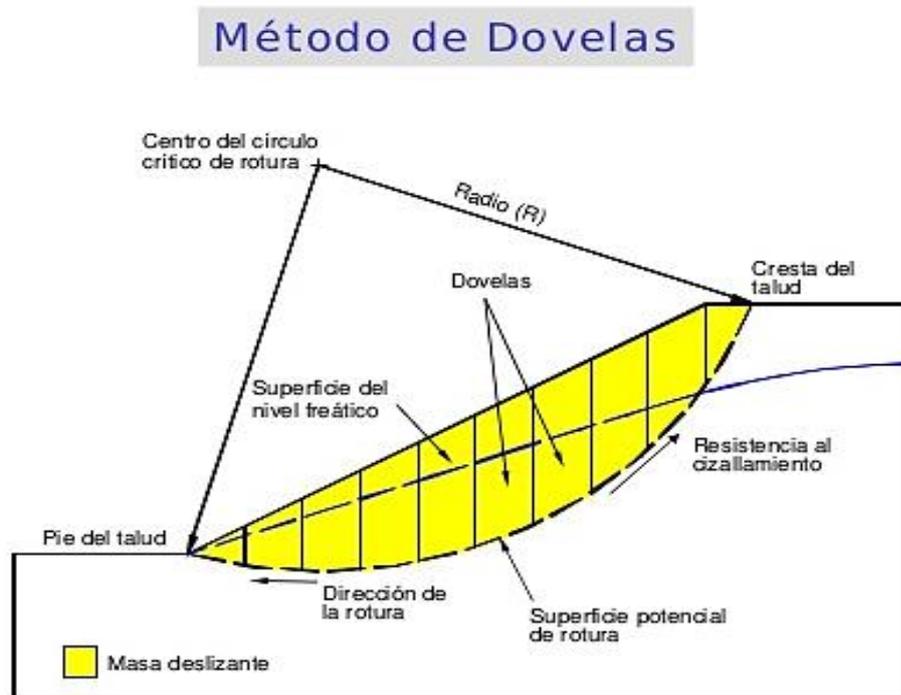
W = Peso de cada dovela

C', ϕ = Parámetros de resistencia del suelo.

u = Presión de poros en la base de cada dovela = $\gamma w \times h w$

α = Angulo del radio y la vertical en cada dovela.

Figura 29: Método de Dovelas



Fuente: (Gavilanes, 2013)

Para asegurarnos que es posible y factible recrear el depósito de relaves y de esta manera obtener mayor capacidad de almacenamiento de desecho minero, se realizó la recolección de datos, el cual se describe a continuación:

Factor de seguridad

Se define el factor de seguridad (FS) como la división entre las condiciones reales que presenta un talud y las condiciones que podrían ocasionar la falla. Se representa con la siguiente expresión:

$$FS = \frac{\int \tau_r * ds}{\int \tau * ds}$$

Donde τ_r es la resistencia al corte máxima en la superficie de deslizamiento τ , la resistencia al corte movilizada en la superficie de deslizamiento y ds el diferencial de longitud a lo largo de la superficie de deslizamiento.

Por otro lado, el FS también puede ser definido como el cociente de la cohesión del terreno o el ángulo de rozamiento del talud actual y cohesión o ángulo de fricción del talud requerido para mantener el talud estable. Asimismo, puede

definirse como el cociente de los momentos resistentes al deslizamiento y los momentos que inducen al deslizamiento.

En el caso de un FS menor a 1 se afirma que el movimiento a lo largo de la superficie de deslizamiento es posible. A partir de $FS=1$, es posible determinar el máximo ángulo de inclinación que un talud podría tener para permanecer estable. Mientras que para taludes definitivos debería emplearse un $FS=1.5$. (Hoek, 2000)

Los tipos de factores de seguridad son:

a) Factor de seguridad estático:

Se considera parámetros geotécnicos en esfuerzos efectivos de los materiales que conforman el depósito de relaves y la presencia del nivel freático al interior de la presa y el terreno de fundación.

b) Factor de seguridad pseudo-estático:

Se considera parámetros geotécnicos en esfuerzos efectivos de los materiales que conforman el depósito de relaves, considerándose un coeficiente sísmico que represente el efecto del sismo.

El factor de seguridad recomendadas por el Reglamento Nacional de Estructuras en la Norma E.050, en la que el factor de seguridad mínimo para taludes es de 1.50 en condiciones estáticas y 1.25 en condiciones pseudo-estáticas, mientras que en la Guía Ambiental para la Estabilidad de Taludes de Depósitos de Desechos Sólidos de Mina establece un factor de seguridad estático mínimo de 1.50 y un factor de seguridad pseudo-estático de 1.20, de acuerdo a los estudios de consultoría y a los estudios presentados en la presente tesis, se establece líneas arriba los valores mínimos para la estabilidad estática y pseudo-estática.

4.1.2. ANÁLISIS DE PELIGRO SÍSMICO

El peligro sísmico se define por la probabilidad que en un lugar determinado ocurra un movimiento sísmico de una intensidad igual o mayor que un valor fijado. En general, se hace extensivo el término intensidad a cualquier otra característica de un sismo, tal como su magnitud, la aceleración máxima, el valor espectral de la velocidad, el valor espectral del desplazamiento del suelo, el valor medio de la intensidad Mercalli Modificada u otro parámetro.

- **Peligro Sísmico Determinístico**

El análisis de peligro sísmico determinístico involucra el desarrollo de un terremoto y escenario sobre el cual se basa la evaluación del peligro del movimiento sísmico en un lugar. El escenario consiste en la ocurrencia de un terremoto de tamaño especificado en una ubicación determinada. Sin embargo, éste no provee información sobre la probabilidad de ocurrencia del terremoto dominante, ni de la probabilidad de que éste ocurra en la ubicación asumida. (Aguilar, 2017)

- **Peligro Sísmico Probabilístico**

En los últimos 30 a 40 años, el uso de los conceptos probabilísticos ha permitido considerar explícitamente el uso de las incertidumbres en el tamaño, ubicación y tasa de recurrencia de los sismos, así como en la variación de las características del movimiento sísmico con el tamaño y ubicación del terremoto. El análisis de peligro sísmico probabilístico permite identificar, cuantificar y combinar en una manera racional estas incertidumbres, proporcionando una evaluación más completa de la amenaza sísmica. (Aguilar, 2017)

A diferencia del método determinístico, que solo encuentra un sismo máximo para un escenario determinado, el método probabilístico provee una curva de peligro sísmico que indica la frecuencia anual (periodo de retorno) de exceder cierto valor de aceleración máxima.

- **Aceleración de diseño**

Se ha determinado el peligro sísmico del Proyecto Presa de Relaves N°6, utilizando la metodología e información pertinente disponibles en la literatura. Del análisis realizado se obtienen las aceleraciones máximas esperadas para el área de estudio, las que se presentan en la Tabla N°5.

Tabla 5: Aceleraciones Máximas Esperadas

Periodo de Retorno, T (años)						
30	50	100	200	400	475	1000
0.15 g	0.17 g	0.21 g	0.25 g	0.30 g	0.31 g	0.37 g

Fuente: (Elaboración propia)

4.1.3. CONSIDERACIONES DEL NIVEL FREÁTICO

El vaso del depósito se encuentra completamente recubierto con una geomembrana, sobre la cual hay una red de drenaje que capta las filtraciones producto de la sedimentación y consolidación de las lamas. Además, este sistema acelera el proceso de consolidación.

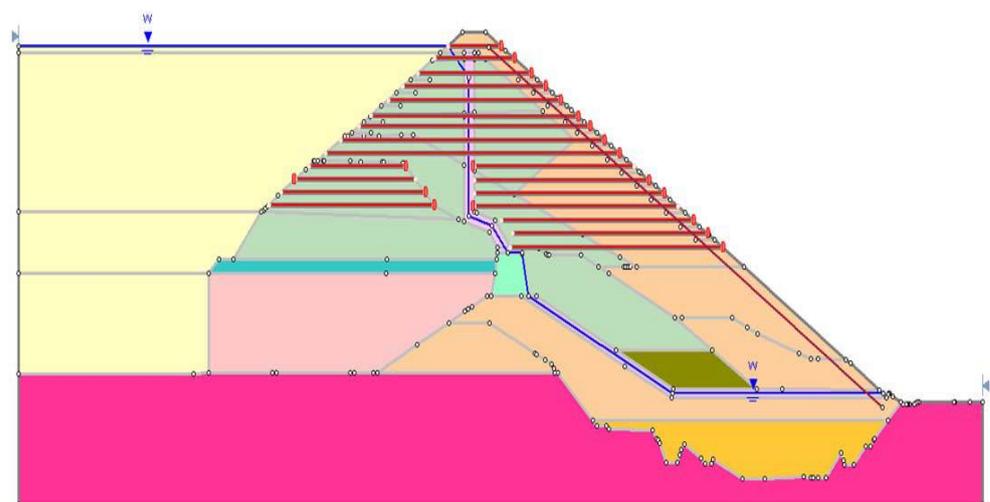
Por otra parte, bajo la fundación de la presa existe una alfombra drenante (tapete drenante) que capta eventuales filtraciones provenientes de la cubeta y además conduce las aguas producto de la colocación del relave grueso (arenas). En este contexto, la existencia de un nivel freático que pudiera afectar la estabilidad física de la presa es poco probable.

No obstante y como una condición extrema asociada principalmente a lluvias intensas, se ha asumido un nivel freático por sobre la alfombra drenante, de acuerdo a los siguientes supuestos:

Mal estado de la geomembrana: Terreno de fundación saturado en su totalidad bajo el depósito y a una profundidad de 2 m hacia aguas abajo del pie del talud del muro de contención de relaves.

Se han tomado estas consideraciones para representar un escenario sometido a un periodo de fuertes lluvias, en que el sistema de drenaje se encuentra en funcionamiento.

Figura 30: Nivel Freático (W)



Fuente: (Elaboración Propia)

4.2. ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN

4.2.1. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE LOS MATERIALES

Estos materiales fueron sometidos a ensayos geotécnicos para determinar sus parámetros físicos y mecánicos y utilizarlos en el diseño del depósito. El resumen de los parámetros seleccionados para el diseño de la presa se presenta en la tabla N°6.

Tabla 6: Parámetros de Resistencia

Material	Densidad (KN/m ³)	Parámetros Resistencia Drenados	
		C' (Kpa)	ø
Relave Fino	13	6	27
Relave Grueso	18	8	34
Relaves Grueso Suelto	16	8	32
Morrena	22.6	0	38
Enrocado	22	0	38
Relave Consolidado	18	0	27
Muro Mec. Estabilizado	20	30	37
Suelo Fundación	23	30	34
Relleno con Geomalla	18	20	34
Dren	22	0	33

Fuente: (Elaboración Propia)

4.2.2. COEFICIENTE SÍSMICO

La selección del movimiento sísmico depende del tipo de obra. Para el Proyecto Mahr Túnel se considera un periodo de retorno de **475 años** para el sismo de diseño, que corresponde a un nivel de excedencia del valor de aceleración propuesto de un 10% en 50 años. Lo anterior implica que en la localidad en estudio la aceleración máxima esperada del sismo de diseño será de **0.31 g**. Cabe señalar que este valor es consistente con el utilizado para el diseño de la Relavera N°3 de Mahr Túnel y la Relavera en Andaychagua.

En la práctica internacional habitual del análisis de estabilidad de taludes, se adopta un coeficiente sísmico horizontal, k_h , que varía entre $1/3 a_{max}$ y $1/2 a_{max}$, donde a_{max} es la aceleración máxima de campo libre estimada en la zona

de fundación de la estructura analizada. Los criterios de selección se basan principalmente en el buen juicio y la experiencia. A título de ejemplo, se puede mencionar que en el caso de la costa Oeste de Estados Unidos es común usar valores de $k_h = 0.10 - 0.25$ y en Japón es común usar valores de $k_h = 0.15 - 0.25$. Habitualmente, el criterio más común es adoptar un coeficiente sísmico vertical, k_v nulo ya que en la práctica, éste tiene una escasa influencia sobre los factores de seguridad finalmente calculados.

Para efectos de este estudio, se utilizará $k_h = 0.15$ como valor de diseño y $k_h = 0.18$ a modo de verificación (caso extremo), Este último está asociado a un sismo con probabilidad de excedencia de 10% en 100 años ($T=950$ años).

Figura 31: Valores de K recomendados para el análisis pseudo-estático

Coeficiente Sísmico k	Observaciones
0.10	Sismo importante, FS > 1.0.
0.15	Sismo de gran magnitud, FS > 1.0.
0.15 a 0.25	Japón FS > 1.0
0.05 a 0.15	Estado de California
0.10 para $\mu = 6.5$ 0.15 para $\mu = 8.5$	(Seed, 1979) con FS > 1.15
1/3 a 1/2 de la aceleración pico superficial	(Marcuson y Franklin, 1983) FS > 1.0
1/2 de la aceleración pico superficial	(Hynes, Griffin y Franklin, 1984) FS > 1.0 y un 20% de reducción de resistencia.

Fuente: (Losco, 2013)

- **Relaves a depositar**

Se considera los siguientes datos:

- a) Producción de mineral total diario planta Mahr Túnel: 2750 tpd (Volcan).
- b) Producción de relaves a depositar: 2448 tpd (Volcan)
- c) Relación relave / mineral: 0.89 (Volcan)
- d) Densidad seca colocación de relaves gruesos: 1.81gr/cm³
- e) Densidad seca de deposición de relaves (finos): 1.723gr/cm³ (Estimado)

- **Características de la sobreelevación a la cota 4036 msnm**

Para la sobreelevación de la presa del depósito de relaves Mahr Túnel se tiene:

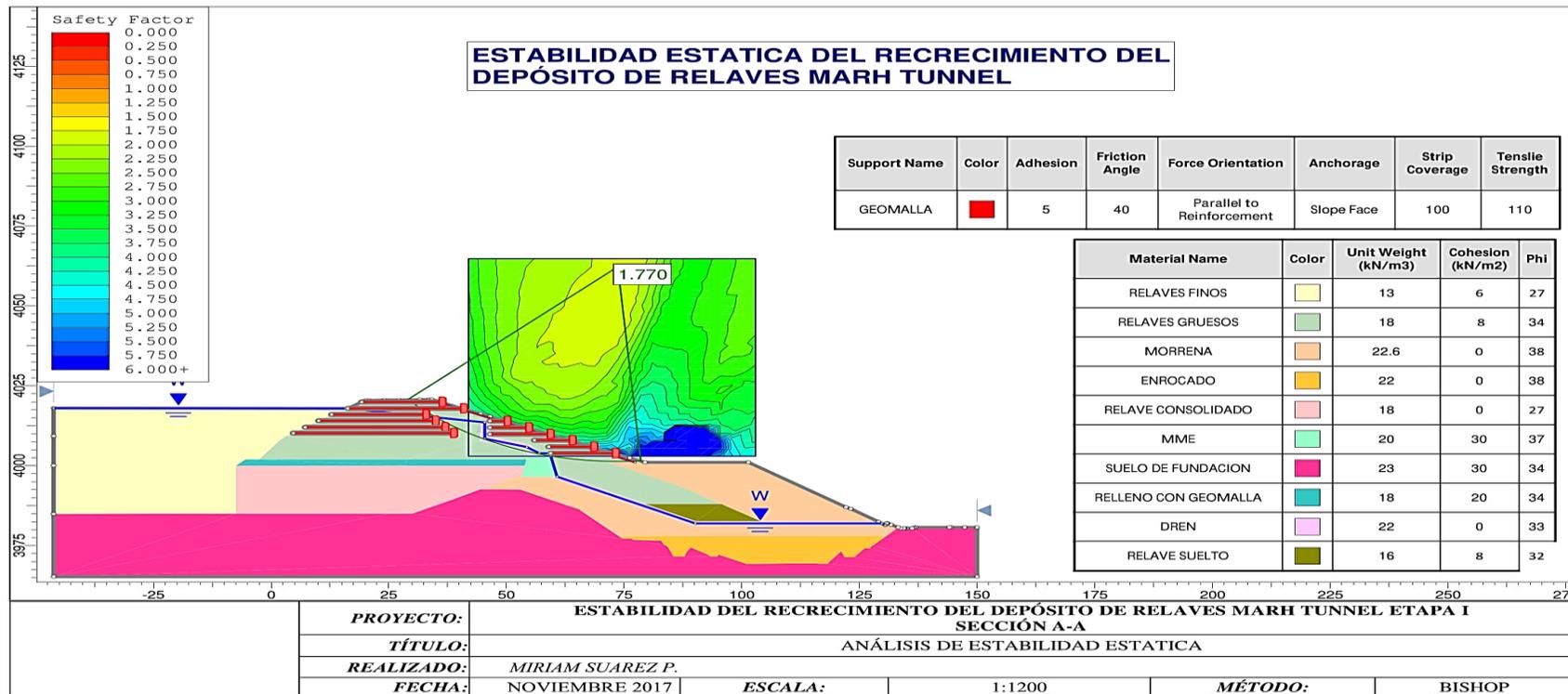
- a) Mejorar el tema de operación del depósito.
- b) Dar un mayor factor de seguridad a la estabilidad física del depósito.
- c) Incrementar la capacidad de almacenamiento del vaso

- **Criterios y valores:**

- a) Método de recrecimiento: Método aguas abajo
- b) Materiales a emplear: relave grueso y material de préstamo
- c) Cota final de la corona: 4035 msnm
- d) Borde libre adoptado: 2.0 m mínimo
- e) Ancho de corona: 5.0 m
- f) Talud aguas abajo: 1.5H:1.0V
- g) Factor de seguridad estático: 1.50
- h) Factor de seguridad pseudo - estático: 1.0
- i) Coeficiente sísmico: 0.15
- j) Volumen a almacenar: 1'741,383.06 m³

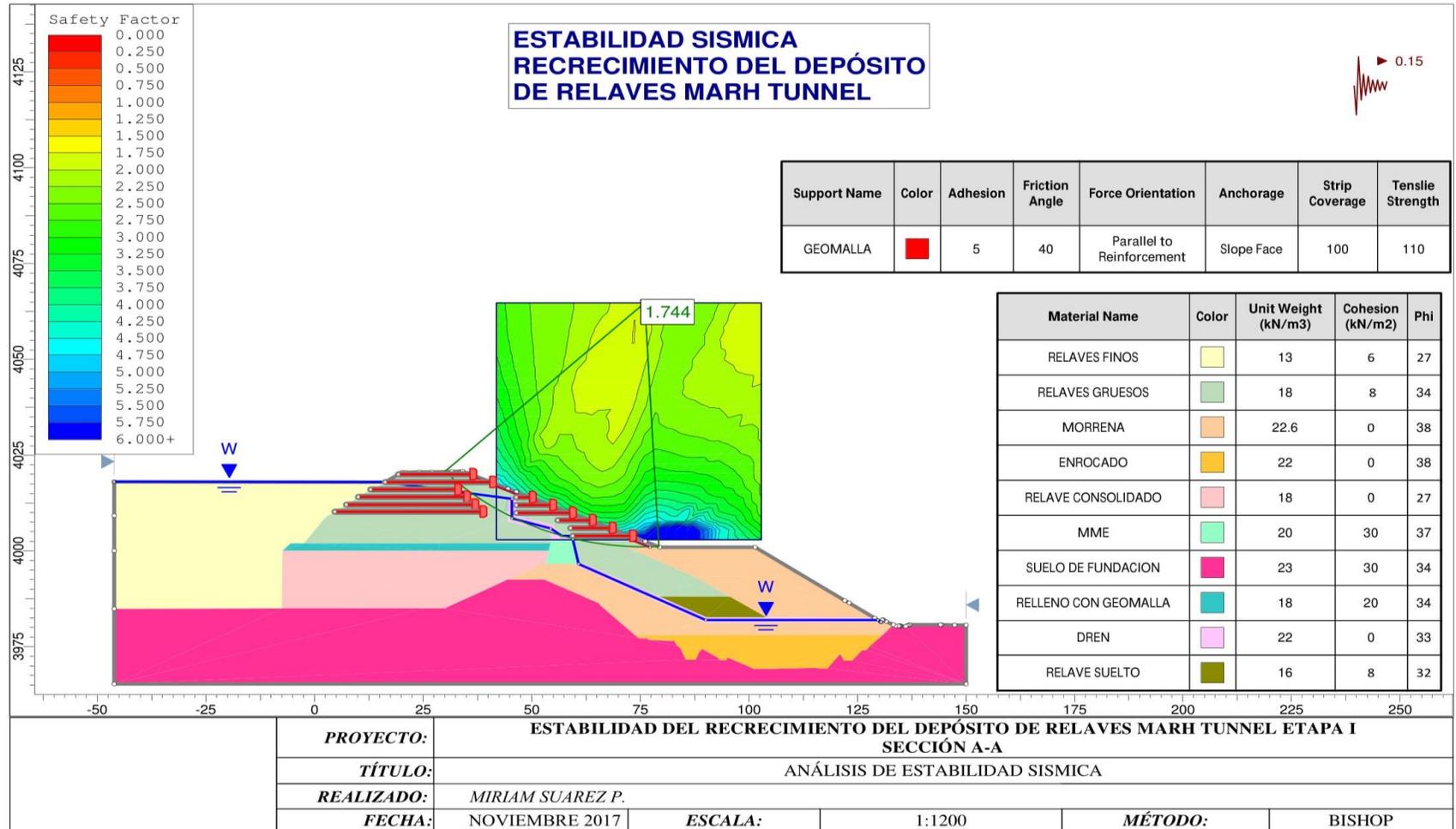
Tras obtener los valores requeridos a continuación se presentan los gráficos que muestran el modelamiento del diseño, por etapas y en condiciones estáticas y pseudo-estática (sísmica):

Figura 33: Estabilidad Estática – Etapa I – Sección A-A



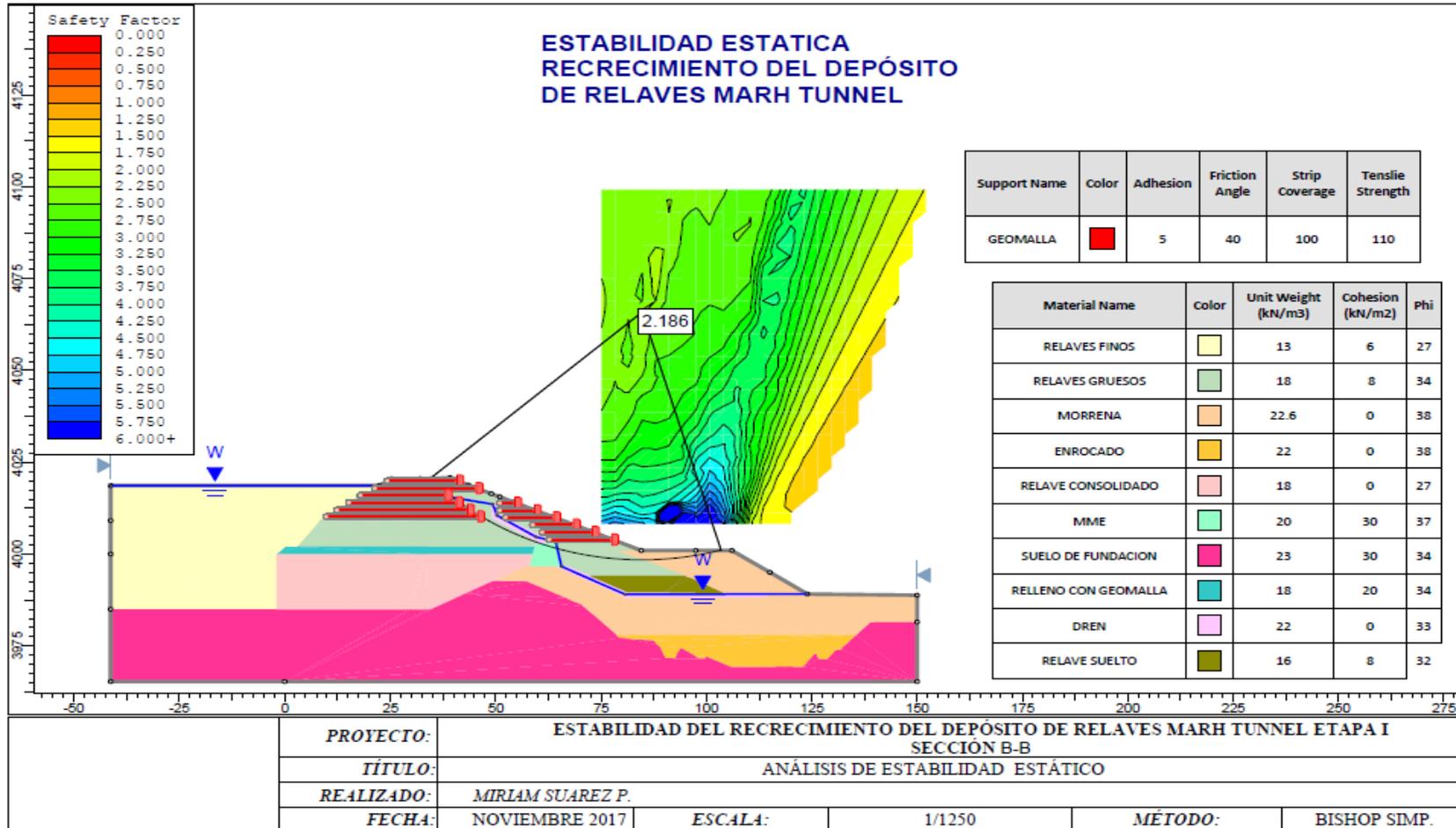
Fuente: (Elaboración Propia)

Figura 34: Estabilidad Sísmica – Etapa I – Sección A-A



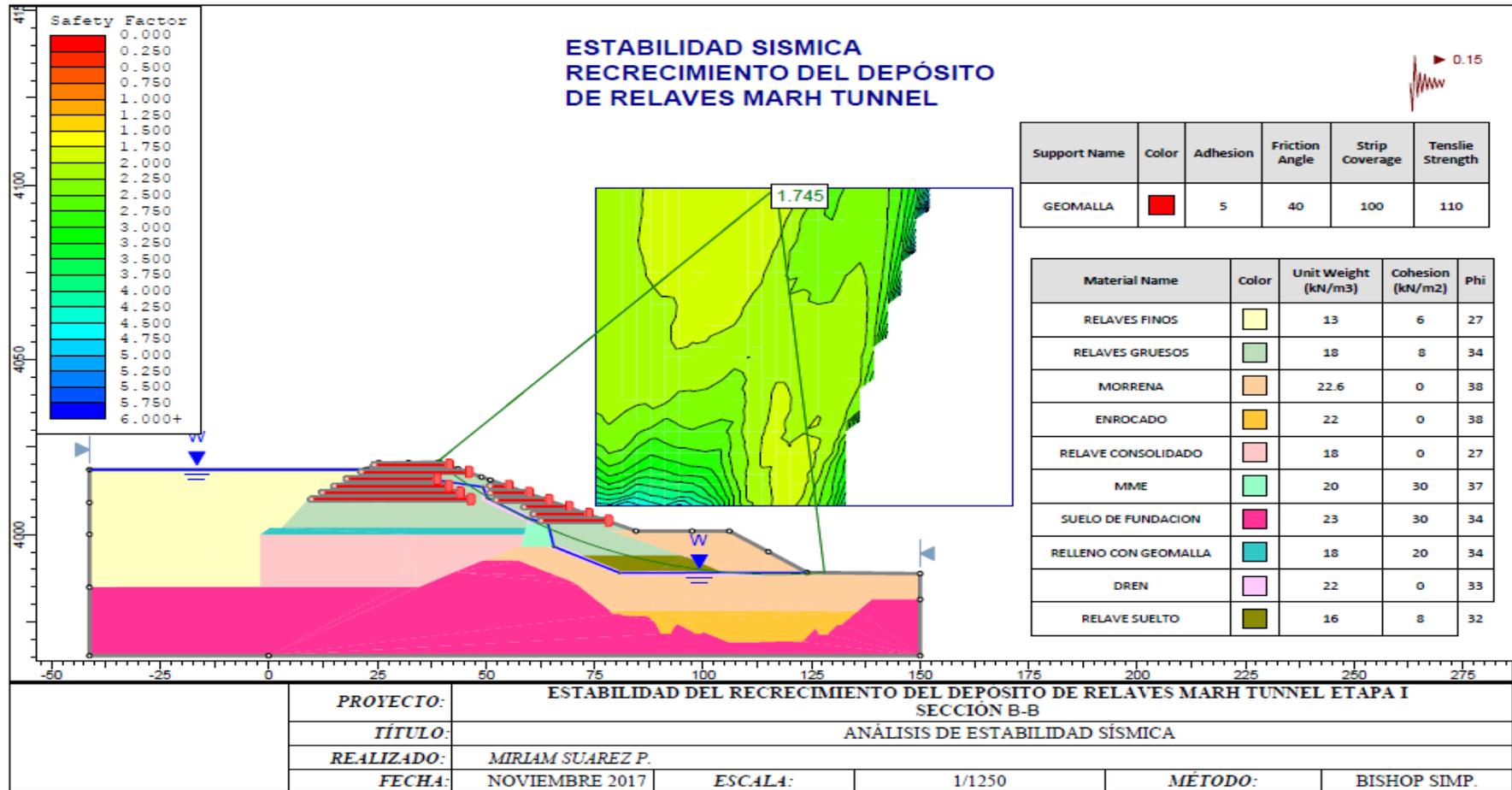
Fuente: (Elaboración Propia)

Figura 35: Estabilidad Estática – Etapa I – Sección B-B



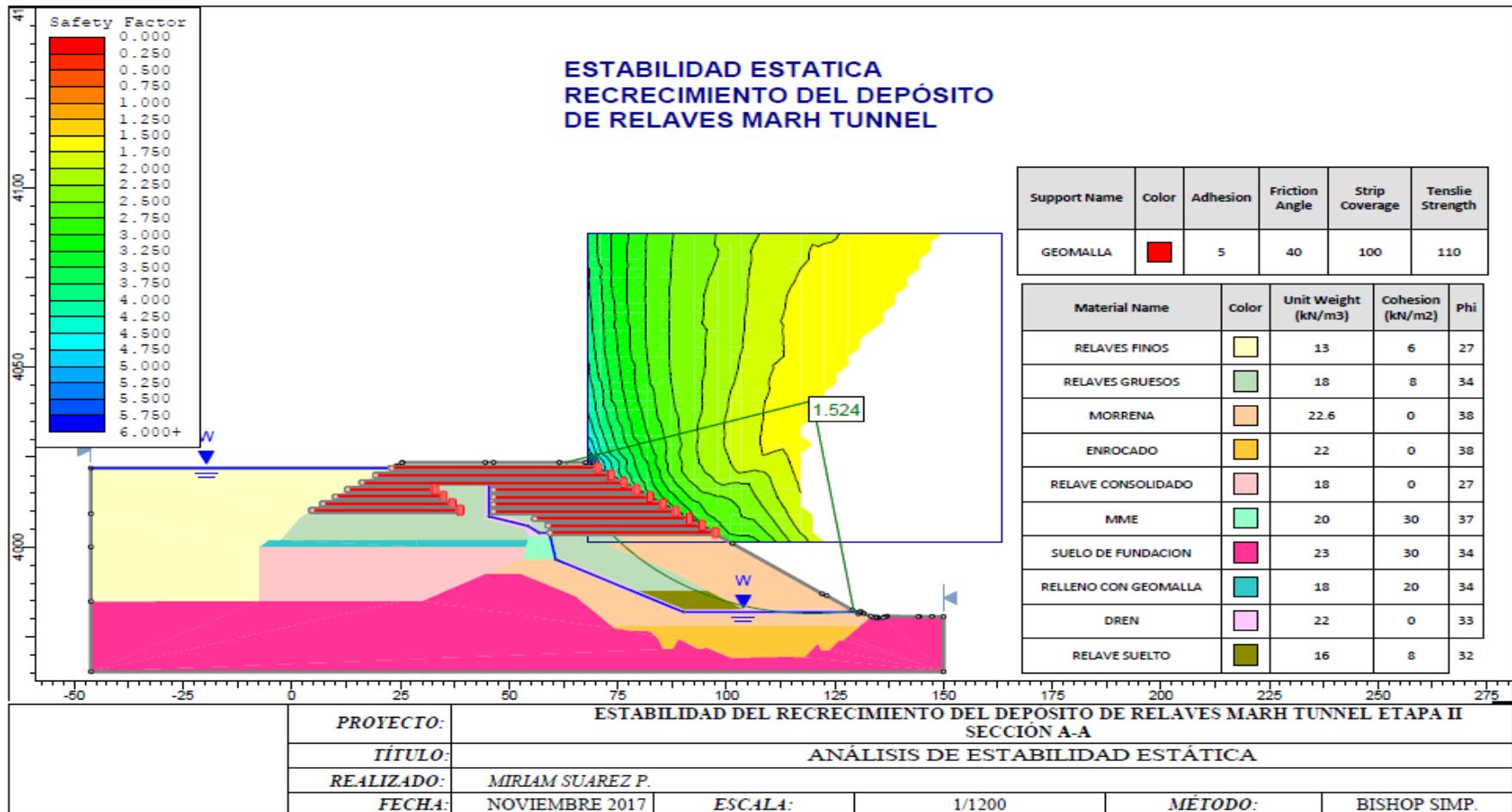
Fuente: (Elaboración Propia)

Figura 36: Estabilidad Sísmica – Etapa I – Sección B-B



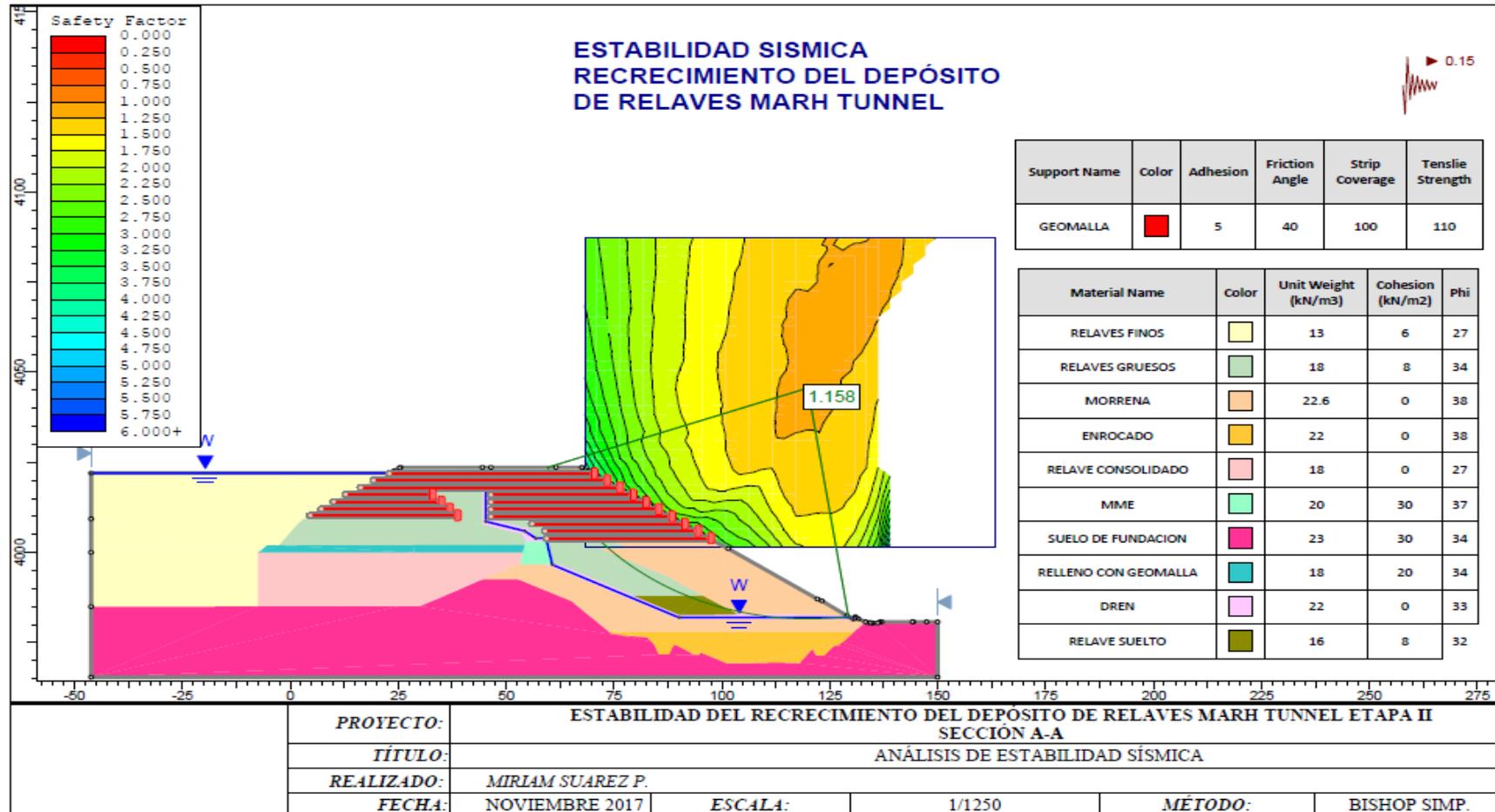
Fuente: (Elaboración Propia)

Figura 37: Estabilidad Estática – Etapa II – Sección A-A



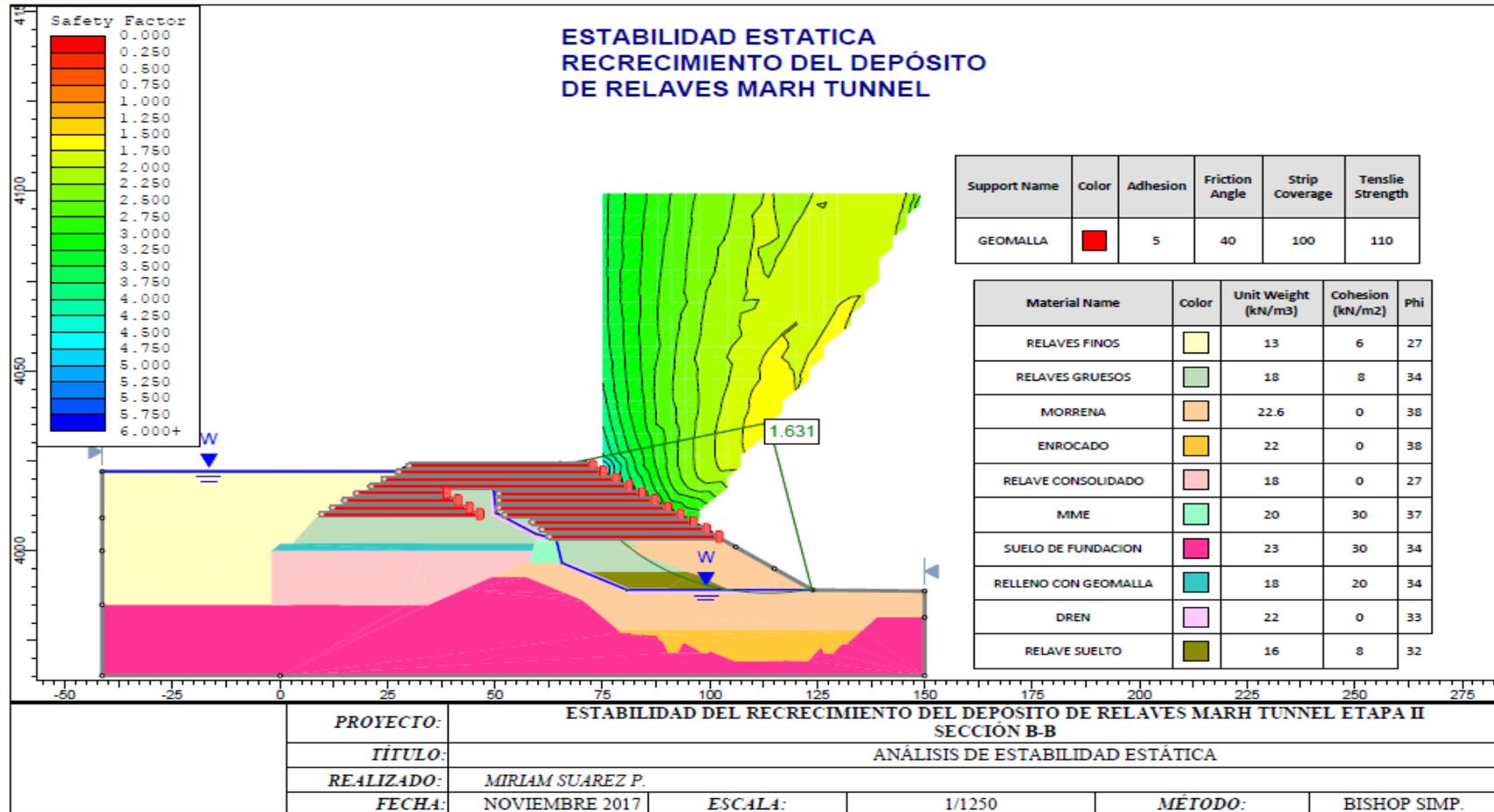
Fuente: (Elaboración Propia)

Figura 38: Estabilidad Sísmica – Etapa II – Sección A-A



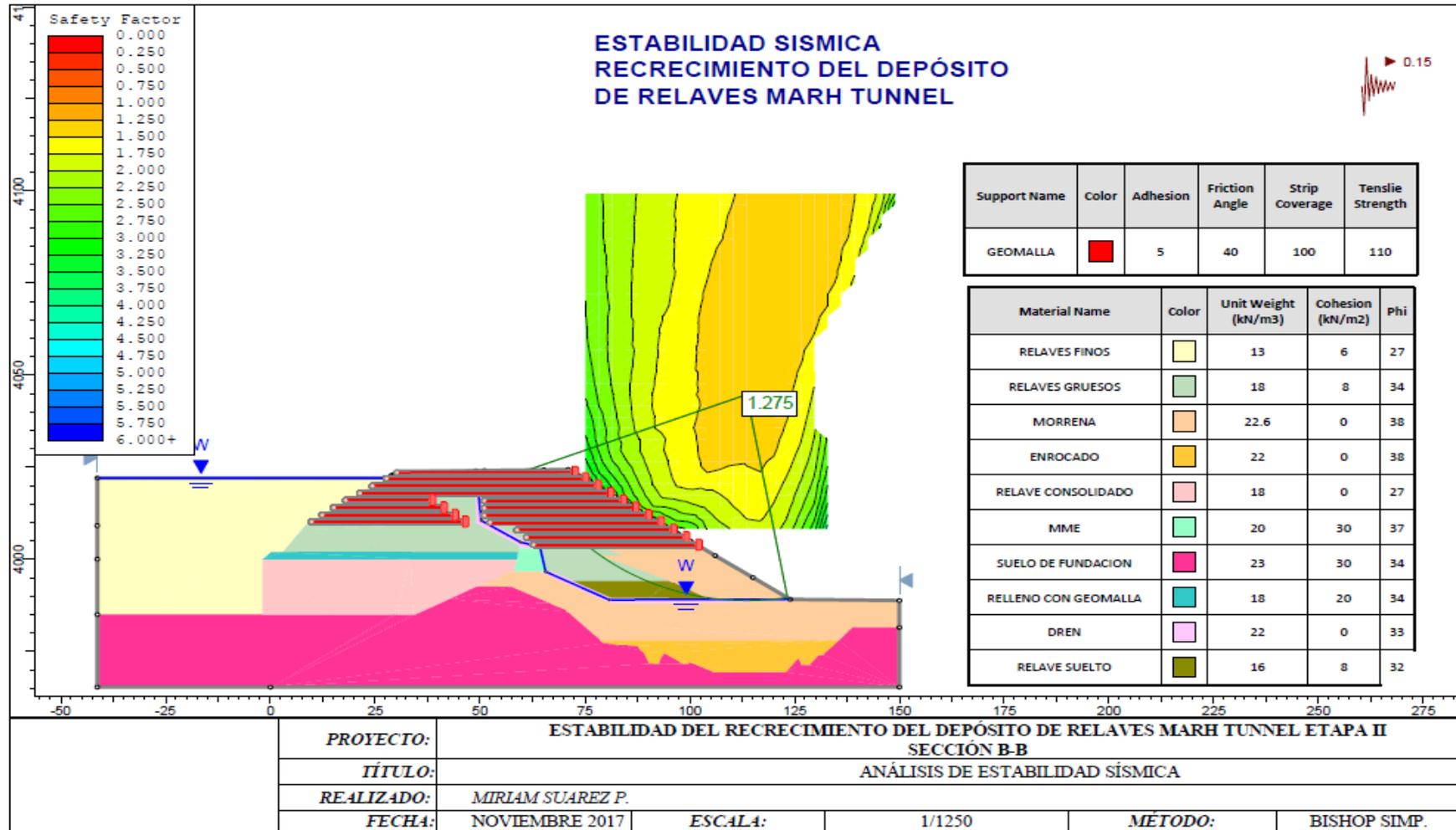
Fuente: (Elaboración Propia)

Figura 39: Estabilidad Estática – Etapa II – Sección B-B



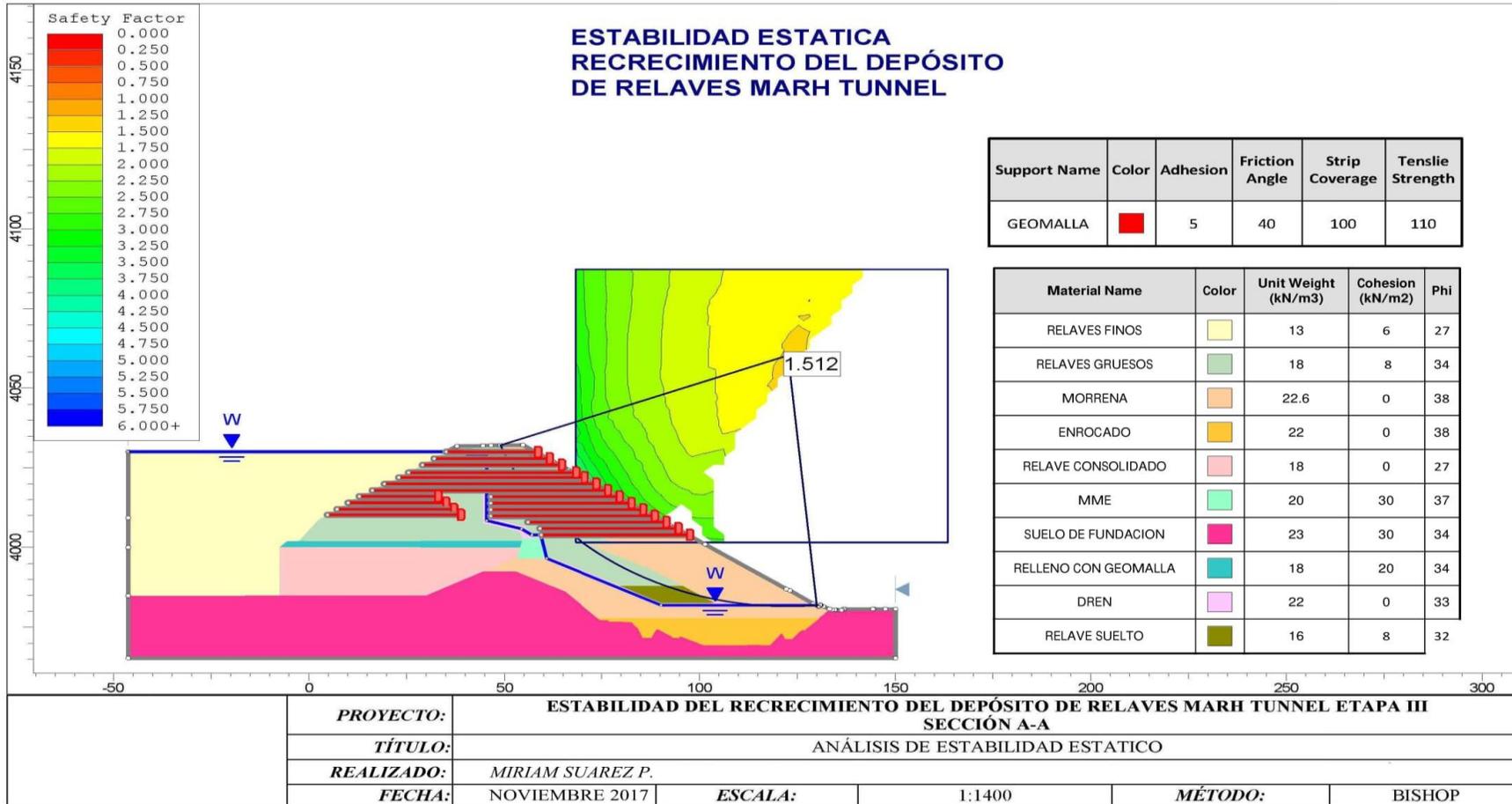
Fuente: (Elaboración Propia)

Figura 40: Estabilidad Sísmica – Etapa II – Sección B-B



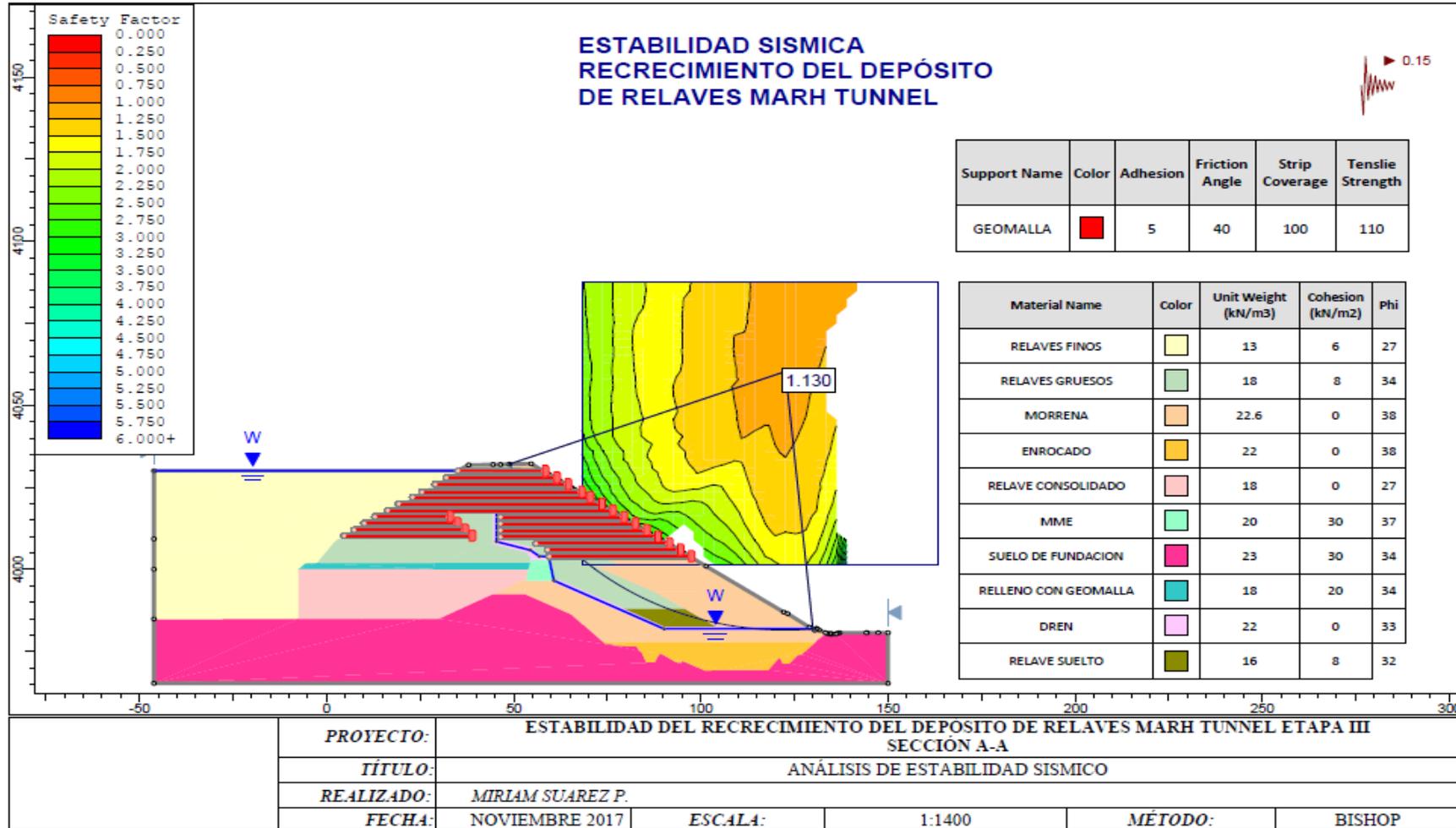
Fuente: (Elaboración Propia)

Figura 41: Estabilidad Estática – Etapa III – Sección A-A



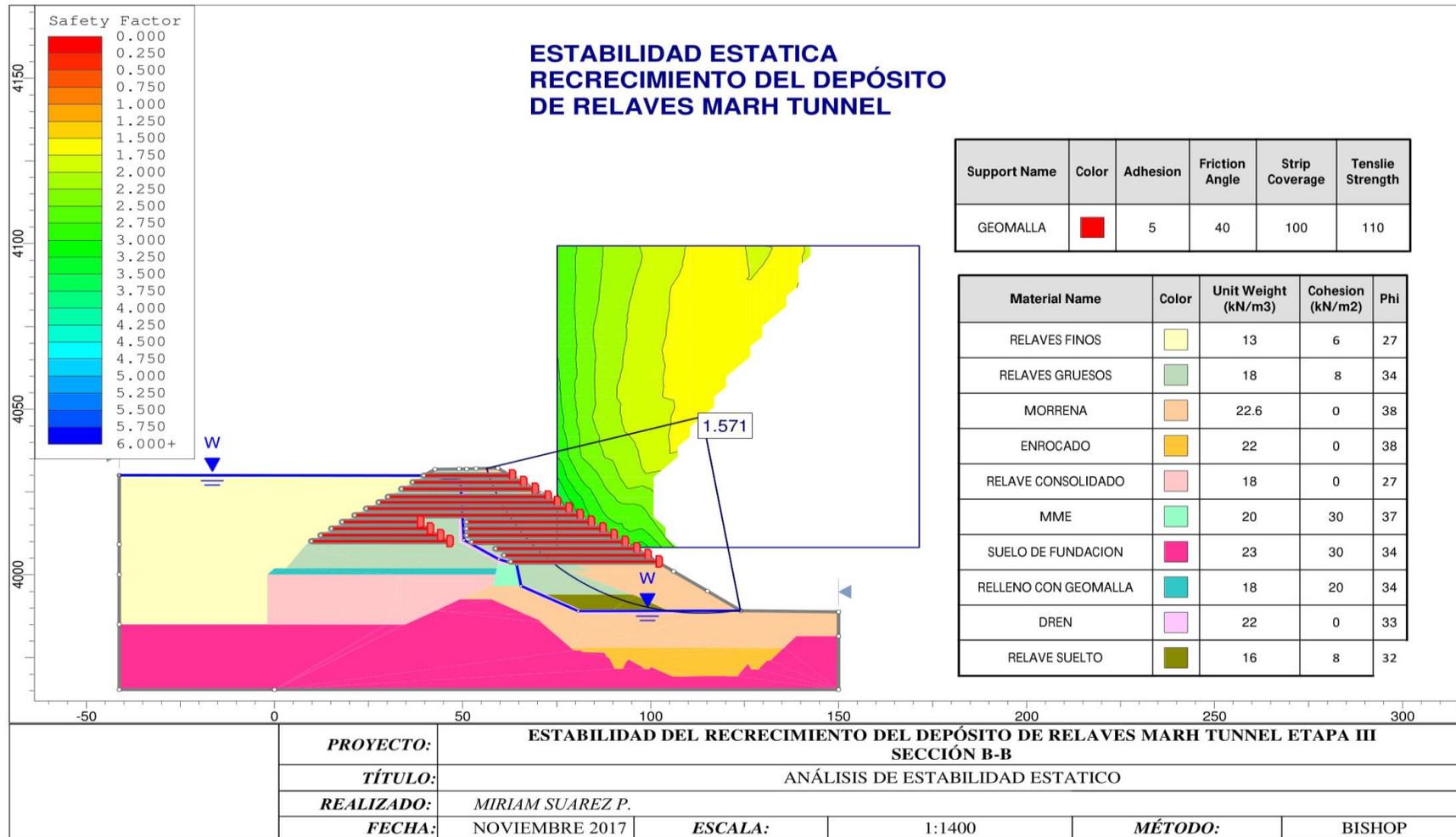
Fuente: (Elaboración Propia)

Figura 42: Estabilidad Sísmica – Etapa III – Sección A-A



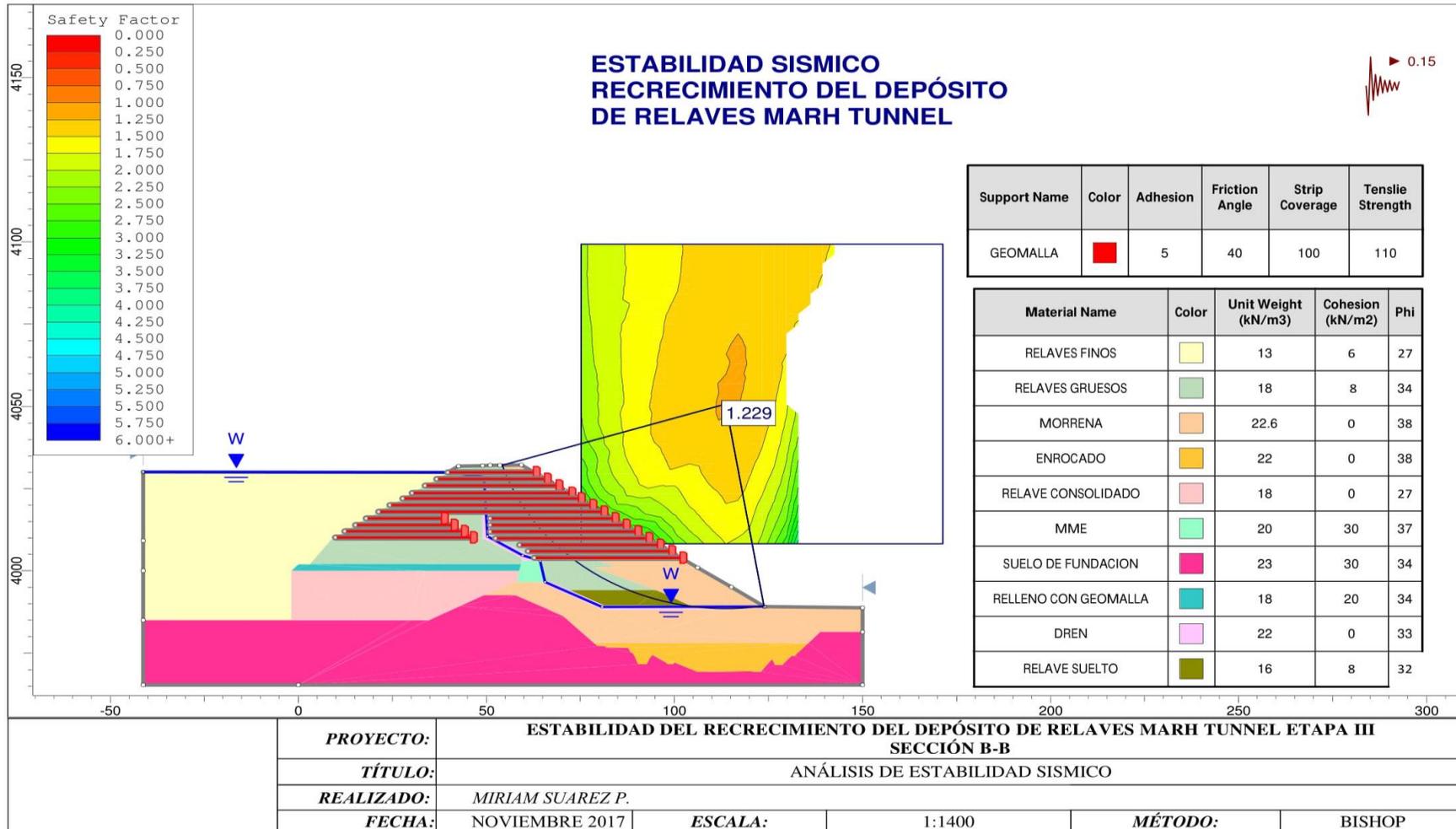
Fuente: (Elaboración Propia)

Figura 43: Estabilidad Estática – Etapa III – Sección B-B



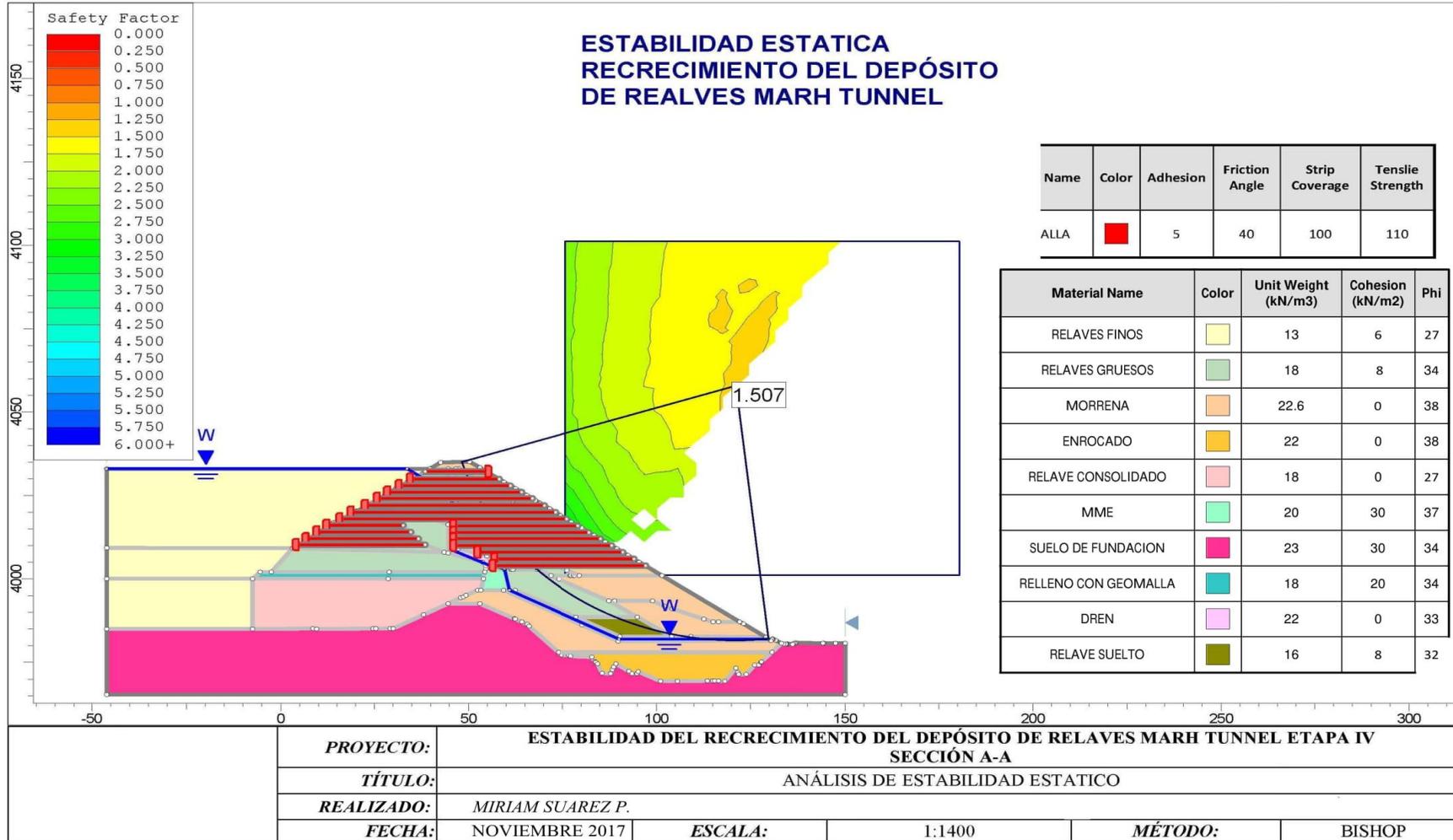
Fuente: (Elaboración Propia)

Figura 44: Estabilidad Sísmica – Etapa III – Sección B-B



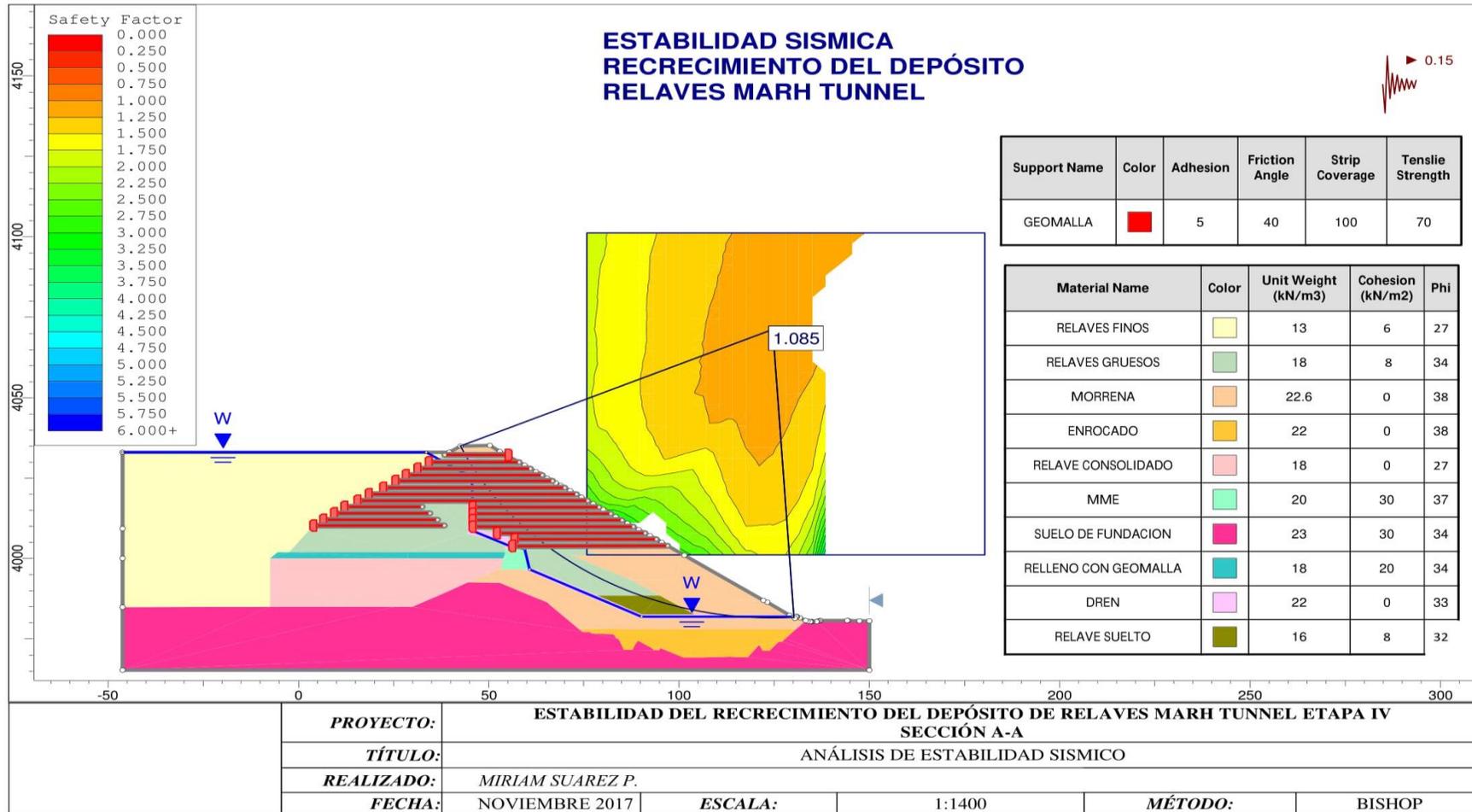
Fuente: (Elaboración Propia)

Figura 45: Estabilidad Estática – Etapa IV – Sección A-A



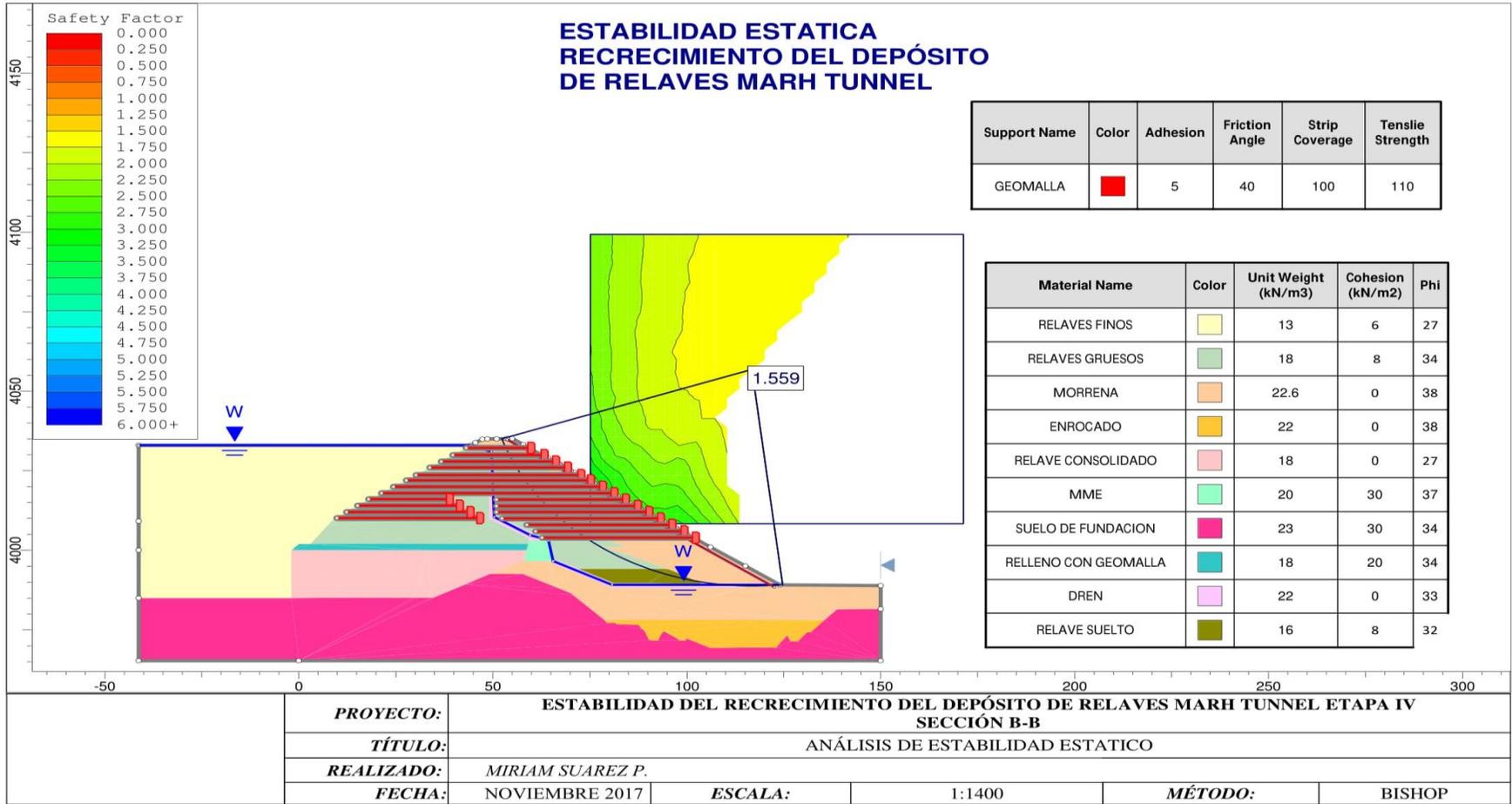
Fuente: (Elaboración Propia)

Figura 46: Estabilidad Sísmica – Etapa IV – Sección A-A



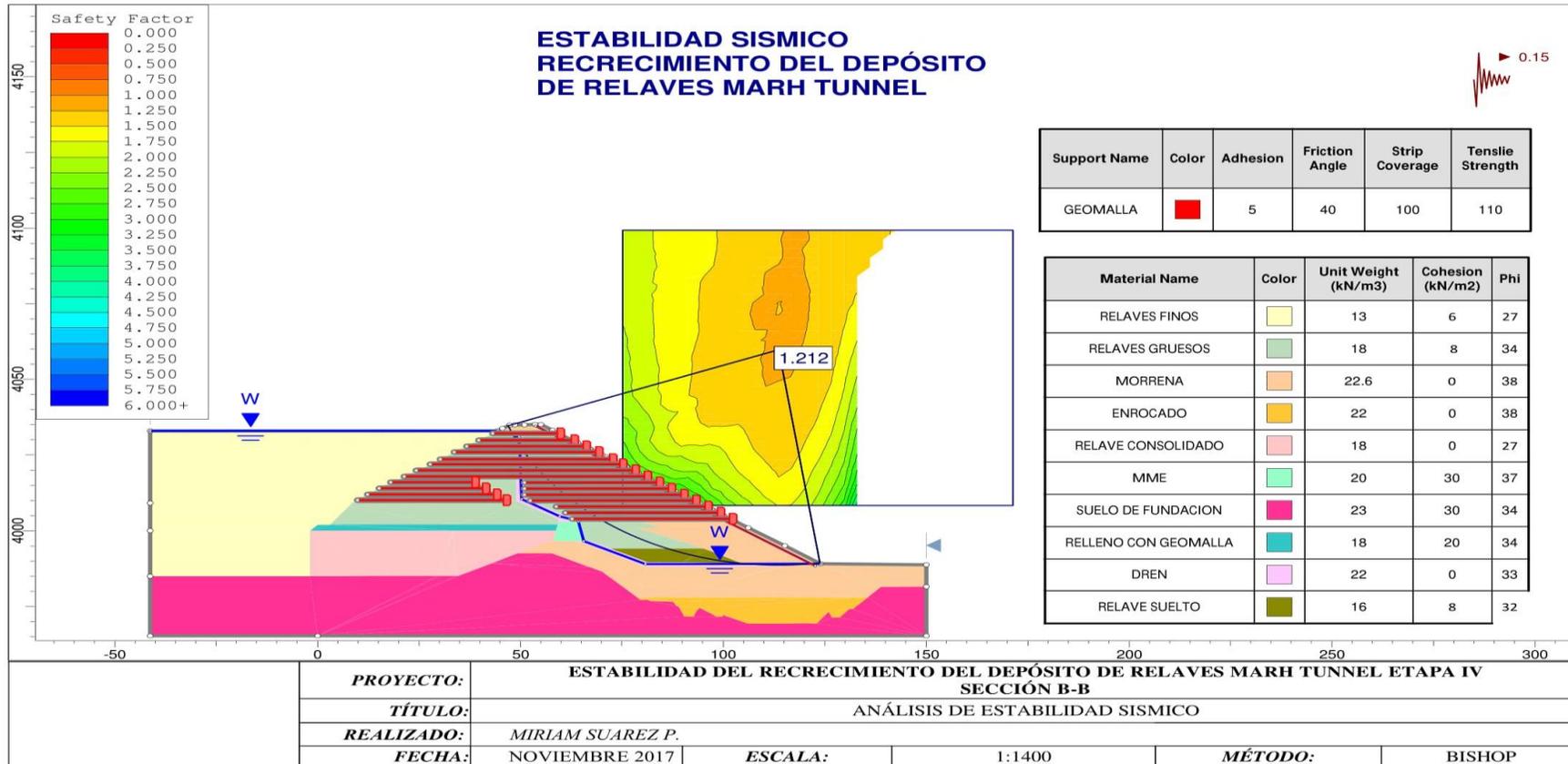
Fuente: (Elaboración Propia)

Figura 47: Estabilidad Estática – Etapa IV – Sección B-B



Fuente: (Elaboración Propia)

Figura 48: Estabilidad Sísmica – Etapa IV – Sección B-B



Fuente: (Elaboración Propia)

Resumen:

Según las figuras N°33, 35, 37, 39, 41, 43, 45 y 47 muestran los resultados del modelamiento que se realizó en el programa Slide v6.0, del diseño propuesto, por lo tanto se muestra la tabla N°7 un resumen de los valores obtenidos tanto de la sección A-A y B-B.

Tabla 7: Factores de Seguridad obtenidos – Condición Estática

SECCIÓN	FACTOR DE SEGURIDAD OBTENIDOS – CONDICIÓN ESTÁTICA			
	Etapa I 4020.60 msnm	Etapa II 4024.00 msnm	Etapa III 4032.00 msnm	Etapa IV 4035.00 msnm
A-A	1.770	1.524	1.512	1.507
B-B	2.186	1.631	1.571	1.559

Fuente: (Elaboración Propia)

Los resultados en la condición estática, arrojan factores de seguridad los cuales son mayores a los límites permisibles por los resultados del Capítulo IV, donde el F.S estática es igual al valor de 1.5, por lo tanto la presa demuestra que es estable en condición estática a largo plazo (durante la ejecución y operación de esta) y como se demuestra con los valores inmersos en la tabla N°7; como 1.507 perteneciente a la figura N°45 y al valor 1.559 perteneciente a la figura N°47, estos son mayores a 1.5.

Según las figuras N°34, 36, 38, 40, 42, 44, 46 y 48 muestran los resultados del modelamiento que se realizó en el programa Slide v6.0, del diseño propuesto, por lo tanto se muestra la tabla N°8 un resumen de los valores obtenidos tanto de la sección A-A y B-B.

Tabla 8: Factores de Seguridad obtenidos – Condición Pseudo-Estática

SECCIÓN	FACTOR DE SEGURIDAD OBTENIDOS – CONDICIÓN PSEUDO-ESTÁTICA			
	Etapa I 4020.60 msnm	Etapa II 4024.00 msnm	Etapa III 4032.00 msnm	Etapa IV 4035.00 msnm
A-A	1.740	1.158	1.130	1.085
B-B	1.745	1.275	1.229	1.212

Fuente: (Elaboración propia)

Los resultados en condición sísmica, arrojan factores de seguridad los cuales son mayores a los límites permisibles por los resultados del Capítulo IV, donde el F.S sísmica es igual al valor de 1.0, por lo tanto la presa demuestra que es estable en condición sísmica a largo plazo (durante la ejecución y operación de esta) y como se demuestra con los valores inmersos en la Tabla N°8, como 1.158 perteneciente a la figura N°38 y al valor 1.275 perteneciente a la figura N°40, estos son mayores a 1.0.

CAPÍTULO V CONSTRUCCIÓN

5.1. CONSTRUCCIÓN

5.1.1. UBICACIÓN

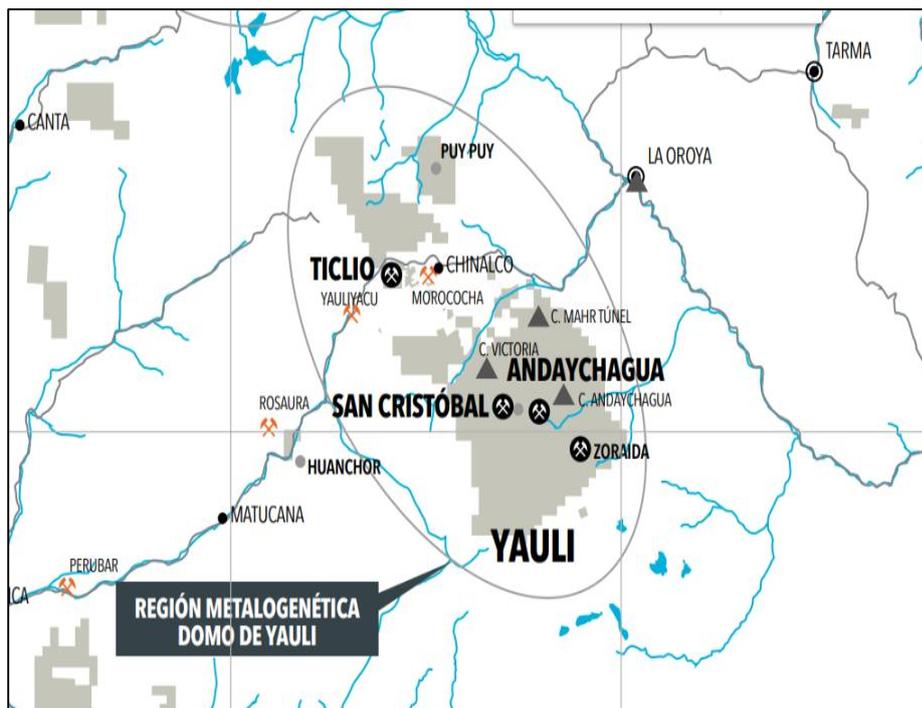
La unidad Minera Mahr Túnel se ubica en el distrito y provincia de Yauli, Región Junín, en la zona central del Perú, a una altitud promedio de 4000 msnm. El área del proyecto se encuentra emplazada en la margen izquierda del valle del río Yauli, a 2 km aguas abajo de la Concentradora de Mahr Túnel.

Figura 49: Ubicación de canteras y depósito de relaves



Fuente: (Volcan: Memoria Anual 2017)

Figura 50: Ubicación de la Unidad Minera Mahr Tunnel N°6 – VOLCAN S.A.A, YAULI – LA OROYA



Fuente: (Volcan: Memoria Anual 2017)

5.1.2. ETAPAS CONSTRUCTIVAS

El recrecimiento sobre la elevación 4016.6 m.s.n.m. se define en 4 etapas constructivas. Como se muestra en la figura N°51.

- Etapa 1: Corona de elevación 4020.6 m.s.n.m.
- Etapa 2: Corona de elevación 4024 m.s.n.m.
- Etapa 3: Corona de elevación 4032 m.s.n.m.
- Etapa 4: Corona de elevación 4035 m.s.n.m.

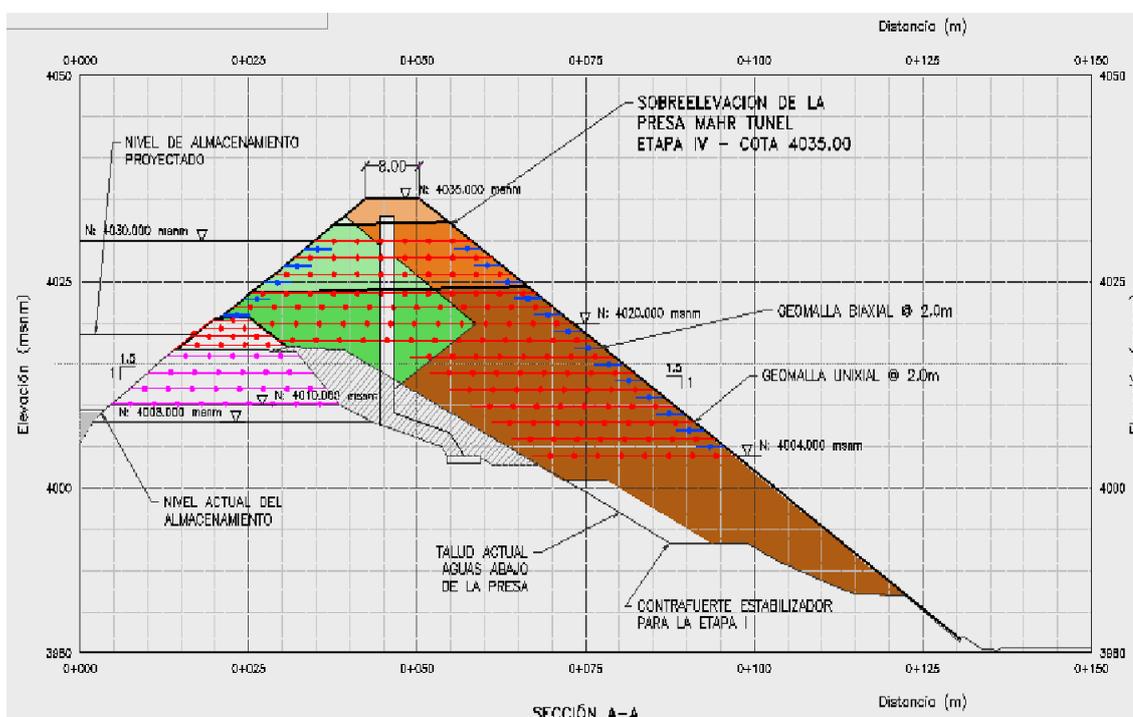
El volumen de material por cada etapa y por los diferentes materiales como relave y morrena se muestra en la tabla N°9.

Tabla 9: Curva del Recrecimiento de la Presa Elevación 4016.6 a 4035 m.s.n.m. Depósito N°6 Mahr Tunnel

ELEVACIÓN CORONA M.S.N.M.	VOLUMEN ACUMULADO PRESA M ³	
	RELAVE GRUESO	PRÉSTAMO
4020.6	115,224.80	122,119.00
4024	161,308.90	258,805.10
4032	11,290.80	31,835.90
4035	5,307.00	19,522.00

Fuente: (Elaboración propia)

Figura 51: Sección transversal presa recrecimiento final cota 4035 m.s.n.m.



Fuente: (Elaboración propia)

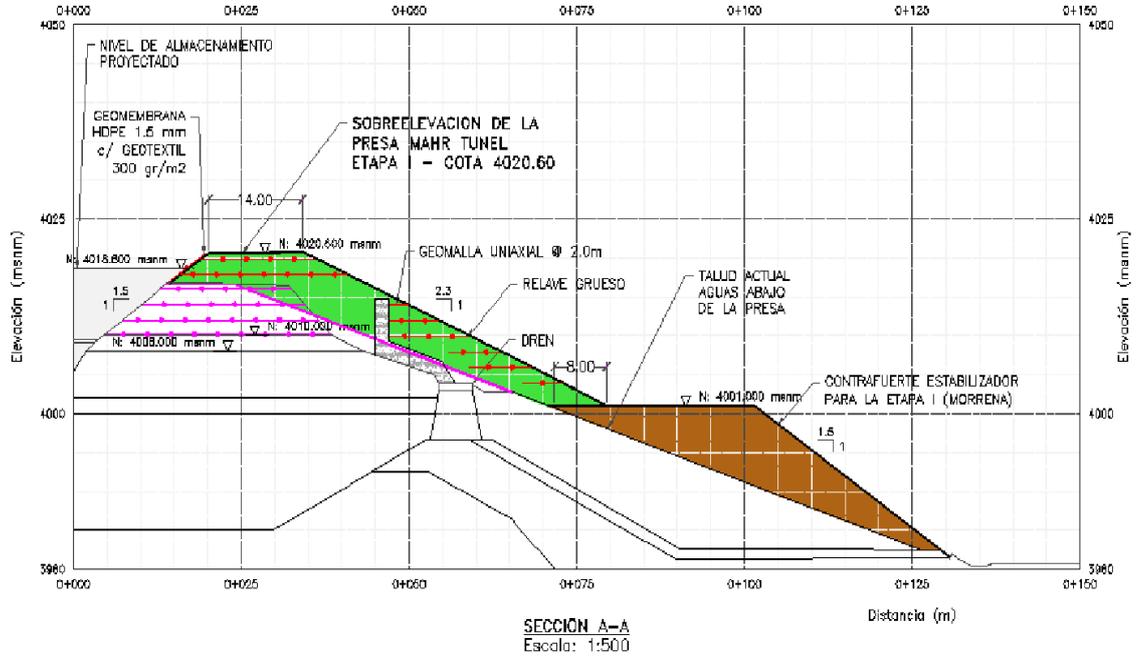
Etapa 1:

La etapa 1 cuenta con dos volúmenes, uno de ellos ubicado en la corona de la presa con una sobreelevación tipo agua abajo hasta una cota de 4020.6 msnm (es decir una elevación de 4 metros de la presa) y un contrafuerte ubicado aguas abajo. Este último con la finalidad de estabilizar físicamente la presa. El contrafuerte (con

corona en la cota 4001 msnm) tendrá que construirse antes la sobre elevación de la presa y como se muestra en los planos.

Como se muestra en la figura N°52.

Figura 52: Sección transversal presa recrecimiento con cota 4020.6 m.s.n.m. – Etapa 1

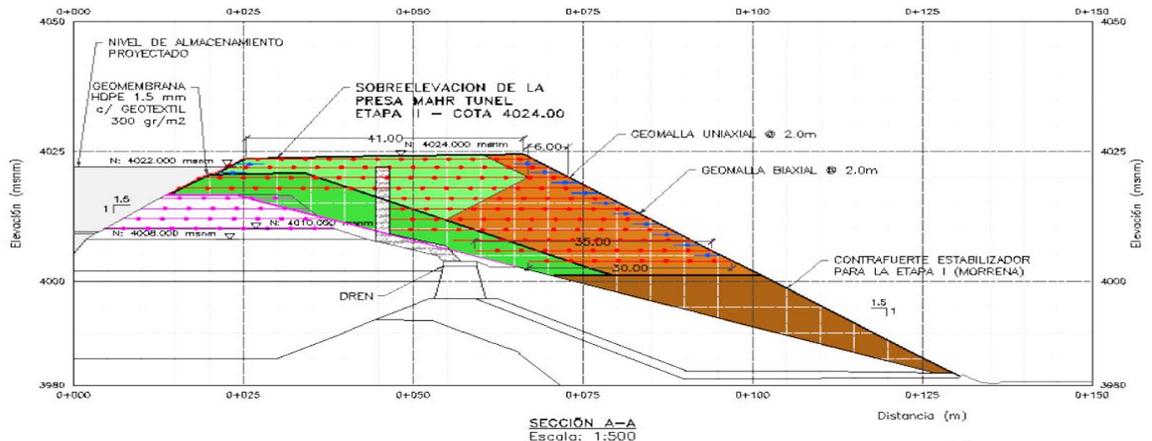


Fuente: (Elaboración propia)

Etapa 2:

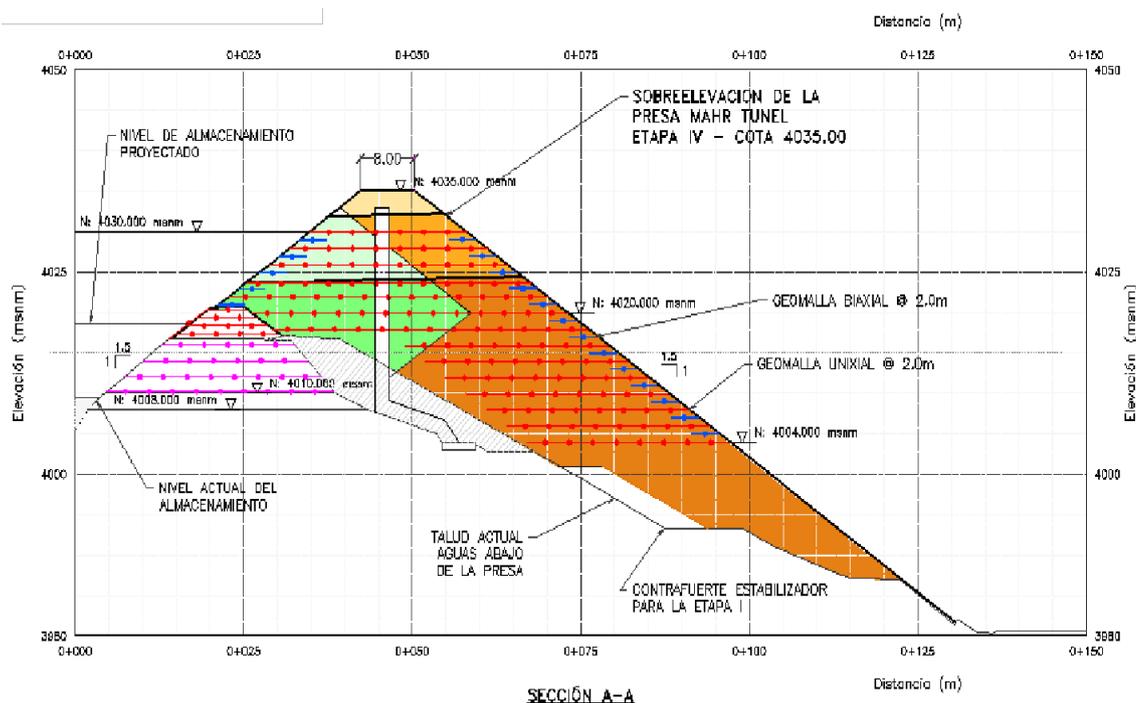
La etapa 2 corresponde al recrecimiento de la presa utilizando el método de aguas abajo hasta la elevación de 4024 m.s.n.m. según muestra la Figura N°53.

Figura 53: Sección transversal presa recrecimiento con cota 4024 m.s.n.m. – Etapa 2



Fuente: (Elaboración propia)

Figura 55: Sección transversal presa recrecimiento con cota 4035 m.s.n.m. – Etapa 4



Fuente: (Elaboración propia)

5.1.3. REQUISITOS DE COMPACTACIÓN

Relave grueso:

El relave grueso debe ser compactado al menos al 95% de la densidad máxima compactada seca, determinada de acuerdo a la norma ASTM D698 (Proctor estándar).

- Debe disponerse en capas de un espesor máximo de 25 cm, cuando se emplee equipo de compactación pesado.
- En caso de emplearse equipo de compactación manual, el espesor máximo de cada capa debe limitarse a 15 cm.
- Previa a la construcción, se debe mantener la laguna de aguas claras lo más alejada posible del área donde se construye el apoyo al vaso.

Material de presa:

El material debe ser compactado en capas cada 25 cm hasta alcanzar un 95% de la densidad máxima según ASTM D1557.

Posteriormente, en la etapa 1 se continúa depositando material de préstamo para conformar el espaldón, según la configuración geométrica indicada en los planos y bajo el mismo nivel de compactación exigido en la tabla N°10.

5.1.4. CONTROLES

El espesor de las capas ya compactadas no debe ser superior al valor indicado para cada tipo de material. El Contratista puede optimizar el espesor máximo de estas capas una vez efectuados terraplenes de prueba o una vez que se haya comprobado sostenidamente que en la construcción del relleno del espaldón, con un determinado espesor, se alcance holgadamente los requerimientos de densidad y homogeneidad especificados.

Controles mínimos requeridos de los materiales

Se deben realizar los controles en laboratorio y campo mostrados en la Tabla N°10.

Tabla 10: Características de los ensayos de los materiales

MATERIAL	ENSAYO	REQUERIMIENTO	FRECUENCIA	NORMA
Préstamo Morrena	Granulometría	Banda granulométrica	1 por 4,000 m ³	ASTM D422
	Proctor Modificado	95% PE	1 por 4,000 m ³	ASTM D1557
	Humedad natural	Contenido de humedad	1 por 1,000 m ³	ASTM D2216
	Densidad In situ	Reemplazo por agua	1 por 1,000 m ³	ASTM D5030
	Inspección visual	A realizar por Ingeniero	Continúa	-

Relave Grueso	Proctor estandar	95% PE	1 por 20,000 m ³	ASTM D698
	Densidad In situ y humedad natural	Cono de arena grande (D6")	1 por 700 m ³	ASTM D1556
	Análisis Granulométrico	Contenido máximo de material bajo malla N°200 menor a 20%	1 por 10,000 m ³	ASTM D422

Fuente: (Elaboración propia)

La construcción del dique se realizó con material de préstamo (morrena) y material de relave grueso, en lo cual se obtiene el número de capas, los obtenidos de los planos de diseño, como se observa en la tabla N° 11.

Estos pueden variar de acuerdo a los ingenieros a cargo del proyecto, por diferentes factores que se mostrarán en el proceso constructivo.

Tabla 11: Número de capas por etapas y material

ETAPAS	CAPAS	MATERIAL
ETAPA I – 4020.60 MSNM	52	MORRENA
	78	RELAVE
ETAPA II – 4024.00 MSNM	92	MORRENA
	49	RELAVE
ETAPA III – 4032.00 MSNM	33	MORRENA
	30	RELAVE
ETAPA IV – 4035.00 MSNM	12	MORRENA
	04	RELAVE

Fuente: (Elaboración propia)

Tras los resultados obtenidos y la propuesta presentada la Empresa Volcan Cía Minera dio viabilidad a la construcción del dique con el diseño propuesto por la investigadora, contratando así a la empresa ECOSEM HUAYHUAY para que ejecute este proyecto que se realizará en cuatro etapas tomando como referencia los planos, diseños y cronograma; en general las especificaciones técnicas dadas por el contratante (Volcan Cía Minera),

En la tabla N° 12, se muestran los equipos de maquinaria pesada, para el recrecimiento del dique en sus diferentes etapas de construcción.

Tabla 12: Equipos requeridos

EQUIPOS UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL DIQUE	
Cargador frontal sobre llantas	200-250 HP
Excavador sobre orugas	170-250 HP
Camión cisterna	1500 gl
Rodillo liso vibratorio autopropulsado	101-135 HP
Tractor Orugas	140-160 HP
Motoniveladora	125 HP
Compactador vibratorio tipo plancha	7 HP

Fuente: (Volcan Cia Minera)

En la tabla N° 13, se muestran los recursos humanos, que formaran parte muy importante para el recrecimiento del dique en sus diferentes etapas constructivas.

Tabla 13: Recursos Humanos

RECURSOS HUMANOS	
Colaboradores	Dirección técnica
Capataz	Topógrafo
Peón	Técnico de Suelos
Oficial	Supervisor de Calidad
Operario	Supervisor de Seguridad
Operadores	Administradora

Fuente: (Volcan Cia Minera)

En la tabla N° 14, se muestra los costos estimados por cada etapa considerando que el monto puede variar por modificaciones al cronograma supeditado, este debido a los factores climáticos entre otros.

El costo de la conformación del dique que se presenta es hasta la cota 4035.00 m.s.n.m el cual asciende a un total de:

Costo Total: U\$11'148,678.35.

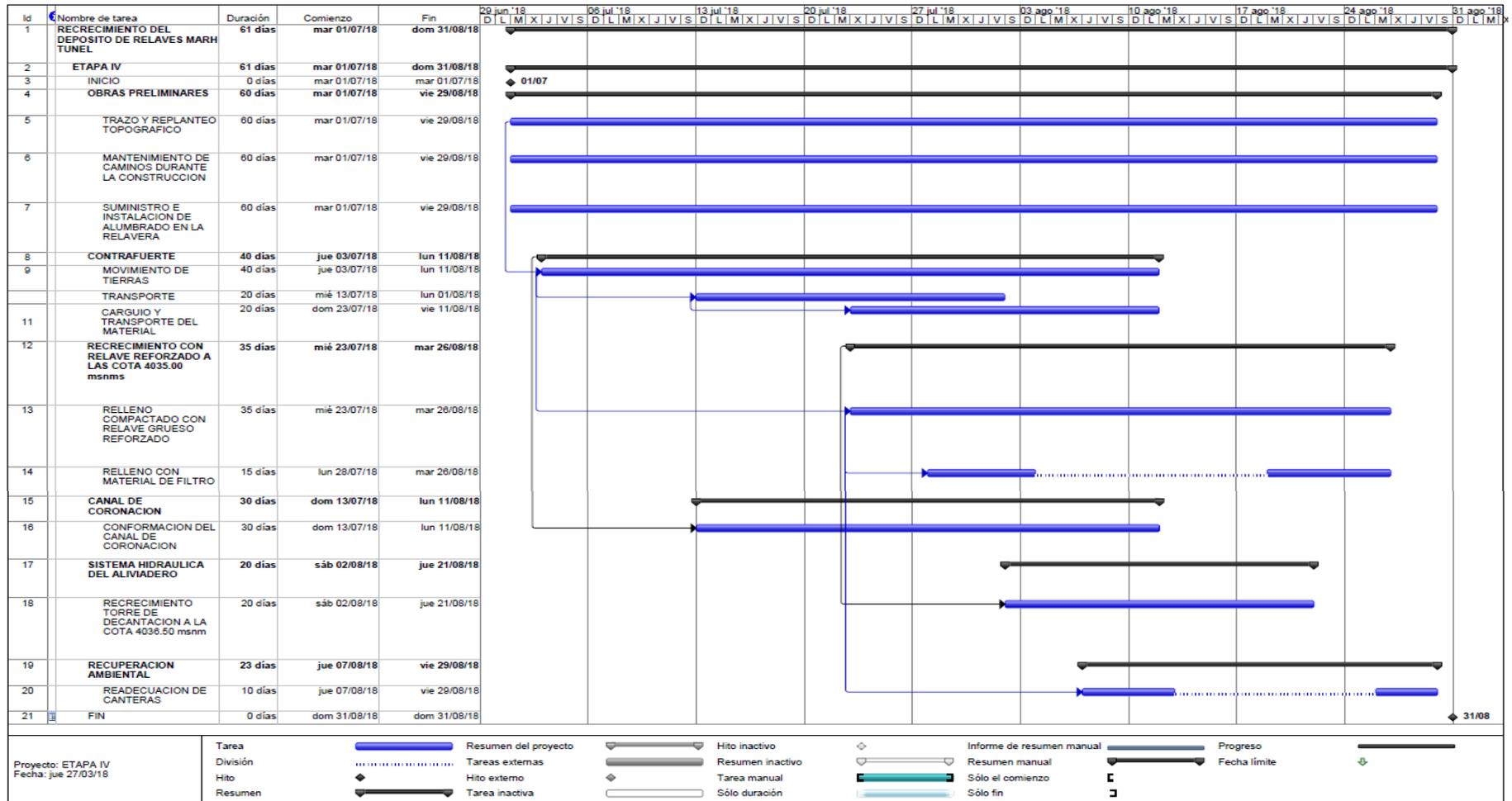
Tabla 14: Costos Estimados

COSTOS ESTIMADOS	
ETAPA	COSTO
Etapa I	U\$2'961,566.37
Etapa II	U\$2'961,566.37
Etapa III	U\$2'961,566.37
Etapa IV	U\$2'961,566.37

Fuente: (Volcan Cia Minera)

De tal manera también se adjunta el cronograma de ejecución en forma resumida de la construcción del dique, que pertenece a la Etapa IV. Como se muestra en la figura N°56.

Figura 56: Cronograma de Ejecución



Fuente: (Elaboración propia)

5.2. PRUEBAS Y RESULTADOS DE LABORATORIO Y CAMPO

A continuación se muestran los ensayos de laboratorio, realizados en el proceso constructivo de los materiales de relave y morrena.

5.2.1. ANÁLISIS DE RELAVE GRUESO

Se realizaron pruebas de laboratorio para material de relave grueso, para conocer sus características y tener como base de datos. En la tabla N°15 se presenta un resumen sobre los ensayos a lo largo de la construcción del dique, mostrando en el Anexo 04 un ejemplo de uno de los ensayos como el que tiene el código de muestra RE-028 y que los datos de este se verá reflejado en el ensayo de densidad de la capa N°91. Ya que el proceso de los ensayos en laboratorio es repetitivo.

Tabla 15: Pruebas de laboratorio del relave grueso

Código de muestra	Fecha de muestreo	Procedencia	Clas. Sucs	Hum. %	GRANULOMETRIA GLOBAL							Lím. Cons.		Proc. Correg.	
					Nº 4	Nº 10	Nº 20	Nº 40	Nº 60	Nº 100	Nº 200	LL	IP	OCH %	MDSC g/cm ³
RE-001	13/01/18	RELAVERA 5	SM	9.7	100.00	100.00	99.10	88.30	59.20	39.70	19.60	NP	NP	10.9	2.061
RE-003	19/01/18	RELAVERA 5	SM	11.3	100.00	100.00	98.70	87.20	59.70	39.90	20.20	NP	NP	11.2	2.055

RE-005	23/01/18	RELAVERA 3	SM	9.7	100.00	100.00	98.00	85.80	62.20	41.10	21.80	NP	NP	10.5	2.080
RE-009	03/02/18	RELAVERA 3	SM	11.1	100.00	100.00	99.80	91.50	72.00	47.40	21.40	NP	NP	11.2	2.080
RE-010	06/02/18	RELAVERA 5	SM	10.9	100.00	100.00	98.90	85.70	56.80	37.50	21.80	NP	NP	11.1	2.092
RE-013	13/02/18	RELAVERA 3 Y 5	SM	10.6	100.00	100.00	98.80	85.10	55.50	35.70	18.90	NP	NP	10.9	2.063
RE-028	15/04/18	RELAVERA 3 Y 5	SM	10.5	100.00	96.30	95.70	86.40	63.50	42.00	21.90	NP	NP	9.6	2.081
RE-029	23/04/18	RELAVERA 3 Y 5	SM	7.1	100.00	100.00	99.90	95.80	71.70	45.50	22.60	NP	NP	9.1	2.060
RE-031	30/04/18	RELAVERA 3	SM	11.5	100.00	99.40	98.20	78.60	52.90	33.60	18.00	NP	NP	10.8	2.108
RE-037	23/05/18	RELAVERA 3	SM	10.6	100.00	100.00	99.50	89.20	61.70	38.00	22.00	NP	NP	10.2	2.064
RE-040	03/06/18	RELAVERA 3	SM	12.3	100.00	100.00	99.40	88.20	60.80	35.00	19.90	NP	NP	10.8	2.107

Fuente: (Elaboración Propia)

5.2.2. ANÁLISIS DE MATERIAL DE PRÉSTAMO (MORRENA)

Se realizaron pruebas de laboratorio para material de préstamo o llamado morrena, para conocer sus características y tener como base de datos. En la tabla N°16 se presenta un resumen sobre los ensayos a lo largo de la construcción del dique, mostrando en el Anexo 04 un ejemplo de uno de los ensayos como el que tiene el código de muestra MR-71 y que los datos de este se verá reflejado en el ensayo de densidad de la capa N°101. Ya que el proceso de los ensayos en laboratorio es repetitivo.

Tabla 16: Pruebas de laboratorio de morrena

Código de Muestra	Fecha de muestreo	Procedencia	Clas. SUCS	Hum. %	GRANULOMETRIA GLOBAL							Lím. Cons.		Peso Esp.	Proc. Correg.	
					4"	1"	Nº 4	Nº 10	Nº 20	Nº 100	Nº 200	LL	IP		OCH %	MDSC g/cm ³
MR-02	23/01/18	JIMENA	GM-GC	7.7	100.00	79.70	49.50	38.80	35.70	23.00	19.50	20	6	2.637	6.2	2.323
MR-04	12/03/18	TAJO GAVILAN	GM	7.4	100.00	77.10	38.50	26.50	20.10	15.00	12.10	21	3	2.568	6.6	2.431
MR-09	19/04/18	TAJO GAVILAN	GM	9.8	100.00	85.10	50.50	44.00	38.20	28.40	23.20	25	6	2.575	8.2	2.223
MR-19	23/05/18	ESPERANZA	GM	9.5	100.00	76.30	44.70	38.10	33.20	28.30	26.00	24	7	2.643	5.0	2.329
MR-27	18/06/18	ESPERANZA	GC	6.6	100.00	71.80	32.50	24.30	19.90	14.70	12.20	25	8	2.579	4.6	2.357

MR-34	20/07/18	TAJO GAVILAN	GP-GC	5.3	100.00	67.30	20.80	14.20	10.70	8.20	7.10	25	6	2.564	4.2	2.291
MR-43	22/08/18	TAJO GAVILAN	GP-GC	9.7	100.00	61.10	23.00	15.70	11.40	8.40	7.00	25	6	2.660	6.4	2.330
MR-50	01/09/18	TAJO GAVILAN	GM-GC	7.0	100.00	61.10	23.60	20.90	19.10	17.10	16.30	26	7	2.620	6.5	2.371
MR-54	03/09/18	TAJO GAVILAN	GM-GC	6.9	100.00	64.20	30.00	23.60	19.60	13.60	12.60	25	6	2.645	6.5	2.342
MR-71	06/10/18	TAJO GAVILAN	GM-GC	6.1	100.00	87.00	30.00	23.50	19.60	14.10	12.10	24	5	2.653	5.9	2.352

Fuente: (Elaboración Propia)

5.2.3. ANÁLISIS DE DENSIDAD DE CAMPO DE RELAVE GRUESO

Se realizó la densidad in situ con el método de cono de arena, para obtener el resultado final como el grado de compactación que se realizaba en cada capa conformada. En la tabla N°17 se muestra un resumen de los ensayos a lo largo de la construcción del dique, mostrando en el Anexo 04 un ejemplo de uno de los ensayos como el que tiene el certificado DCA-093-18, perteneciente a la capa N°93. Ya que el proceso de los ensayos en campo es repetitivo.

Tabla 17: Ensayos de densidad in-situ método cono de arena

Certificado N°	Fecha de Prueba	Capa N°	Espesor cm	Ubicación		Proctor corregido		Datos de campo		Grado comp. %
				Prog. km	Cota msnm	OCH %	MDSC g/cm³	Humedad %	D. Seca g/cm³	
DCA-065-18	13/01/18	65	0.30	0+200	4007.400	10.9	2.061	10.8	1.997	96.9
			0.30	0+280	4007.400	10.9	2.061	11.1	2.009	97.5
			0.30	0+500	4007.400	10.9	2.061	11.4	1.985	96.3
DCA-067-18	19/01/18	67	0.30	0+200	4008.000	11.2	2.055	11.4	1.995	97.1
			0.30	0+470	4008.000	11.2	2.055	11.0	1.967	95.7
			0.30	0+560	4008.000	11.2	2.055	11.2	1.983	96.5
DCA-069-18	23/01/18	69	0.30	0+200	4008.600	10.5	2.080	11.0	2.003	96.3
			0.30	0+400	4008.600	10.5	2.080	10.9	2.030	97.6
			0.30	0+560	4008.600	10.5	2.080	11.2	2.020	97.1
DCA-073-18	03/02/18	73	0.30	0+180	4009.800	11.2	2.080	11.0	2.038	98.0
			0.30	0+340	4009.800	11.2	2.080	10.8	2.043	98.2
			0.30	0+480	4009.800	11.2	2.080	11.1	2.034	97.8
DCA-074-18	06/02/18	74	0.30	0+180	4010.10	11.1	2.092	10.5	2.056	98.3
			0.30	0+360	4010.10	11.1	2.092	10.3	2.025	96.8
			0.30	0+540	4010.10	11.1	2.092	10.8	2.050	98.0
DCA-077-18	14/02/18	77	0.30	0+140	4011.00	10.9	2.063	10.5	2.026	98.2
			0.30	0+320	4011.00	10.9	2.063	10.8	1.997	96.8
			0.30	0+460	4011.00	10.9	2.063	10.6	2.011	97.5
DCA-091-18	19/04/18	91	0.30	0+140	4015.20	9.6	2.081	10.5	2.037	97.9
			0.30	0+380	4015.20	9.6	2.081	10.1	2.042	98.1

			0.30	0+560	4015.20	9.6	2.081	11.0	2.033	97.7
DCA-093-18	23/04/18	93	0.30	0+080	4015.50	9.1	2.060	19.0	2.027	98.4
			0.30	0+380	4015.50	9.1	2.060	12.0	2.017	97.9
			0.30	0+520	4015.50	9.1	2.060	11.5	2.020	98.0
DCA-096-18	02/05/18	96	0.30	0+130	4016.70	10.8	2.108	11.5	2.026	96.1
			0.30	0+400	4016.70	10.8	2.108	11.1	2.021	95.9
			0.30	0+580	4016.70	10.8	2.108	11.0	2.028	96.2
DCA-107-18	23/05/18	107	0.30	0+160	4020.00	10.2	2.064	11.8	2.030	98.4
			0.30	0+340	4020.00	10.2	2.064	12.2	2.014	97.6
			0.30	0+580	4020.00	10.2	2.064	12.9	1.988	96.3
DCA-108-18	24/05/18	108	0.30	0+160	4020.30	10.2	2.064	12.5	2.003	97.0
			0.30	0+380	4020.30	10.2	2.064	11.6	1.968	95.3
			0.30	0+520	4020.30	10.2	2.064	12.1	1.973	95.6
DCA-115-18	03/06/18	115	0.30	0+160	4022.40	10.8	2.107	12.5	2.035	96.6
			0.30	0+340	4022.40	10.8	2.107	12.3	2.050	97.3
			0.30	0+500	4022.40	10.8	2.107	12.0	2.025	96.1
DCA-116-18	03/06/18	116	0.30	0+200	4022.70	10.8	2.107	12.1	2.057	97.6
			0.30	0+360	4022.70	10.8	2.107	11.9	2.024	96.1
			0.30	0+520	4022.70	10.8	2.107	12.0	2.047	97.2

Fuente: (Elaboración propia)

5.2.4. ANÁLISIS DE DENSIDAD DE CAMPO DE MORRENA

Se realizó la densidad in situ con el método de reemplazo por agua, para obtener el resultado final como el grado de compactación que se realizaba en cada capa conformada. En la tabla N°18 se muestra un resumen de los ensayos a lo largo de la construcción del dique, mostrando en el Anexo 04 un ejemplo de uno de los ensayos como el que tiene el certificado DRA-101-18, perteneciente a la capa N°101. Ya que el proceso de los ensayos en campo es repetitivo.

Tabla 18: Ensayos de densidad in-situ método reemplazo por agua

Certificado N°	Fecha de Prueba	Capa N°	Espesor cm	Ubicación		Proctor corregido		Datos de campo		Grado comp. %
				Prog. km	Cota msnm	OCH %	MDSC g/cm ³	Humedad %	D. Seca g/cm ³	
DRA-045-18	09/02/18	75	0.30	0+180	4010.60	6.2	2.323	7.2	2.245	96.6
			0.30	0+360	4010.60	6.2	2.323	7.5	2.231	96.0
			0.30	0+520	4010.60	6.2	2.323	7.0	2.240	96.4
DRA-046-18	14/02/18	76	0.30	0+180	4010.90	6.2	2.323	7.4	2.288	98.5
			0.30	0+320	4010.90	6.2	2.323	7.1	2.297	98.9
			0.30	0+470	4010.90	6.2	2.323	7.3	2.281	98.2
DRA-050-18	15/03/18	80	0.30	0+130	4012.30	6.6	2.431	6.2	2.356	96.9
			0.30	0+300	4012.30	6.6	2.431	6.3	2.371	97.5
			0.30	0+540	4012.30	6.6	2.431	6.1	2.387	98.2
DRA-061-18	23/04/18	91	0.30	0+140	4016.00	8.8	2.223	9.2	2.177	97.9
			0.30	0+300	4016.00	8.8	2.223	10.1	2.169	97.6

			0.30	0+480	4016.00	8.8	2.223	9.6	2.184	98.2
DRA-065-18	28/05/18	96	0.30	0+120	4017.50	5.0	2.329	7.0	2.261	97.1
			0.30	0+360	4017.50	5.0	2.329	7.4	2.285	98.1
			0.30	0+500	4017.50	5.0	2.329	8.2	2.266	97.3
DRA-070-18	29/05/18	101	0.30	0+140	4019.40	5.0	2.329	7.5	2.257	96.9
			0.30	0+360	4019.40	5.0	2.329	7.0	2.221	95.4
			0.30	0+540	4019.40	5.0	2.329	5.6	2.255	96.8
DRA-077-18	21/06/18	108	0.30	0+120	4022.70	4.6	2.357	6.0	2.327	98.7
			0.30	0+520	4022.70	4.6	2.357	8.4	2.318	98.3
			0.30	0+540	4022.70	4.6	2.357	7.1	2.280	96.7
DRA-084-18	25/07/18	115	0.30	0+100	4026.40	4.2	2.291	7.1	2.277	99.4
			0.30	0+360	4026.40	4.2	2.291	8.9	2.226	97.1
			0.30	0+500	4026.40	4.2	2.291	9.0	2.257	98.5
DRA-090-18	27/08/18	121	0.30	0+060	4029.40	6.4	2.330	7.9	2.248	96.5
			0.30	0+380	4029.40	6.4	2.330	9.0	2.228	95.6
			0.30	0+500	4029.40	6.4	2.330	6.3	2.260	97.0
DRA-093-18	30/08/18	124	0.30	0+130	4030.70	6.4	2.330	7.6	2.248	96.5
			0.30	0+350	4030.70	6.4	2.330	8.8	2.302	98.8
			0.30	0+540	4030.70	6.4	2.330	7.3	2.277	97.7
DRA-095-18	04/09/18	126	0.30	0+080	4031.70	6.5	2.371	7.6	2.298	96.9
			0.30	0+380	4031.70	6.5	2.371	7.3	2.318	97.8
			0.30	0+540	4031.70	6.5	2.371	7.5	2.261	95.4
DRA-098-18	06/09/18	129	0.30	0+180	4033.40	6.5	2.342	7.3	2.287	97.7
			0.30	0+360	4033.40	6.5	2.342	7.5	2.278	97.2
			0.30	0+520	4033.40	6.5	2.342	7.2	2.290	97.8
DRA-101-18	10/10/18	132	0.30	0+240	4034.70	5.9	2.352	5.1	2.267	96.4
			0.30	0+360	4034.70	5.9	2.352	4.2	2.262	96.2
			0.30	0+520	4034.70	5.9	2.352	4.7	2.270	96.5

Fuente: (Elaboración Propia)

CONCLUSIONES

1. La planta de la Unidad Mahr Túnel tiene una producción diaria de 2750 Tpd, de ese total sólo un 11% es mineral y el restante es relave en un 2448 Tpd.
2. Se llevó las muestras de mezcla, para su análisis granulométrico por tamizado, al laboratorio siendo los resultados: (como resultado del ensayo de la mezcla según la clasificación SUCS, se obtuvo un SC-SM, arena arcillosa Limosa (mezcla de arena y arcilla mal graduada).
3. Se ejecutó un análisis de cada uno de los componentes como ensayos especiales, ensayos estándar y el modelamiento en el programa Slide V6.0 además se contempló los datos de observaciones in situ. Finalmente se procesaron para el modelamiento del dique.
4. El objetivo del recrecimiento es incrementar al máximo posible la vida útil del depósito de relaves N° 06 Mahr Túnel, garantizando la continuidad de la operación y la optimización de recursos (costo y plazo). Se estima una cota de corona final de 4035.0 m s.n.m.
5. Se concluye que para lograr un compactado sólido, es importante la humedad del material, en este caso la humedad óptima tiene un promedio de 14%, lo cual garantiza la estabilidad de la construcción.
6. La compactación es importante para un adecuado comportamiento geotécnico del depósito y asegurar así su estabilidad física. El contenido de humedad es un parámetro clave para la compactación adecuada en el lugar. En este contexto, los relaves cicloneados (gruesos) con bajo contenido de humedad se pueden lograr mediante sistemas de filtrado, filtros de banda y de prensa, que son capaces de generar residuos secos. En general, la implementación de relaves gruesos puede reducir significativamente el volumen de los depósitos de relaves, lo que resulta en un impacto menor sobre el área del proyecto y la reducción de costos durante la operación y el cierre en comparación con la disposición convencional.
7. Los datos del relave grueso, se basan en la premisa de obtener un material final con condiciones geotécnicas apropiadas; bajo este concepto la operación minera decidió ciclonear el relave, obteniendo relave grueso, llegándose a obtener un material tipo arena limosa (SC-SM). Finalmente, esta operación realizada, determina que el material es óptimo para ser colocada y compactada para su disposición en la construcción del dique.

8. Los resultados obtenidos tras la aplicación del programa Slive V6.0, permite que la estructura tenga estabilidad ya que los valores superan a los factores de seguridad, que se determinó en el diseño propuesto por la investigación. Superando así el F.S Estático = 1.5 y el F.S Pseudo-estático = 1.0
9. El análisis sísmico, al menos en el Perú, debe ser esencial debido a que nos encontramos en una zona altamente sísmica, en la que la subducción de la placa de Nazca sobre la Sudamericana ha generado un sinnúmero de movimientos telúricos de gran magnitud.
10. Por los datos obtenidos y el tratamiento de los mismos la construcción a futuro del dique tendrá una capacidad importante para afrontar sin problemas mayores la ocurrencia de un evento sísmico significativo o precipitaciones importantes.
11. En el análisis de factores de seguridad para las condiciones pseudo – estático se evidenció que el cambio de este valor, para distintas secciones, no sigue la misma proporción de cambio que para las condiciones estáticas. Por lo tanto, se puede concluir que en el caso pseudo - estático la geometría del talud no influye considerablemente a la estabilidad del mismo. Es decir, que la estabilidad será proporcionada por las características geotécnicas de los materiales presentes.
12. Los parámetros geotécnicos empleados en análisis de estabilidad de taludes son determinados a partir de ensayos de corte directo, los cuales son antiguos y tienen una precisión menor a los ensayos modernos. Actualmente, los métodos más precisos para determinar la cohesión y el ángulo de fricción de los suelos son los ensayos triaxiales. Por lo tanto, en este análisis se determinó los parámetros geotécnicos a partir de estos ensayos, los cuales son más caros y demoran más en el tiempo de ejecución.
13. Con respecto a la estructura que conforman la construcción del dique en mención, esta es un: dique de arranque; dique de contención construido con el método aguas abajo, el cual se construye de manera progresiva conforme se produce el relave fino en la planta, a su vez se construye canales de coronación, siendo estos últimos los únicos sistemas de control de aguas provenientes de las lluvias y quebradas aledañas al depósito.
14. Sin duda la participación que tiene la ingeniera civil dentro de cualquier proyecto minero de infraestructura, y especialmente en los depósitos de relaves es fundamental, ya que influirá en el desarrollo eficiente de las distintas fases del emplazamiento. Actividades como levantamientos preliminares y reconocimientos

detallados de los accidentes naturales del lugar seleccionado para el almacenamiento del material, son relevantes dentro de las tareas que le corresponde al ingeniero civil, además de realizar controles a las estructuras que lo componen y múltiples actividades de inspección durante la etapa de operación (Control de monitoreo geotécnico, que son: controles topográficos, control de calidad, instrumentación, etc.) antes, durante y después; que constituyen en forma general, algunas de las labores que desarrollamos como profesionales en esta área.

15. En la fase operativa, es esencial que se vigilen y se lleven a cabo en forma rigurosa cada una de las actividades de control que comprenda el proyecto, las cuales permiten un desarrollo adecuado a futuro, previniendo con ello posibles fallas que puedan suceder en esta etapa en los depósitos y con ello, evitar una serie de efectos que producen a su entorno y a las personas.
16. Dentro de los parámetros de la Empresa Volcan y sus Contratistas, se destaca la responsabilidad de cumplir y hacer cumplir los lineamientos del Sistema de Gestión Integrado (Calidad, Seguridad, Salud y Ambiente) de sus respectivas actividades

TRABAJOS FUTUROS

1. Existe una necesidad apremiante por parte de las empresas mineras en realizar trabajos que les permitan tratar el relave que generan producto del procesamiento de los minerales.
2. En la investigación se diseñó una propuesta para el uso del relave grueso en la construcción de un dique, lo cual permitía abaratar costos y tiempo. Alternativa que será evaluada por la empresa y tras los estudios de factibilidad, la empresa tendría la posibilidad de construirla; tal y como finalmente resultó, tal como se muestra en el Capítulo V, en la tabla N°14 (costos estimados) y en la figura N°55 (cronograma de ejecución).
3. En la presente investigación se desarrolló un control de calidad para el reúso del relave como material de construcción del dique, como ensayos químicos (ABA) y ensayos especiales de suelos (CORTE TRIAXIAL).
4. En este caso, el relave no genera acidez y se realizó la cobertura con material de préstamo (morrena). Como muestra el capítulo V – Construcción. En el Diseño de construcción del dique.
5. Como segunda alternativa en los trabajos a futuro, luego de la realización de la investigación, se evalúa el tratamiento de los relaves para transformarlos en ladrillo, con lo cual se coadyuvaría a disminuir la contaminación de los suelos y a la vez representaría una oportunidad para la empresa ya que la propuesta reduciría ostensiblemente los costos referidos al manejo del relave.
6. Bajo ese enfoque, la reutilización de esos residuos se puede fabricar no sólo ladrillos sino también baldosas, sardineles, muros de contención entre otros elementos de albañilería.
7. En ese sentido sería importante proponer el uso del relave como nuevo material de construcción similar al cemento. Lo cual representaría una innovación en el campo de los materiales de construcción. Con ello se estaría haciendo incidencia en el reúso de un desecho minero a la vez que se tendría una alternativa de un material que no genere tanta contaminación en la producción.
8. Por lo evidenciado, los relaves mineros son una opción muy positiva tanto desde el punto de vista económico como ambiental; razón por lo cual no debe desecharse su reutilización por los beneficios expuestos. A partir de la presente

investigación seguramente se desarrollarán otros estudios, tomando como referencia los hallazgos de la presente tesis.

9. Por lo tanto, el uso del relave, ya sea para material de construcción como ladrillos, baldosas, etc. O ya sea como material para la construcción de diques, se necesita realizar un control de calidad para los diferentes casos, ya vistos. Esto para determinar si es o no nocivo para la salud y el medio ambiente.
10. La nocividad se determina si el relave genera acidez o si no lo genera. Por lo tanto, si el relave no genera acidez, en el caso de construcción de diques con este material, se realizaría una disposición de cobertura de material orgánico de $e=0.20$ cm, de esta forma se puede mimetizar la zona alterada. Y no habría problemas graves con la salud y el medio ambiente.
11. Si genera acidez, en el caso de construcción de diques con este material, se realizaría diseños de cobertura, para encapsular el dique y no tenga contacto con el agua, en donde intervienen materiales arcillosos y material orgánico, ya que, si hubiese precipitaciones por lluvia, sería poco probable que filtre el agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **BENEDICTI, PABLO DANIEL.** Presas, diques y embalses. Buenos Aires : Universidad Tecnológica Nacional: Facultad Regional Bahía Blanca, 2010.
2. Reuso de relaves mineros como insumo para la elaboración de agregados de construcción para fabricar ladrillos y baldosas. **ROMERO, A. Y FLORES, L.** 2, Lima : Industrial Data, 2010, Vol. 13.
3. **CARVAJAL ARROYO, MEILI IGNACIA:** “DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DE DEPÓSITOS DE RELAVES” Tesis para optar el grado de Ingeniera Civil; SANTIAGO DE CHILE – CHILE -2018
4. **DE LA CRUZ, SONNY ELIZABETH.** EVALUACIÓN DEL FALLO DE PRESA DE RELAVES CON EL MÉTODO DEL ÁRBOL DE FALLOS. Tesis para optar el grado de Master Universitario en Minería Sostenible. Madrid : s.n., 2017.
5. **GUTIÉRREZ SEPÚLVEDA, FELIPE ANDRÉS:** EVALUACIÓN DE HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FÍSICA DE UNA PRESA DE RELAVES ESPESADOS. Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil de Minas. Santiago de Chile: s.n; 2017.
6. **BERNAL, MANUEL ARMANDO.** ESTABILIDAD SÍSMICA EN PRESA DE RELAVE CONSTRUIDA POR EL MÉTODO DE EJE CENTRAL. Santiago de Chile : s.n., 2012.
7. **AGUIRRE, ROBERTO EDUARDO.** ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD FÍSICA DEL DEPÓSITO DE RELAVES Nº 5 DE LA CONCESIÓN DE BENEFICIO BELÉN DE MINERA TITÁN DEL PERÚ S.R.L. Arequipa : Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, 2017.
8. **MENDOZA LOAYZA, JOEL ARTURO** (MENDOZA, 2016): “ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE SUELOS DE GRAN ALTURA EN LA MINA ANTAPACCAY” Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil; LIMA – PERÚ – 2016.
9. **HUAÑA GONZALES, ORLANDO.** DISEÑO DE DEPÓSITOS DE RELAVES FILTRADOS. Lima : s.n., 2015.
10. **ALMERCOPALOMINO, DENIS OMAR.** CONSTRUCCIÓN DE DIQUE CON TRATAMIENTO DEL RELAVE, EN MINA CATALINA HUANCA – REGIÓN AYACUCHO. Lima : Universidad San Martín de Porres, 2014.
11. **PÁRRAGA ROJAS, MARCY.** BENEFICIOS DEL USO DE GEOSINTÉTICOS PARA EL RECRECIMIENTO DE DEPÓSITOS DE RELAVES. Huancayo : UNCP, 2015.
12. **GÓMEZ, EDUARDO.** Diques: Generalidades. Academia:Portal de Investigación. [En línea] 12 de Junio de 2015. [Citado el: 15 de Enero de 2019.] https://www.academia.edu/4255577/DIQUES_Y_REPRESAS.

13. **DÍAS, PILAR.** METODOLOGÍA DE MEJORA PARA EL DISEÑO DE LOS DIQUES EN TALUD: CORRECCIÓN DEL EFECTO ESCALA. Granada : Universidad de Granada, 2008.
14. **CÉSPEDES, RICARDO.** Preguntas frecuentes sobre relaves. Portal Web del Servicio de información minera de Chile . [En línea] Servicio de información minera de Chile , 01 de Enero de 2018. [Citado el: 20 de Enero de 2019.] <http://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2018/01/Preguntas-frecuentes-sobre-relaves.pdf>.
15. **SERNAGEOMIN.** Preguntas frecuentes sobre relaves. SERNAGEOMIN. [En línea] SERNAGEOMIN, 01 de Enero de 2018. [Citado el: 12 de Setiembre de 2019.] <https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2018/01/Preguntas-frecuentes-sobre-relaves.pdf>.
16. **PINILLOS, JUAN ARMANDO.** Tecnologías ecológicamente regionales en el manejo de las aguas de los depósitos mineros . Universidad Federico Villarreal. [En línea] UNFV, 12 de Junio de 2015. [Citado el: 15 de Marzo de 2019.] <https://docplayer.es/10309091-Universidad-nacional-federico-villarreal.html>.
17. **GEOPRODUCTOS.** QUE SON LOS GEOSINTÉTICOS. geoproductos. [En línea] geoproductos, 18 de Abril de 2015. [Citado el: 11 de Enero de 2019.] <http://geoproductos.net/geoweb/definiciones.html>.
18. **AVARIA, PATRICIA.** Tratamiento de relaves: Sistemas de recuperación de agua. Portal web: Construcción Minera y Energía. [En línea] Portal web: Construcción Minera y Energía, 01 de Agosto de 2018. [Citado el: 20 de Enero de 2018.] <http://www.construccionminera.cl/tratamiento-de-relaves-sistemas-de-recuperacion-de-agua/#.XEOFa9Izat8>.
19. **ORSEP - Organismo regulador de seguridad de Presas y Diques .** La seguridad de presas y diques. portal informativo del ORSEP - Organismo regulador de seguridad de Presas y Diques . [En línea] ORSEP - Organismo regulador de seguridad de Presas y Diques , 15 de Agosto de 2018. [Citado el: 20 de Enero de 2019.] <http://www.orsep.gob.ar/seguridad-de-presas.php>.
20. **CATANZARITI, FILIPPO.** Estabilidad de taludes. Geoconstruccion. [En línea] 2015. <https://www.geostru.eu/es/estabilidad-de-taludes/>.
21. **LOSCO, KARLA.** ESTABILIDAD DE TALUDES. Blog del Aiutor . [En línea] Losco, Karla, 01 de Abril de 2013. [Citado el: 19 de 01 de 2018.] <https://estabilidad-de-taludes7.webnode.es/news/estabilidad-de-taludes-/>.

22. **ESCOBAR POTES, CARLOS ENRIQUE Y DUQUE-ESCOBAR, GONZALO.** Capitulo IV: Análisis de estabilidad de taludes. Geotecnia para el trópico andino. Bogotá : Publicaciones de la Universidad Nacional de Colombia , 2016, pág. 150.
23. **MUCHIK.** SLIDE – ESTABILIDAD DE TALUDES. Muchik.com. [En línea] Muchik.com, 06 de Julio de 2017. [Citado el: 20 de Enero de 2019.] <http://muchik.com/slide-estabilidad-de-taludes/>.
24. **PORTAL TIERRA Y TECNOLOGÍA .** SLIDE la mejor aplicación de estabilidad de taludes. Portal Tierra y Tecnología . [En línea] Portal Tierra y Tecnología , 11 de Octubre de 2016. [Citado el: 20 de Enero de 2019.] <https://www.icog.es/TyT/index.php/2016/10/slide-la-mejor-aplicacion-estabilidad-taludes/>.
25. **BUNGE, MARIO.** La Investigación Científica . Lima : Themis, 1999.
26. The use of the slip circle in the stability analysis of slopes. **BISHOP, A.W.** 1, New York : Geotechnique , 1955, Vol. 5.
27. **HOEK, E.** Rock mass properties. Vancouver : Ad.hoc., 2000.
28. **AGUILAR, ZENON.** ANALISIS DE PELIGRO SISMICO Y ESTIMADO DEL MOVIMIENTO SISMICO DE DISEÑO. Buenos Aires : Autopublicado, 2017.
29. **GAVILANES, HERNÁN.** Curso de explotacion de carreteras: Parametros geotecnicos y estabilidad de taudes. Asociacion de ingenieros de mienas del ecuador . [En línea] SlideShare, 11 de Abril de 2013. [Citado el: 12 de Febrero de 2019.] <https://es.slideshare.net/metuq/estabilidad-de-taludes-18624871>.
30. **PACCINI.** [En línea]

ANEXOS

Anexo 1: ENSAYOS PRELIMINARES DEL RELAVE (ESTÁNDARES Y ESPECIALES)



REGISTRO DE CONTROL
LABORATORIO- CONTROL DE CALIDAD
 DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD
 (NORMA ASTM-D862)



CLIENTE	: VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.	Nº REGISTRO	: FORM-001-CQC-PROY
PROYECTO	: Recreimiento del Depósito de Relaves Mah Turel N°6	REVISIÓN	: 01
		FECHA	: 10/01/2017

DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MATERIAL	: Relave fino proveniente de lomas	FECHA MUESTREO	: 28/07/2017
CODIGO DE MUESTRA	: Calista F-1	FECHA ENSAYO	: 28/07/2017
		REALIZADO POR	: M.S.P
		REVISADO POR	: E.C.I

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA INTEGRAL

Material Pasante del Tamiz (mm)		18.050			PROMEDIO (%)
Nº de Muestra		1	2	3	
Recipiente	Nº	T - 01	T - 21		
Peso Recip. + Suelo Húmedo	g	7,024.0	8,860.0		
Peso Recip + Suelo Seco	g	6,290.0	8,098.0		
Peso Recipiente	g	760.0	680.0		
Peso del Agua	g	794.0	812.0		
Peso Suelo Seco	g	5,480.0	5,458.0		
Contenido de Humedad	%	14.5	14.9		14.7

--	--	--	--	--	--

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS PARTICULAS DE SOBRETAMAÑO

Material Retenido en el Tamiz		18.050			PROMEDIO (%)
Nº de Muestra		1	2	3	
Recipiente	Nº				
Peso Recip. + Mat. Sobretamaño	g				
Peso Recip. + Mat. Sobretamaño Seco	g				
Peso Recipiente	g				
Peso del Agua	g				
Peso del Material de Sobretamaño	g				
Contenido de Humedad	%				

OBSERVACIONES: _____

TÉCNICO DE CQC :

GRAMSA

Miriam Suárez P.

MIRIAM SUÁREZ P.
TEC. MECÁNICA DE INIELOS CQC

Fecha: 28-07-17

JEFE DE CQC :

VOLCAN CIA. MINERA S.A.A.

Edgardo Cristóbal Inga

EDGARDA CRISTÓBAL INGA
INGENIERO PROYECTOS DE RELAVES

Fecha: 28-07-17



REGISTRO DE CONTROL
LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NORMA ASTM D-75)



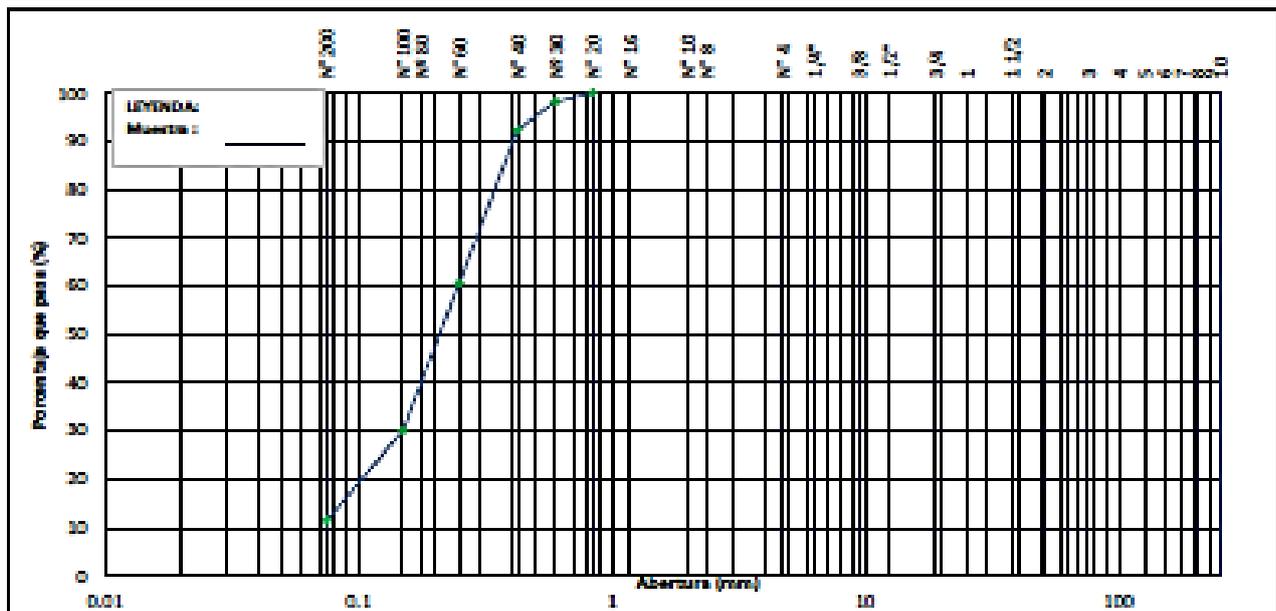
CLIENTE: VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.
PROYECTO: Recreimiento del Depósito de Relaves Mah Tunel N°8
N° REGISTRO: FORM-002-COC-PROY
REVISIÓN: 01
FECHA: 10/01/2017

DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MATERIAL: Relave fino proveniente de la mina
FECHA MUESTREO: 28/07/2017
CODIGO DE MUESTRA: Calicata P-1
FECHA ENSAYO: 28/07/2017
REALIZADO POR: M.S.P
REVISADO POR: E.C.I

TAMIZ		PESO MUESTRA	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	APROPRIACION MATERIAL T-1	DESCRIPCION DEL SUELO
ABERTURA (inch)	ABERTURA (mm)						
3"	76.20						
2"	50.80						
1 1/2"	37.50						P. SEC. SECO : 25.410.0 g
1"	25.40						Peso Mh Base : 500.0 g
3/4"	19.00						Peso Mh Lavado : 442.9 g
1/2"	12.50						
3/8"	9.50						
N° 4	4.75						HUMEDAD NATURAL : 14.7 %
N° 10	2.000						LÍMITE LÍQUIDO : 17.5 %
N° 20	0.850				100.0		LÍMITE PLÁSTICO : NP
N° 30	0.600	9.1	1.8	1.8	98.2		ÍNDICE PLÁSTICO : NP
N° 40	0.425	29.4	5.9	7.7	90.3		
N° 60	0.250	158.8	21.7	29.4	80.6		
N° 100	0.150	183.4	20.5	89.9	30.1		
N° 200	0.075	80.4	18.7	88.8	11.4		CLASIFICACION LIMITES CON LIQ
+N° 200	FONDO	87.1	11.4	100.0	0.0		GRUPO : SP-SG

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES:

TÉCNICO DE COC :
GRAMSA
 MIRIAM SUÁREZ D.
 TEC. MECANICA DE SUELOS COC
 Fecha: 28-07-17

JEFE DE COC :
VOLCAN CIA. MINERA S.A.A.
 EDGARVA CRISTOBAL FIGA
 INGENIERO PROYECTOS DE RELAVES
 Fecha: 28-07-17



REGISTRO DE CONTROL
LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD
LÍMITES DE CONSISTENCIA
(NORMA ASTM-D4318)



CLIENTE : VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.
PROYECTO : Recreimiento del Depósito de Resaues Mah Tunel N°6

Nº REGISTRO : FORM-003-CQC-PROY
REVISIÓN : 01
FECHA : 10/01/2017

DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MATERIAL : Relave fino proveniente de lamas
CODIGO DE MUESTRA : Calcarita P-1

FECHA MUESTREO : 29/07/2017
FECHA ENSAYO : 29/07/2017
REALIZADO POR : M.S.P.
REVISADO POR : E.C.I

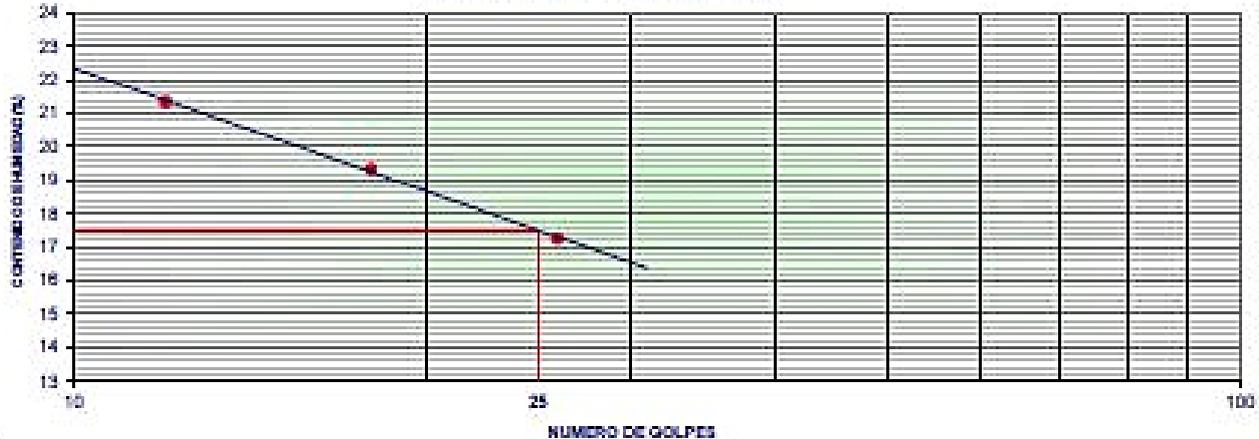
LIMITE LIQUIDO (MTC E 111, AASHTO T 80)

Nº TARA	T-02	T-05	T-10
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	41.25	43.58	40.98
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	38.74	40.91	38.01
PESO DE AGUA (gr.)	2.51	2.67	2.97
PESO DE LA TARA (gr.)	24.20	27.10	24.10
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	14.54	13.81	13.91
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	17.28	19.33	21.38
NUMERO DE GOLPES	28	18	12

LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 80)

Nº TARA		
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	N	P
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)		
PESO DE AGUA (gr.)		
PESO DE LA TARA (gr.)		
PESO DEL SUELO SECO (gr.)		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO (%)	17.5
LIMITE PLASTICO (%)	NP
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

OBSERVACIONES

TÉCNICO DE CQC :

GRAMSA

MIRIAM SUAREZ P.
 TEC. MECANICA DE SUELOS CQC

Fecha: 29-07-17

JEFE DE CQC :

VOLCAN CIA MINERA S.A.A.

EDGARA CRISTOBAL INGA
 INGENIERO PROYECTOS DE RELAVERAS

Fecha: 29-07-17



REGISTRO DE CONTROL
LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD
ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR
(NORMA ASTM D-698)



CLIENTE : VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.
PROYECTO : Recreimiento del Depósito de Relaves Mah Tunel N°8

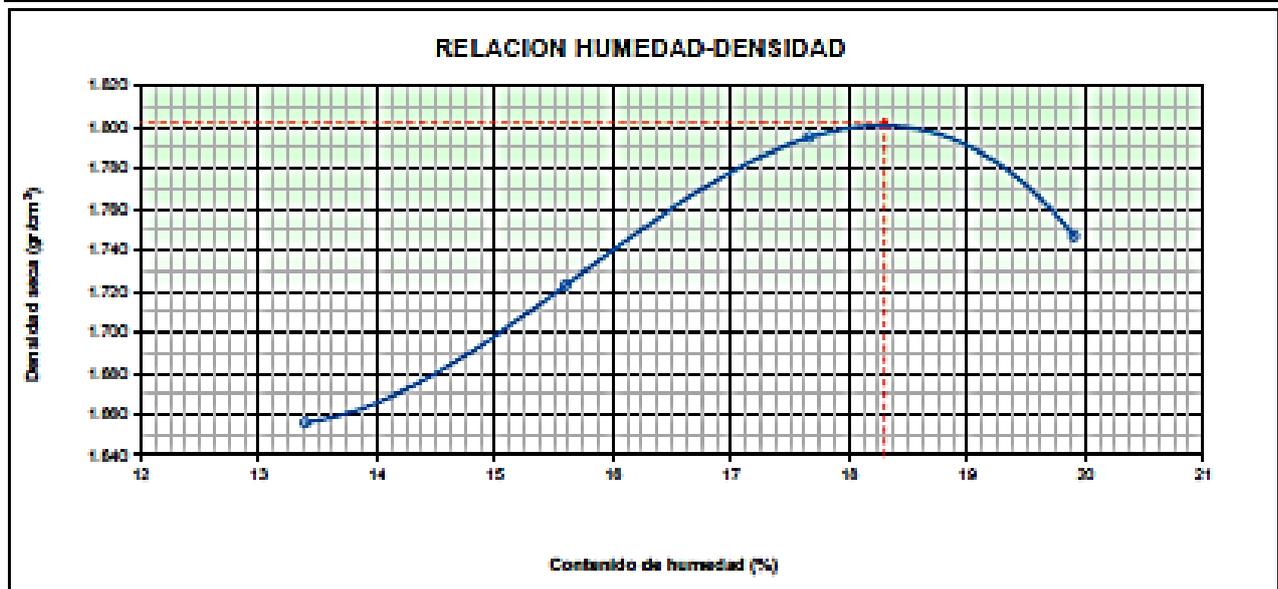
N° REGISTRO : FORM-004-COC-PROY
REVISIÓN : 01
FECHA : 10/01/2017

DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MATERIAL : Relave fino proveniente de limas
CODIGO DE MUESTRA : Calicata P-1

FECHA MUESTREO : 28/07/2017
FECHA ENSAYO : 28/07/2017
REALIZADO POR : M.S.P
REVISADO POR : E.C.I

DENSIDAD MAXIMA / CONTENIDO HUMEDAD					
METODO DE COMPACTACION :	"A"			Clasif. SUCS :	SP-SC
Peso suelo + molde	g	10,385	10,628	10,883	10,847
Peso molde	g	6,309	6,309	6,309	6,309
Peso suelo húmedo compactado	g	3,986	4,229	4,484	4,448
Volumen del molde	cm ³	2123	2123	2123	2123
Densidad del Suelo Húmedo	g/cm ³	1.878	1.992	2.112	2.095
Recipiente	N°	T - 02	T - 14	T - 21	T - 13
Peso del suelo húmedo + tara	g	635.0	725.4	618.1	654.8
Peso del suelo seco + tara	g	560.0	627.5	525.3	798.3
Peso de Recipiente	g	6.0	6.0	6.0	6.0
Peso de agua	g	75.0	97.9	92.8	158.5
Peso del suelo seco	g	560.0	627.5	525.3	798.3
Contenido de agua	%	13.4	15.8	17.7	19.9
Densidad del Suelo Seco	g/cm ³	1.858	1.723	1.795	1.747
	M.D.S. (g/cm ³)	1.802			
	O.C.H. (%)	18.3			



Observaciones: _____

TÉCNICO DE COC :

GRAMSA

Miguel Sánchez P.

MIGUEL SÁNCHEZ P.
 TDC MECÁNICA DE SUELOS COC

Fecha: 28-07-17

JEFE DE COC :

VOLCAN CIA. MINERA S.A.A

Edgara Cristóbal Inga

EDGARA CRISTÓBAL INGA
 INGENIERO PROYECTOS DE RELAVES

Fecha: 28-07-17

YAULI

VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.

DOCUMENTO: FORM-08-COC-PRDY

REVISIÓN: 3

FECHA: 10/05/2017

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ÁREA: CONTROL DE CALIDAD

**ENSAYO DE DENSIDAD POR EL MÉTODO DE CONO DE ARENA - ASTM D1558**

PROYECTO : Recreimiento de depósito de Relaves Matr Tunel N°6

CLIENTE : Volcan Compañía Minera S.A.A.

UBICACIÓN : Depósito de Relaves N° 6 - Lamas

REALIZADO : M.S.P

REVISADO : E.C.I

FECHA : 28/07/17

CODIGO ENSAYO : DCA-005-17

Calicata P-1	P-1	M-1	M-2	M-2		
Profundidad de densidad	m	0.3	0.3	0.3		
Lado	-	-	-	-		

DENSIDAD POR EL MÉTODO CONO DE ARENA - ASTM D1558

1	Peso del frasco + arena	gr	6000	6000	6000	
2	Peso del frasco + arena sobrante	gr	1199	1220	1235	
3	Peso de la arena empleada	gr	4801	4780	4765	
4	Peso de la arena en el cono	gr	1644	1644	1644	
5	Peso de la arena en el hueco	gr	3157	3136	3121	
6	Densidad de la arena	gr/cc	1.420	1.420	1.420	
7	Volumen del hueco	cc	2223	2208	2198	
8	Peso del suelo + grava	gr	3879	3745	3810	
9	Peso del material mayor a 3/4"	gr				
10	Peso específico de la grava corregido	gr/cc				
11	Volumen de la grava	cc				
12	Peso del suelo	gr	3879	3745	3810	
13	Volumen del suelo	cc	2223	2208	2198	
14	Densidad Húmeda	gr/cc	1.745	1.696	1.733	

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216-80)

15	Recipiente N°		12	12	12	
16	Peso del recipiente + suelo húmedo	gr	600	600	600	
17	Peso del recipiente + suelo seco	gr	540	538	539	
18	Peso del agua	gr	60	62	61	
19	Peso del recipiente	gr	0	0	0	
20	Peso del suelo seco	gr	540	538.1	539	
21	Contenido de humedad del homo	%	11.1	11.5	11.3	

RESUMEN DEL ENSAYO

CURVA DE REFERENCIA: P-1						
22	Óptimo contenido de humedad de la curva	%	18.30	18.30	18.30	
23	Máxima densidad seca Corregida de la curva	gr/cc	1.802	1.802	1.802	
24	Densidad seca	gr/cc	1.570	1.521	1.567	
GRADO DE COMPACTACIÓN		%	87.1%	84.4%	86.4%	
Especificaciones: % de Compactación / % de Humedad			95 ± 2	95 ± 2	95 ± 2	
APROBADO						
DESAPROBADO						

OBS: El ensayo se realizó en el estado natural del relave, sin compactación reflejando así un grado de compactación de 87.1%, 84.4% y 86.4%.



		REGISTRO DE CONTROL LABORATORIO CONTROL C-00109 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD (NORMA ASTM-D2958)				
CLIENTE	: VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.	N° REGISTRO :	FORM-001-COC-PROY			
PROYECTO	: Recreimiento del Depósito de Relaves Mah Tund N°6	REVISIÓN :	01			
		FECHA :	10/01/2017			
DATOS DE LA MUESTRA						
TIPO DE MATERIAL	: Relave Grueso proveniente del cicloneo	FECHA MUESTREO :	10/06/2017			
CODIGO DE MUESTRA	: Celarita N°1	FECHA ENSAYO :	10/06/2017			
		REALIZADO POR :	M.S.P			
		REVISADO POR :	E.C.I			
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA INTEGRAL						
Material Pasante del Tamiz (mm)		19.050			PROMEDIO (%)	
N° de Muestra		1	2	3		
Recipiente	N°	T-01	T-21			
Peso Recip. + Suelo Húmedo	g	7,521.0	7,925.0			
Peso Recip. + Suelo Seco	g	7,005.0	7,375.0			
Peso Recipiente	g	750.0	580.0			
Peso del Agua	g	516.0	550.0			
Peso Suelo Seco	g	6,255.0	6,795.0			
Contenido de Humedad	%	8.2	8.1		8.2	
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS PARTICULAS DE SOBRETAMAÑO						
Material Retenido en el Tamiz		19.050			PROMEDIO (%)	
N° de Muestra		1	2	3		
Recipiente	N°					
Peso Recip. + Mat Sobretamaño	g					
Peso Recip. + Mat Sobretamaño Seco	g					
Peso Recipiente	g					
Peso del Agua	g					
Peso del Material de Sobretamaño	g					
Contenido de Humedad	%					

OBSERVACIONES: _____

TÉCNICO DE COC :

GRAMSA



MIRIAM SUAREZ B.
TEC. MECANICA DE SUELOS COC

Fecha: 10 - 08 - 17

JEFE DE COC :

 VOLCAN CIA. MINERA S.A.A.



EDGAR A. CRISTOBAL INGA
INGENIERO PROYECTOS DE RELAVERAS

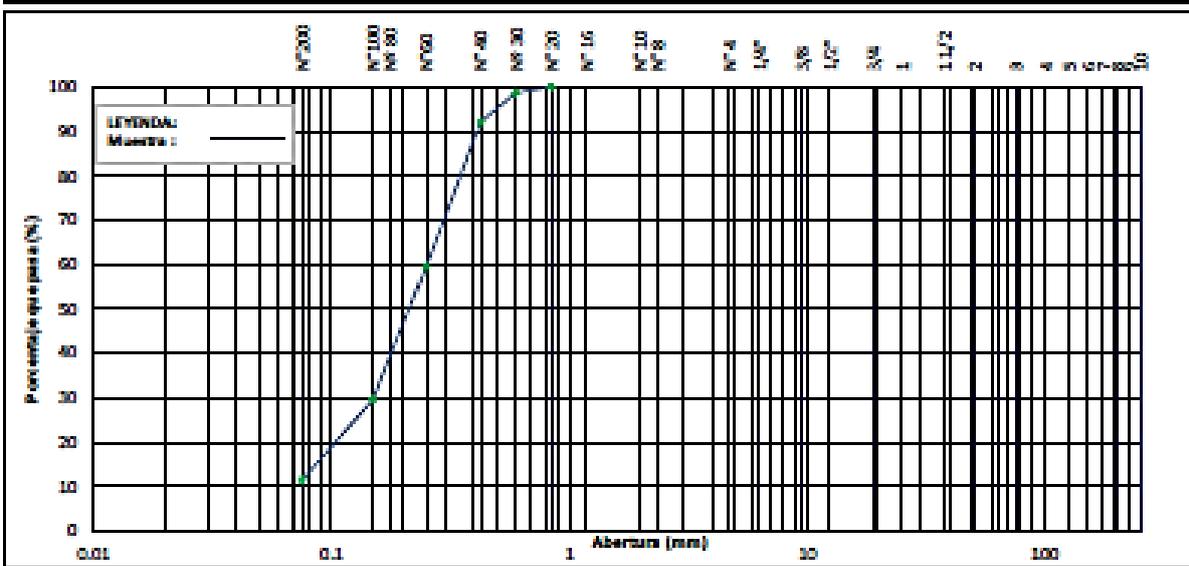
Fecha: 10 - 08 - 17

CLIENTE	: VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.	N° REGISTRO :	FORM-002-COC-PROY
PROYECTO	: Recreimiento del Depósito de Relaves Mah Tunal N°8	REVISIÓN :	01
		FECHA :	10/08/17

DATOS DE LA MUESTRA			
TIPO DE MATERIAL	: Relaves Grueso proveniente del ciclónico	FECHA MUESTRO :	10/08/2017
CODIGO DE MUESTRA	: Calicata N°1	FECHA ENSAYO :	10/08/2017
		REALIZADO POR :	M.S.P
		REVISADO POR :	E.C.I

TAMIZ		PESO RETEN.	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACION (NORMATIVA)	DESCRIPCION DEL SUELO
ABERTURA (inch)	ABERTURA (mm)						
3"	76.20						
2"	50.80						
1 1/2"	37.50						P. HUE. SECO : 83.667.8 g
1"	25.40						Peso de Bala : 500.0 g
3/4"	19.00						Peso de Levanta : 443.2 g
1/2"	12.50						
3/8"	9.50						
N° 4	4.75						HUMEDAD NATURAL : 8.2 %
N° 10	2.000						LÍMITE LÍQUIDO : 17.3 %
N° 20	0.850				100.0		LÍMITE PLÁSTICO : NP
N° 30	0.600	8.7	1.3	1.3	98.7		ÍNDICE PLÁSTICO : NP
N° 40	0.425	33.2	8.6	8.6	92.0		
N° 60	0.250	163.0	32.8	40.8	59.4		
N° 100	0.150	148.8	29.8	70.3	29.7		
N° 200	0.075	81.5	16.3	88.8	11.4		CLASIFICACION (ASTM D475)
N° 200	FONDO	58.8	11.4	100.0	0.0		SUCS : SP-SG

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES:

TÉCNICO DE COC :

GRAMSA

.....
MIRIAM SUAREZ P.
TEC. MECANICA DE SUELOS COC

Fecha: 10 - 08 - 17

JEFE DE COC :

VOLCAN CIA. MINERA S.A.A.

.....
EDGARA CRISTOBAL INGA
INGENIERO PROYECTOS DE RELAVES

Fecha: 10 - 08 - 17



REGISTRO DE CONTROL
LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD
LÍMITES DE CONSISTENCIA
(NORMA ASTM-D4318)



CLIENTE : VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.
PROYECTO : Recreimiento del Depósito de Relaves Mah Tunel N°5

N° REGISTRO : FORM-003-COC-PROY
REVISIÓN : 01
FECHA : 10/01/2017

DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MATERIAL : Relave Grueso proveniente del diámetro
CODIGO DE MUESTRA : Calicata N°1

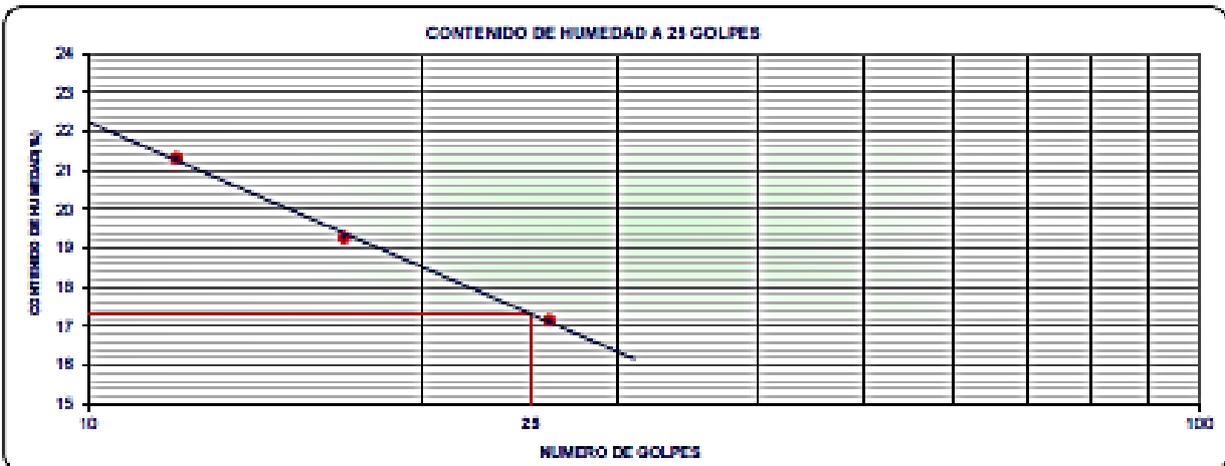
FECHA MUESTREO : 10/08/2017
FECHA ENSAYO : 10/08/2017
REALIZADO POR : M.S.P
REVISADO POR : E.C.I

LIMITE LIQUIDO (MTC E 111, AASHTO T 90)

N° TARA		T-01	T-05	T-08
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)		42.83	44.42	40.80
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)		39.93	41.82	37.70
PESO DE AGUA (gr.)		2.70	2.80	2.90
PESO DE LA TARA (gr.)		24.20	27.10	24.10
PESO DEL SUELO SECO (gr.)		15.73	14.52	13.60
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		17.18	19.28	21.32
NUMERO DE GOLPES		28	17	12

LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 80)

N° TARA			
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)		N	P
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)			
PESO DE AGUA (gr.)			
PESO DE LA TARA (gr.)			
PESO DEL SUELO SECO (gr.)			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO (%)	17.3
LIMITE PLÁSTICO (%)	NP
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

OBSERVACIONES

TÉCNICO DE COC :

GRAMSA

Miriam Suarez P.
 MIRIAM SUAREZ P.
 TEC. MECÁNICA DE SUELOS COC

Fecha: 10 - 08 - 17

JEFE DE COC :

VOLCAN CIA. MINERA S.A.A.

Edgardo Cristobal Inga
 EDGARDO CRISTOBAL INGA
 INGENIERO PROYECTOS DE RELAVERAS

Fecha: 10 - 08 - 17



REGISTRO DE CONTROL
LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD
ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR
(NORMA ASTM D-698)



CLIENTE : VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.
PROYECTO : Recreimiento del Depósito de Relaves Mah Tunel N°8

N° REGISTRO : FORM-004-COC-PROY
REVISIÓN : 01
FECHA : 10/01/2017

DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MATERIAL : Relave Grueso proveniente del cicloneo
CODIGO DE MUESTRA : Calicata N°1

FECHA MUESTREO : 10/06/2017
FECHA ENSAYO : 10/06/2017
REALIZADO POR : M.S.P
REVISADO POR : E.C.J

DENSIDAD MAXIMA / CONTENIDO HUMEDAD					
METODO DE COMPACTACION :	"A"			Clasif. SUCS :	SP-SC
Peso suelo + molde	g	10,781	10,895	11,045	11,083
Peso molde	g	8,309	8,309	8,309	8,309
Peso suelo húmedo compactado	g	4,362	4,496	4,646	4,664
Volumen del molde	cm ³	2123	2123	2123	2123
Densidad del Suelo Húmedo	g/cm ³	2,064	2,118	2,188	2,208
Recipiente	N°	T - 02	T - 14	T - 21	T - 13
Peso del suelo húmedo + tara	g	600.0	600.0	600.0	600.0
Peso del suelo seco + tara	g	565.0	555.0	544.5	534.2
Peso de Recipiente	g	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de agua	g	35.0	45.0	55.5	65.8
Peso del suelo seco	g	565.0	555.0	544.5	534.2
Contenido de agua	%	6.2	8.1	10.2	12.3
Densidad del Suelo Seco	g/cm ³	1,944	1,959	1,988	1,984
	M.D.S. (g/cm ³)	1,988			
	O.C.H. (%)	10.6			

RELACION HUMEDAD-DENSIDAD



Observaciones: _____

TÉCNICO DE COC :
GRAMSA

 MIRIAM SUÁREZ P.
 TEC. MECÁNICA DE SUELOS COC
 Fecha: 10 - 08 - 17

JEFE DE COC :
VOLCAN CIA. MINERA S.A.A.

 EDGARA CRISTÓBAL INGA
 INGENIERO PROYECTOS DE RELAVES
 Fecha: 10 - 08 - 17

YAULI <small>YACAJA CONTROL DE CALIDAD S.A.S.</small>	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS		 GRAMSA <small>COA. GRAMSA SAC</small>
	DOCUMENTO: FORM-08-COC-PROY	ÁREA: CONTROL DE CALIDAD	
	REVISIÓN: 3		
FECHA: 10/06/2017			

ENSAYO DE DENSIDAD POR EL MÉTODO DE CONO DE ARENA - ASTM D1556

PROYECTO	: Recreimiento de depósito de Relaves Matr Tunel N°6	REALIZADO	: M.S.P
CLIENTE	: Volcan Compañía Minera S.A.A.	REVISADO	: E.C.I
UBICACIÓN	: Depósito de Relaves N° 6 - Colono	FECHA	: 10/06/17
		CODIGO ENSAYO	: DCA-001-17

Calicata C-1	C-1	M-1	M-2		
Profundidad de densidad	m	0.3	0.3		
Lado	-	DER	IZQ		

DENSIDAD POR EL MÉTODO CONO DE ARENA - ASTM D1556

1	Peso del frasco + arena	gr	6850	6850		
2	Peso del frasco + arena sobrante	gr	1360	1360		
3	Peso de la arena empleada	gr	5490	5490		
4	Peso de la arena en el cono	gr	1642	1642		
5	Peso de la arena en el hueco	gr	3848	3818		
6	Densidad de la arena	gr/cc	1.420	1.420		
7	Volumen del hueco	cc	2710	2699		
8	Peso del suelo + grava	gr	5444	4959		
9	Peso del material mayor a 3/4"	gr				
10	Peso específico de la grava corregido	gr/cc				
11	Volumen de la grava	cc				
12	Peso del suelo	gr	5444	4959		
13	Volumen del suelo	cc	2710	2699		
14	Densidad Húmeda	gr/cc	2.009	1.844		

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216-80)

15	Recipiente N°		24	24		
16	Peso del recipiente + suelo húmedo	gr	609	630		
17	Peso del recipiente + suelo seco	gr	545	543		
18	Peso del agua	gr	55	57		
19	Peso del recipiente	gr	0	0		
20	Peso del suelo seco	gr	545	543		
21	Contenido de humedad del horno	%	10.1	10.5		

RESUMEN DEL ENSAYO

CURVA DE REFERENCIA: C-1						
22	Óptimo contenido de humedad de la curva	%	10.60	10.60		
23	Máxima densidad seca Corregida de la curva	gr/cc	1.988	1.988		
24	Densidad seca	gr/cc	1.825	1.689		
GRADO DE COMPACTACIÓN		%	91.8%	84.6%		
Especificaciones: % de Compactación / % de Humedad			95 ± 2	95 ± 2		
APROBADO						
DESAPROBADO						

GBS: El ensayo se realizó en el estado natural del relave, sin compactación reflejando así un grado de compactación de 91.8% y 84%.

TÉCNICO DE COC:

GRAMSA


 MICOLAB SUAREZ P.
 TEC. MECÁNICA DE SUELOS COC

Fecha: 10 - 06 - 17

JEFE DE COC:

VOLCAN CIA MINERA S.A.A.


 EDGAR A. CRISTÓBAL INGA
 INGENIERO PROYECTOS DE RELAVES

Fecha: 10 - 06 - 17

		REGISTRO DE CONTROL				
		LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD				
		DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD (NORMA ASTM-D2950)				
CLIENTE	: VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.	Nº REGISTRO :	FORM-001-000-PROY		01	
PROYECTO	: Recreimiento del Depósito de Relaves Mah Tunel N°6	REVISIÓN :	01		FECHA : 10/01/2017	
DATOS DE LA MUESTRA						
TIPO DE MATERIAL	: Relave Grueso proveniente del dióneo	FECHA MUESTREO :	12/08/2017			
CODIGO DE MUESTRA	: Calcebe N°2	FECHA ENSAYO :	12/08/2017			
		REALIZADO POR :	M.B.P			
		REVISADO POR :	E.C.I			
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA INTEGRAL						
Material Pasante del Tamiz (mm)		19.050			PROMEDIO (%)	
Nº de Muestra		1	2	3		
Recipiente	N°	T - 01	T - 21			
Peso Recip. + Suelo Húmedo	g	6,343.0	6,832.0			
Peso Recip + Suelo Seco	g	6,148.0	6,800.0			
Peso Recipiente	g	760.0	680.0			
Peso del Agua	g	197.0	232.0			
Peso Suelo Seco	g	4,386.0	5,020.0			
Contenido de Humedad	%	4.5	4.6		4.5	
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS PARTICULAS DE SOBRETAMAÑO						
Material Retenido en el Tamiz		19.050			PROMEDIO (%)	
Nº de Muestra		1	2	3		
Recipiente	N°					
Peso Recip. + Mat. Sobretamaño	g					
Peso Recip. + Mat. Sobretamaño Seco	g					
Peso Recipiente	g					
Peso del Agua	g					
Peso del Material de Sobretamaño	g					
Contenido de Humedad	%					

OBSERVACIONES:

TÉCNICO DE CQC :	
GRAMSA	
 MIRIAM SUAREZ P. TEC. MECANICA DE SUELOS CQC	
Fecha:	12-08-17

JEFE DE CQC :	
VOLCAN CA. MINERA S.A.A.	
 EDGANA CRISTOBAL INGA INGENIERO PROYECTOS DE RELAVES	
Fecha:	12-08-17

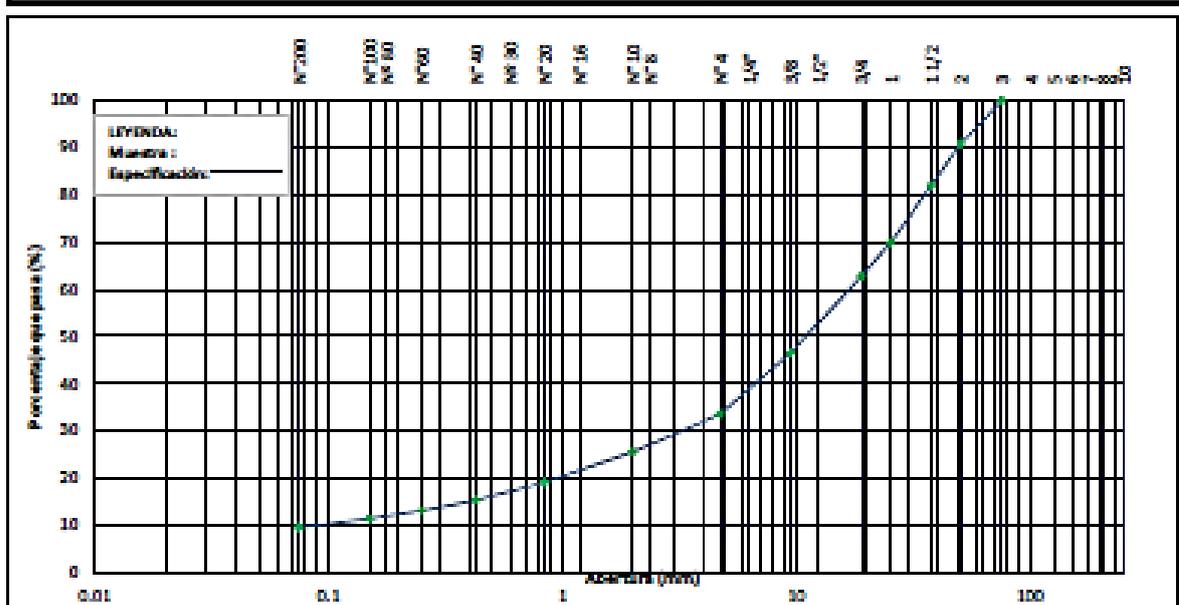
CLIENTE : VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A	N° REGISTRO : FORM-002-COC-PROY
PROYECTO : Recreimiento del Depósito de Relaves Mah Tunel N°8	REVISIÓN : 01
	FECHA : 12/08/2017

DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MATERIAL : Relaves Grueso proveniente del cilindro	FECHA MUESTREO : 12/08/2017
CÓDIGO DE MUESTRA : Calicata N°2	FECHA ENSAYO : 12/08/2017
	REALIZADO POR : M.S.P
	REVISADO POR : E.C.I

TAMIZ		PESO RETEN. (g)	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACION (ASTM D 422)	DESCRIPCION DEL SUELO
ABERTURA (mm)	ABERTURA (mm)						
2"	76.20				100.0		
2"	50.80	3.153.0	3.7	3.7	96.3		
1 1/2"	37.50	1.963.0	4.8	12.4	87.6		P. INC. MEC : 41.221.0 g
1"	25.40	2.808.0	8.3	18.8	81.2		Fraco Me Fino : 500.0 g
3/4"	19.00	1.779.0	4.3	23.1	76.9		Fraco Me Lavado : 190.7 g
3/8"	9.50	3.462.0	8.5	31.6	68.5		
N° 4	4.75	4.037.0	9.8	41.3	58.7		HUMEDAD NATURAL : 4.8 %
N° 8	2.36	43.3	0.1	48.4	51.6		LÍMITE LÍQUIDO : 15.8 %
N° 10	2.000	70.0	1.2	47.8	52.4		LÍMITE PLÁSTICO : NP
N° 20	0.850	53.4	0.3	53.8	46.2		ÍNDICE PLÁSTICO : NP
N° 30	0.600	79.2	3.3	56.1	43.9		
N° 40	0.425	18.3	3.2	56.2	41.8		
N° 60	0.250	37.8	3.3	61.8	38.2		
N° 100	0.150	39.8	3.1	64.8	35.4		
N° 200	0.075	35.4	4.2	68.8	31.2		CLASIFICACION (ASTM D 618)
* N° 200	FONDO	298.0	31.2	100.0	0.0		SUCS : GC

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES:

TÉCNICO DE COC :
GRAMSA
[Signature]
MELIUM GUERRA J P
ING. ENCARGADO DE RELAVES COC
Fecha: 12-08-17

JEFE DE COC :
VOLCAN C.A. MINERAS S.A.A.
[Signature]
EDGARD A. CRISTÓBAL INCA
INGENIERO PROYECTOS DE RELAVES
Fecha: 12-08-17



REGISTRO DE CONTROL
LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD
LÍMITES DE CONSISTENCIA
(NORMA ASTM-D4318)



CLIENTE : VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.
 PROYECTO : Recreimiento del Depósito de Relaves Mah Tuel N°8

N° REGISTRO : FORM-003-COC-PROY
 REVISIÓN : 01
 FECHA : 10/01/2017

DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MATERIAL : Relave Grueso proveniente del cicloneo
 CÓDIGO DE MUESTRA : Caliche N°2
 FECHA MUESTREO : 12/08/2017
 FECHA ENSAYO : 12/08/2017
 REALIZADO POR : M.S.P
 REVISADO POR : E.C.I

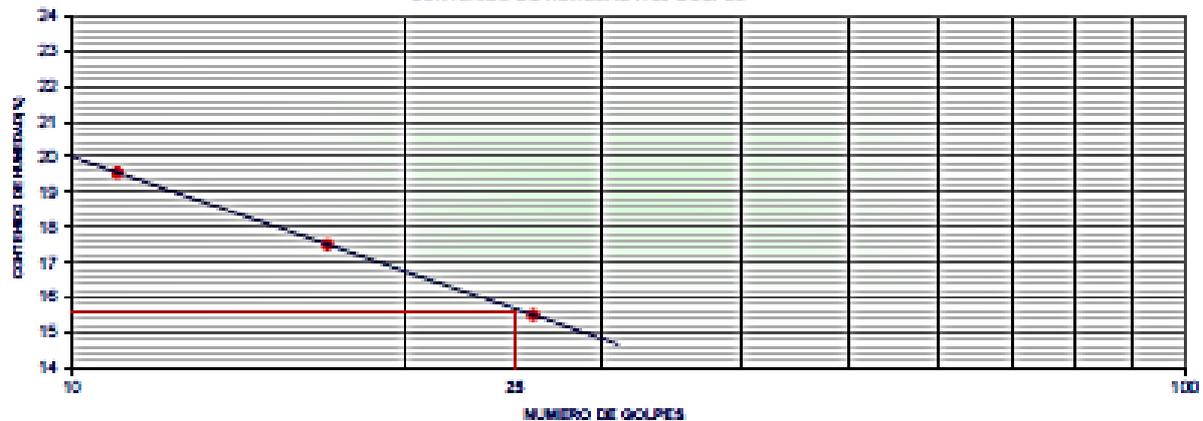
LIMITE LIQUIDO (MTC E 111, AASHTO T 90)

N° TARA		T-01	T-02	T-03
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	47.90	46.25	44.95
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	44.80	42.95	41.48
PESO DE AGUA	(gr.)	3.10	3.30	3.38
PESO DE LA TARA	(gr.)	24.80	24.10	24.20
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	20.00	18.85	17.28
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	15.50	17.51	19.58
NUMERO DE GOLPES		26	17	11

LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 60)

N° TARA			
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	N	P
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)		
PESO DE AGUA	(gr.)		
PESO DE LA TARA	(gr.)		
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)		

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO (%)	15.8
LIMITE PLASTICO (%)	NP
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

OBSERVACIONES

TÉCNICO DE COC :

GRAMSA

[Signature]
 MARIAM SUAREZ P.
 TEC. INGENIERA DE SUELOS COC

Fecha: 12-08-17

JEFE DE COC :

VOLCAN CIA. MINERA S.A.A.

[Signature]
 EDGAR A. CRISTOBAL INGA
 INGENIERO PROYECTOS DE RELAVES

Fecha: 12-08-17

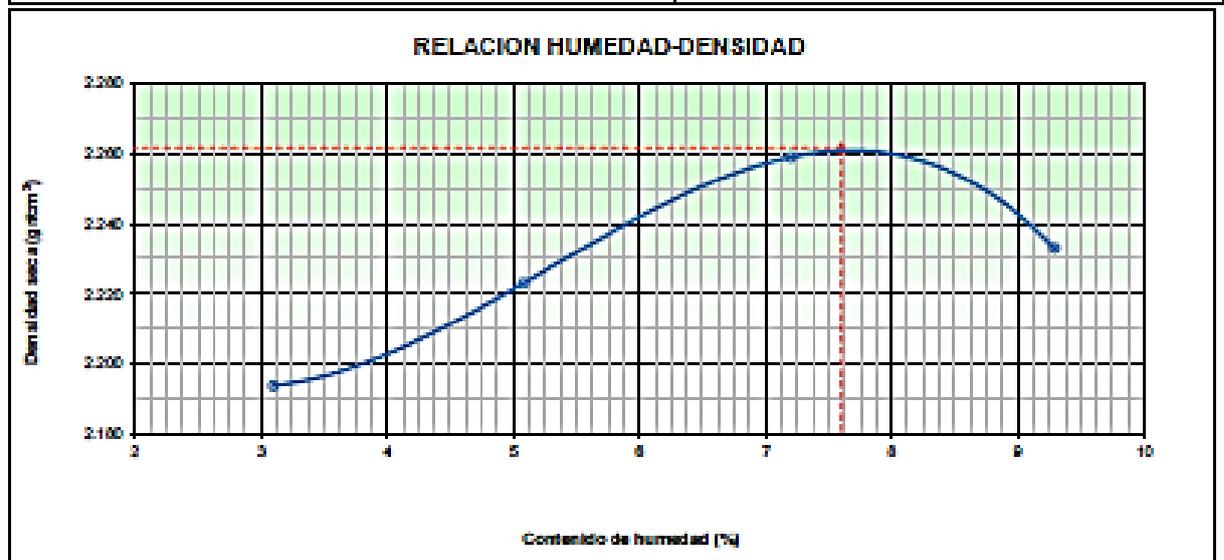
	REGISTRO DE CONTROL	
	LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD	
	ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR (NORMA ASTM D-698)	

CLIENTE : VOLCAN COMPAÑIA MINERAS S.A.	N° REGISTRO : FORM-004-CQC-PROY	REVISIÓN : 01
PROYECTO : Recreimiento del Depósito de Relaves Mah Tunel N°8	FECHA : 10/01/2017	

DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MATERIAL : Relave Grueso proveniente del cicloro	FECHA MUESTREO : 12/08/2017	FECHA ENSAYO : 12/08/2017
CODIGO DE MUESTRA : Calicrta N°2	REALIZADO POR : M.S.P	REVISADO POR : E.C.I

DENSIDAD MAXIMA / CONTENIDO HUMEDAD					
METODO DE COMPACTACION :	"A"			Clasf. SUCS :	OC
Peso suelo + molde	g	11,208	11,359	11,540	11,580
Peso molde	g	8,309	8,309	8,309	8,309
Peso suelo húmedo compactado	g	4,801	4,080	5,141	5,181
Volumen del molde	cm ³	2123	2123	2123	2123
Densidad del Suelo Húmedo	g/cm ³	2,261	2,398	2,422	2,440
Recipiente	N°	T - 02	T - 14	T - 21	T - 13
Peso del suelo húmedo + tara	g	608.0	608.0	608.0	608.0
Peso del suelo seco + tara	g	582.0	571.0	559.7	548.0
Peso de Recipiente	g	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de agua	g	18.0	29.0	40.3	51.0
Peso del suelo seco	g	582.0	571.0	559.7	548.0
Contenido de agua	%	3.1	5.1	7.2	9.3
Densidad del Suelo Seco	g/cm ³	2,194	2,223	2,259	2,253
M.D.S. (g/cm ³)		2,262			
O.C.H. (%)		7.6			



Observaciones: _____

TÉCNICO DE CQC :
GRAMSA
Mariam Elvira J.P.
MARIAM ELVIRA J.P.
TIC. INGENIERA DE BARRIOS CQC
Fecha: 12-08-17

JEFE DE CQC :
VOLCAN COMPAÑIA MINERAS S.A.
Edgardo A. Cristóbal Inca
EDGARDO A. CRISTÓBAL INCA
INGENIERO PROYECTOS DE RELAVES
Fecha: 12-08-17

YAULI

VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.

DOCUMENTO: FORM-08-CQC-PROY

REVISIÓN: 3

FECHA: 10/05/2017

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**ÁREA: CONTROL DE CALIDAD**

CQA. GRAMSA SAC

ENSAYO DE DENSIDAD POR EL MÉTODO DE CONO DE ARENA - ASTM D1558

PROYECTO : Recreimiento de depósito de Relaves Mahr Tunel N°6
 CUENTE : Volcan Compañía Minera S.A.A.
 UBICACIÓN : Depósito de Relaves N° 6

REALIZADO : M.S.P
 REVISADO : E.C.I
 FECHA : 12/05/17
 CODIGO ENSAYO : DCA-002-17

Calicata C-2	C-2	M-1	M-2			
Profundidad de densidad	m	0.3	0.3			
Lado	-	DER	IZQ			

DENSIDAD POR EL MÉTODO CONO DE ARENA - ASTM D1558

1	Peso del frasco + arena	gr	6850	6850		
2	Peso del frasco + arena sobrante	gr	1416	1374		
3	Peso de la arena empleada	gr	5434	5476		
4	Peso de la arena en el cono	gr	1642	1642		
5	Peso de la arena en el hueco	gr	3792	3834		
6	Densidad de la arena	gr/cc	1.420	1.420		
7	Volumen del hueco	cc	2670	2700		
8	Peso del suelo + grava	gr	4598	4663		
9	Peso del material mayor a 3/4"	gr				
10	Peso específico de la grava corregido	gr/cc				
11	Volumen de la grava	cc				
12	Peso del suelo	gr	4598	4663		
13	Volumen del suelo	cc	2670	2700		
14	Densidad Húmeda	gr/cc	1.722	1.727		

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216-06)

15	Recipiente N°		12	12		
16	Peso del recipiente + suelo húmedo	gr	600	600		
17	Peso del recipiente + suelo seco	gr	542	539		
18	Peso del agua	gr	58	62		
19	Peso del recipiente	gr	0	0		
20	Peso del suelo seco	gr	542	538.5		
21	Contenido de humedad del homo	%	10.7	11.4		

RESUMEN DEL ENSAYO

CURVA DE REFERENCIA: C-2						
22	Óptimo contenido de humedad de la curva	%	7.60	7.60		
23	Máxima densidad seca Corregida de la curva	gr/cc	2.262	2.262		
24	Densidad seca	gr/cc	1.555	1.550		
GRADO DE COMPACTACIÓN						
Especificaciones: % de Compactación / % de Humedad						
			95 ± 2	95 ± 2		
APROBADO						
DESAPROBADO						

OBS: El ensayo se realizó en el estado natural del relave, sin compactación reflejando así un grado de compactación de 68.8% y 68.5%. Sin embargo se considera nula el ensayo ya que el material de relave estuvo combinado.





REGISTRO DE CONTROL
LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD
(NORMA ASTM-D2958)



CLIENTE : VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.
 PROYECTO : Recrecimiento del Depósito de Relaves Mah Tunel N°6

N° REGISTRO : FORM-001-COC-PROY
 REVISIÓN : 01
 FECHA : 10/01/2017

DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MATERIAL : Relave Grueso proveniente del diqueño
 CODIGO DE MUESTRA : Calicata N°3

FECHA MUESTREO : 14/08/2017
 FECHA ENSAYO : 14/08/2017
 REALIZADO POR : M.S.P
 REVISADO POR : E.C.I

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA INTEGRAL

Material Pasante del Tamiz (mm)		19.050			PROMEDIO (%)
N° de Muestra		1	2	3	
Recipiente	N°	T - 01	T - 21		
Peso Recp. + Suelo Húmedo	g	4,083.0	4,298.0		
Peso Recp. + Suelo Seco	g	3,801.0	4,080.0		
Peso Recipiente	g	760.0	680.0		
Peso del Agua	g	192.0	219.0		
Peso Suelo Seco	g	3,151.0	3,500.0		
Contenido de Humedad	%	6.1	6.3		6.2

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS PARTICULAS DE SOBRETAMAÑO

Material Retenido en el Tamiz		19.050			PROMEDIO (%)
N° de Muestra		1	2	3	
Recipiente	N°				
Peso Recp. + Mat.Sobretamaño	g				
Peso Recp. + Mat.Sobretamaño Seco	g				
Peso Recipiente	g				
Peso del Agua	g				
Peso del Material de Sobretamaño	g				
Contenido de Humedad	%				

OBSERVACIONES:

TÉCNICO DE COC :
GRAMSA

 MIRYAM SUAREZ P.
 TEC. MECANICA DE SUELOS COC
 Fecha: 14-08-17

JEFE DE COC :
VOLCAN CIA. MINERA S.A.A.

 EDGAR A. CRISTOBAL INGA
 INGENIERO PROYECTOS DE RELAVERAS
 Fecha: 14-08-17

	REGISTRO DE CONTROL	
	LABORATORIO- CONTROL DE CALIDAD	
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMEZADO (NORMA ASTM D-422)	

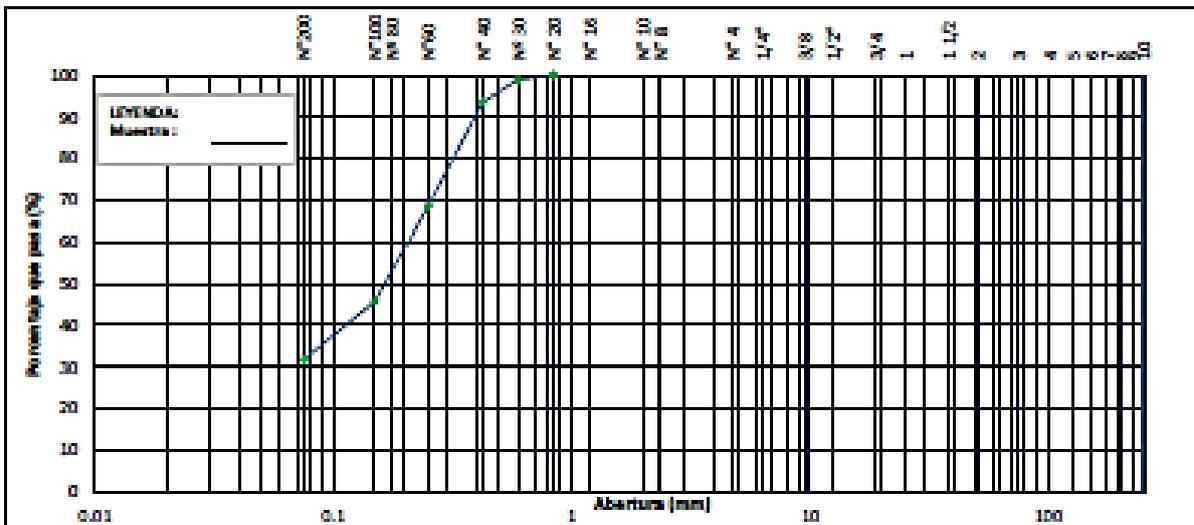
CLIENTE	: VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.	N° REGISTRO	: FORM-002-COC-PROY
PROYECTO	: Rectificación del Depósito de Relaves Mah Tunal N°3	REVISIÓN	: 01
		FECHA	: 19/01/2017

DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MATERIAL	: Relaves grueso proveniente del cicloneo	FECHA MUESTREO	: 14/06/2017
CODIGO DE MUESTRA	: Calicata N°3	FECHA ENSAYO	: 14/06/2017
		REALIZADO POR	: M.S.P
		REVISADO POR	: E.C.I

TAMIZ		PESO RETEN.	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACION MATERIAL T.1	DESCRIPCION DEL RESULTADO
ABERTURA (mm)	ABERTURA (mm)						
3"	76.20						
2"	50.80						
1 1/2"	37.50						
1"	25.40						P. SEC. SECO : 74.522.0 g
3/4"	19.00						Peso del Bata : 660.0 g
1/2"	12.50						Peso del Levante : 444.1 g
3/8"	9.52						
N° 4	4.75						HUMEDAD NATURAL : 6.2 %
N° 10	2.00						LÍMITE LÍQUIDO : 19.3 %
N° 20	0.850				100.0		LÍMITE PLÁSTICO : NP
N° 30	0.600	7.6	1.3	1.3	98.6		ÍNDICE PLÁSTICO : NP
N° 40	0.425	22.2	5.1	6.3	93.7		
N° 60	0.250	162.6	25.1	31.4	68.6		
N° 100	0.150	148.8	22.9	54.3	45.6		
N° 200	0.075	91.5	14.1	68.3	31.7		
+ N° 200	POUNDO	208.9	31.7	100.0	0.0		
CLASIFICACION (ASTM D200)							
GRUPO							: GC

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES:

TÉCNICO DE COC :

GRAMSA


 MIMIAMI OLIVERA P.
 TRO. MECÁNICA DE SUELOS COC

Fecha: 14-01-17

JEFE DE COC :

VOLCAN CIA. MINERAS S.A.A.


 EDGAR A. CRISTOBAL INGA
 INGENIERO PROYECTOS DE RELAVES

Fecha: 14-01-17

	REGISTRO DE CONTROL	
	LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD	
	LÍMITES DE CONSISTENCIA (NORMA ASTM-D4318)	

CLIENTE	: VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.	N° REGISTRO	: FORM-003-COC-PROY
PROYECTO	: Reacriamiento del Depósito de Relaves Mish Tunel N°6	REVISIÓN	: 01
		FECHA	: 10/01/2017

DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MATERIAL	: Relave Grueso proveniente del cicloneo	FECHA MUESTREO	: 14/08/2017
CODIGO DE MUESTRA	: Calicata N°3	FECHA ENSAYO	: 14/08/2017
		REALIZADO POR	: M.S.P
		REVISADO POR	: E.C.J

LIMITE LIQUIDO (MTC E 111, AASHTO T 90)

N° TARA		T-03	T-02	T-06
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	48.20	46.19	44.80
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	44.98	42.84	41.40
PESO DE AGUA	(gr.)	3.22	3.35	3.40
PESO DE LA TARA	(gr.)	24.80	24.10	24.20
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	20.18	18.74	17.20
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	15.96	17.88	19.77
NUMERO DE GOLPES		27	18	11

LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

N° TARA			
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	N	P
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)		
PESO DE AGUA	(gr.)		
PESO DE LA TARA	(gr.)		
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO (%)	18.3
LIMITE PLASTICO (%)	NP
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

OBSERVACIONES

TÉCNICO DE COC :

GRAMSA


 MIRIAM SUAREZ P.
 TEC. MECANICA DE SUELOS COC

Fecha: 14-08-17

JEFE DE COC :

VOLCAN CA. MINERA S.A.A.


 EDGAR A. CRISTOBAL INGA
 INGENIERO PROYECTOS DE RELAVES

Fecha: 14-08-17



REGISTRO DE CONTROL
LABORATORIO-CONTROL DE CALIDAD
ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR
(NORMA ASTM D-698)



CLIENTE : VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.
PROYECTO : Recreimiento del Depósito de Relaves Mah Tunel Nº3

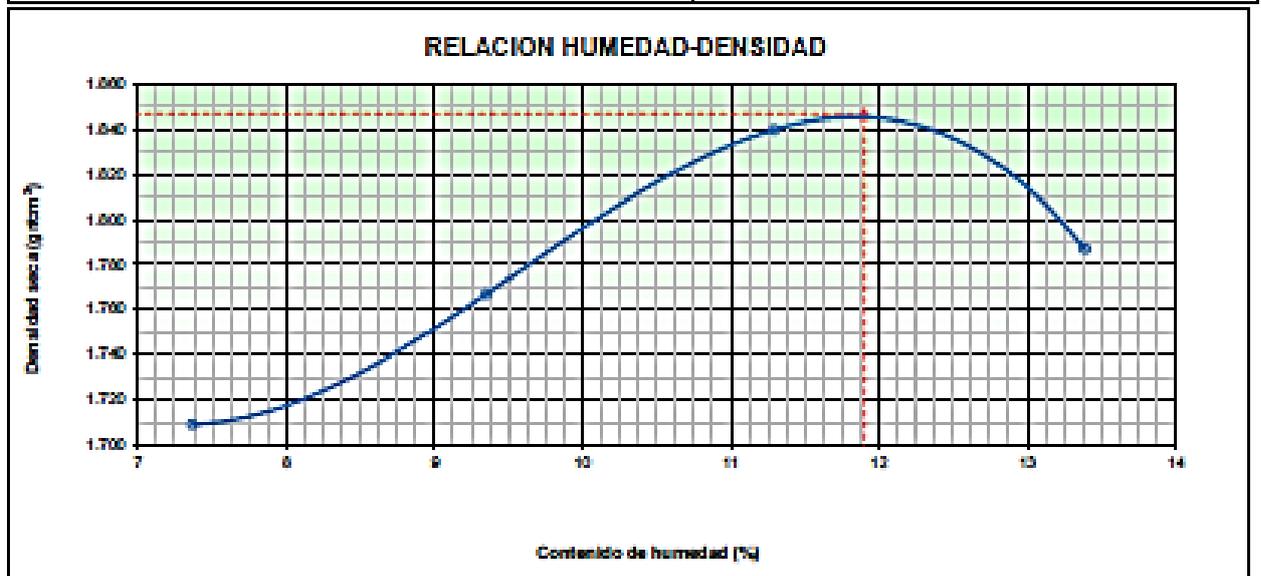
Nº REGISTRO : FORM-004-CQC-PROY
REVISIÓN : 01
FECHA : 10/01/2017

DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MATERIAL : Relave Grueso proveniente del cicloneo
CODIGO DE MUESTRA : Calicata Nº3

FECHA MUESTREO : 14/08/2017
FECHA ENSAYO : 14/08/2017
REALIZADO POR : M.S.P
REVISADO POR : E.C.I

DENSIDAD MAXIMA / CONTENIDO HUMEDAD					
METODO DE COMPACTACION :	"A"			Clasf. SUCS :	SC
Peso suelo + molde	g	10,295	10,500	10,748	10,700
Peso molde	g	6,309	6,309	6,309	6,309
Peso suelo húmedo compactado	g	3,986	4,191	4,437	4,391
Volumen del molde	cm ³	2123	2123	2123	2123
Densidad del Suelo Húmedo	g/cm ³	1.835	1.922	2.048	2.028
Recipiente	Nº	T - 02	T - 14	T - 21	T - 13
Peso del suelo húmedo + tara	g	590.5	640.8	680.0	680.0
Peso del suelo seco + tara	g	550.0	588.0	611.0	590.0
Peso de Recipiente	g	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de agua	g	40.5	54.8	69.0	79.0
Peso del suelo seco	g	550.0	588.0	611.0	590.0
Contenido de agua	%	7.4	9.4	11.3	13.4
Densidad del Suelo Seco	g/cm ³	1.709	1.787	1.840	1.787
M.D.S. (g/cm ³)		1.847			
O.C.H. (%)		11.9			



Observaciones: _____

TÉCNICO DEL CQC :
GRAMSA

MIRIAM QUIROZ P.
TEC. INGENIERA DE SUELOS CQC
 Fecha: 14-08-17

JEFE DEL CQC :
VOLCAN CIA. MINERAS S.A.

EDGARDO CRISTÓBAL INCA
INGENIERO PROYECTOS DE RELAJERAS
 Fecha: 14-08-17

YAULI

DOCUMENTO: FORM-08-COC-PRDY
 REVISIÓN: 3
 FECHA: 10/06/2017

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ÁREA: CONTROL DE CALIDAD

**ENSAYO DE DENSIDAD POR EL MÉTODO DE CONO DE ARENA - ASTM D1558**

PROYECTO : Recreimiento de depósito de Relaves Matr Tunel N°6
 CLIENTE : Volcan Compañía Minera S.A.A.
 UBICACIÓN : Depósito de Relaves N° 6
 REALIZADO : M.S.P
 REVISADO : E.C.I
 FECHA : 14/06/17
 CODIGO ENSAYO : DCA-003-17

Calicata C-3	C-3	M-1	M-2		
Profundidad de densidad	m	0.3	0.3		
Lado	-	DER	IZQ		

DENSIDAD POR EL MÉTODO CONO DE ARENA - ASTM D1558

1	Peso del frasco + arena	gr	6850	6850		
2	Peso del frasco + arena sobrante	gr	1504	1471		
3	Peso de la arena empleada	gr	5346	5379		
4	Peso de la arena en el cono	gr	1642	1642		
5	Peso de la arena en el hueco	gr	3704	3737		
6	Densidad de la arena	gr/cc	1.420	1.420		
7	Volumen del hueco	cc	2608	2632		
8	Peso del suelo + grava	gr	4848	4832		
9	Peso del material mayor a 3/4"	gr				
10	Peso específico de la grava corregido	gr/cc				
11	Volumen de la grava	cc				
12	Peso del suelo	gr	4848	4832		
13	Volumen del suelo	cc	2608	2632		
14	Densidad Húmeda	gr/cc	1.869	1.836		

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216-80)

15	Recipiente N°		12	12		
16	Peso del recipiente + suelo húmedo	gr	600	600		
17	Peso del recipiente + suelo seco	gr	540	539		
18	Peso del agua	gr	60	61		
19	Peso del recipiente	gr	0	0		
20	Peso del suelo seco	gr	540	539		
21	Contenido de humedad del homo	%	11.1	11.3		

RESUMEN DEL ENSAYO

CURVA DE REFERENCIA: C-3						
22	Óptimo contenido de humedad de la curva	%	11.90	11.90		
23	Máxima densidad seca Corregida de la curva	gr/cc	1.847	1.847		
24	Densidad seca	gr/cc	1.673	1.649		
GRADO DE COMPACTACIÓN		%	90.6%	89.3%		
Especificaciones: % de Compactación / % de Humedad			95 ± 2	95 ± 2		
APROBADO						
DESAPROBADO						

OBS: El ensayo se realizó en el estado natural del relieve, sin compactación reflejando así un grado de compactación de 90.6% y 89.3%.

TÉCNICO DE COC:
GRAMSA
 VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.
 INGENIERIA DE SUELOS COC
 Fecha: 14-06-17

JEFE DE COC:
 VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.
 EDGAR A. CRISTOBAL IRGA
 INGENIERO PROYECTOS DE RELAVES
 Fecha: 14-06-17

		REGISTRO DE CONTROL			
		LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD (NORMA ASTM-D422)			
CLIENTE	: VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.		Nº REGISTRO :	FORM-001-CQC-PROY	
PROYECTO	: Recreimiento del Depósito de Relaves Mah Tunel Nº6		REVISIÓN :	01	
			FECHA :	10/01/2017	
DATOS DE LA MUESTRA					
TIPO DE MATERIAL	: Relave Grueso proveniente del idoneo		FECHA MUESTREO :	15/08/2017	
CODIGO DE MUESTRA	: Calizate Nº4		FECHA ENSAYO :	15/08/2017	
			REALIZADO POR :	M.S.P	
			REVISADO POR :	E.C.I	
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA INTEGRAL					
Material Pasante del Tamiz (mm)		19.050			PROMEDIO (%)
Nº de Muestra		1	2	3	
Recipiente	Nº	T - 01	T - 21		
Peso Recip. + Suelo Húmedo	g	8,032.0	8,222.0		
Peso Recip. + Suelo Seco	g	6,743.0	6,889.0		
Peso Recipiente	g	760.0	680.0		
Peso del Agua	g	289.0	323.0		
Peso Suelo Seco	g	4,993.0	5,319.0		
Contenido de Humedad	%	5.8	6.1		5.9
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS PARTICULAS DE SOBRETAMAÑO					
Material Retenido en el Tamiz		18.050			PROMEDIO (%)
Nº de Muestra		1	2	3	
Recipiente	Nº				
Peso Recip. + Mat. Sobretamaño	g				
Peso Recip. + Mat. Sobretamaño Seco	g				
Peso Recipiente	g				
Peso del Agua	g				
Peso del Material de Sobretamaño	g				
Contenido de Humedad	%				

OBSERVACIONES: _____

TÉCNICO DE CQC :
GRAMSA

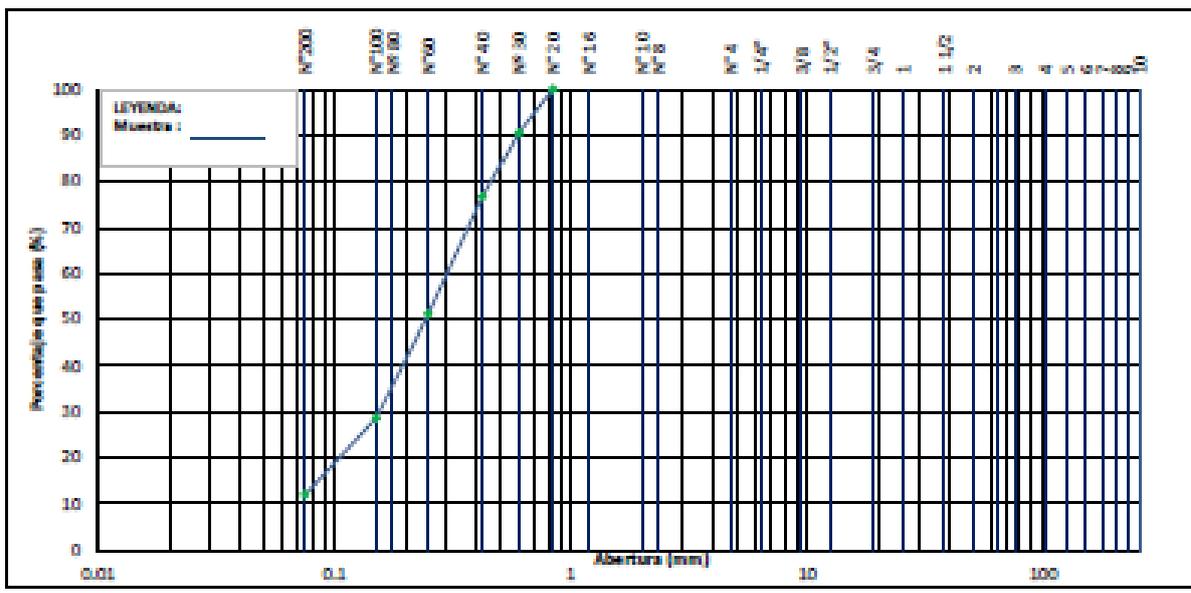
MIRYAM SUAREZ P. TEC. MECANICA DE SUELOS CQC
Fecha: 16-08-17

JEFE DE CQC :
VOLCAN CIA. MINERA S.A.A.

EDGAR A. CRISTOBAL INGA INGENIERO PROYECTOS DE RELAVES
Fecha: 16-08-17

	REGISTRO DE CONTROL						
	LABORATORIO- CONTROL DE CALIDAD						
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NORMA ASTM D-422)	(NORMA)					
CLIENTE	: VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.		N° REGISTRO :	FORM-002-CQC-PROY			
PROYECTO	: Recreimiento del Depósito de Relaves Mah Tunal N°8		REVISIÓN :	01			
			FECHA :	10/01/2017			
DATOS DE LA MUESTRA							
TIPO DE MATERIAL	: Relaves Grueso proveniente del ciclónico		FECHA MUESTREO :	15/05/2017			
CODIGO DE MUESTRA	: Calicata N°4		FECHA ENSAYO :	15/05/2017			
			REALIZADO POR :	M.S.P			
			REVISADO POR :	E.C.I			
TAMIZ							
ABERTURA (milí)	ABERTURA (mm)	PESO RETEN.	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACION MATERIAL T.1	DESCRIPCION DEL SUELO
2"	76.20						
2"	50.80						
1 1/2"	37.50						P. INCL. SECO : 63,298.0 g
1"	25.40						Presión Base : 550.0 g
3/4"	19.00						Presión Límite : 449.0 g
1/2"	12.70						
3/8"	9.50						
N° 4	4.75						HUMEDAD NATURAL : 5.9 %
N° 10	2.000						LÍMITE LÍQUIDO : 19.7 %
N° 20	0.850						LÍMITE PLÁSTICO : NP
N° 30	0.600	48.9	8.8	8.8	91.2		ÍNDICE PLÁSTICO : NP
N° 40	0.425	70.1	12.7	21.5	78.4		
N° 60	0.250	130.5	23.7	45.2	54.7		
N° 100	0.150	114.9	20.9	66.2	33.8		
N° 200	0.075	84.9	15.4	81.6	18.4		CLASIFICACION (ASTM D422)
+ N° 200	FONDO	101.0	18.4	100.0	0.0		SUCS : SP-SC

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES:

TÉCNICO DE CQC :

GRAMSA


 MIRIAM SUAREZ P.
 TEC. MECÁNICA DE SUELOS CQC

Fecha: 16-08-17

JEFE DE CQC :

VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.


 EDGARDO CRISTOBAL INGA
 INGENIERO PROYECTOS DE RELAVES

Fecha: 16-08-17



REGISTRO DE CONTROL
LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD
ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR
(NORMA ASTM D-698)



CLIENTE : VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.
 PROYECTO : Recreimiento del Depósito de Relaves Mah Tunel N°8

N° REGISTRO : FORM-004-CQC-PROY
 REVISIÓN : 01
 FECHA : 10/01/2017

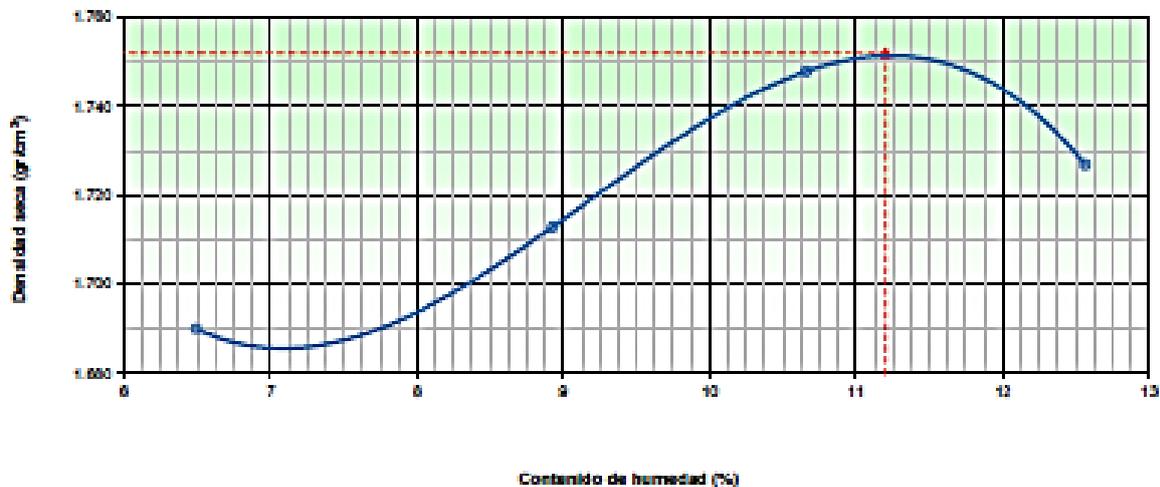
DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MATERIAL : Relave Grueso proveniente del cicloneo
 CODIGO DE MUESTRA : Calicata N°4

FECHA MUESTREO : 16/08/2017
 FECHA ENSAYO : 16/08/2017
 REALIZADO POR : M.S.P
 REVISADO POR : E.C.I

DENSIDAD MAXIMA / CONTENIDO HUMEDAD					
METODO DE COMPACTACION :	"A"			Clasif. SUCS :	SP-SC
Peso suelo + molde	g	10,220	10,381	10,505	10,525
Peso molde	g	6,300	6,300	6,300	6,300
Peso suelo húmedo compactado	g	3,921	3,982	4,108	4,128
Volumen del molde	cm ³	2123	2123	2123	2123
Densidad del Suelo Húmedo	g/cm ³	1.800	1.868	1.934	1.943
Recipiente	Nº	T - 02	T - 14	T - 21	T - 13
Peso del suelo húmedo + tara	g	607.0	610.0	665.0	645.0
Peso del suelo seco + tara	g	570.0	560.0	619.0	573.0
Peso de Recipiente	g	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de agua	g	37.0	50.0	66.0	72.0
Peso del suelo seco	g	570.0	560.0	619.0	573.0
Contenido de agua	%	6.5	8.9	10.7	12.6
Densidad del Suelo Seco	g/cm ³	1.690	1.713	1.748	1.727
M.D.S. (g/cm ³)		1.752			
O.C.H. (%)		11.2			

RELACION HUMEDAD-DENSIDAD



Observaciones: _____

TÉCNICO DE CQC:
GRAMSA
 MILENA SUAREZ P.
 TDC MECANICA DE SUELOS CQC
 Fecha: 16-08-17

JEFE DE CQC:
VOLCAN CIA MINERA S.A.A.
 EDGAR A. CRISTOBAL INSA
 INGENIERO PROYECTOS DE RELAVES
 Fecha: 16-08-17

YAULI

VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.

DOCUMENTO: FORM-08-COC-PROY

REVISIÓN: 3

FECHA: 10/06/2017

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ÁREA: CONTROL DE CALIDAD

**ENSAYO DE DENSIDAD POR EL MÉTODO DE CONO DE ARENA - ASTM D1558**

PROYECTO : Recreimiento de depósito de Relaves Matr Tunel N°6

CLIENTE : Volcan Compañía Minera S.A.A.

UBICACIÓN : Depósito de Relaves N° 6

REALIZADO : M.S.P

REVISADO : E.C.I

FECHA : 16/06/17

CODIGO ENSAYO : DCA-004-17

Calicata C-4	C-4	M-1	M-2			
Profundidad de densidad	m	0.3	0.3			
Lado	-	DER	IZQ			

DENSIDAD POR EL MÉTODO CONO DE ARENA - ASTM D1558

1	Peso del frasco + arena	gr	6850	6850			
2	Peso del frasco + arena sobrante	gr	1398	1442			
3	Peso de la arena empleada	gr	5452	5408			
4	Peso de la arena en el cono	gr	1642	1642			
5	Peso de la arena en el hueco	gr	3810	3766			
6	Densidad de la arena	gr/cc	1.420	1.420			
7	Volumen del hueco	cc	2683	2652			
8	Peso del suelo + grava	gr	4746	4588			
9	Peso del material mayor a 3/4"	gr					
10	Peso específico de la grava corregido	gr/cc					
11	Volumen de la grava	cc					
12	Peso del suelo	gr	4746	4588			
13	Volumen del suelo	cc	2683	2652			
14	Densidad Húmeda	gr/cc	1.759	1.730			

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216-80)

15	Recipiente N°		12	12			
16	Peso del recipiente + suelo húmedo	gr	650	650			
17	Peso del recipiente + suelo seco	gr	581	580			
18	Peso del agua	gr	69	70			
19	Peso del recipiente	gr	0	0			
20	Peso del suelo seco	gr	581	580			
21	Contenido de humedad del homo	%	11.9	12.1			

RESUMEN DEL ENSAYO

CURVA DE REFERENCIA: C-4							
22	Óptimo contenido de humedad de la curva	%	11.20	11.20			
23	Máxima densidad seca Corregida de la curva	gr/cc	1.752	1.752			
24	Densidad seca	gr/cc	1.581	1.544			
GRADO DE COMPACTACIÓN		%	90.2%	88.1%			
Especificaciones: % de Compactación / % de Humedad			95 ± 2	95 ± 2			
APROBADO							
DESAPROBADO							

OBS: El ensayo se realizó en el estado natural del relave, sin compactación reflejando así un grado de compactación de 90.2% y 88.1%.

TÉCNICO DE COC:

GRAMSA

 MIRIAM SUAREZ P.
 T.E.C. MECÁNICA DE SUELOS COC

Fecha:

16-06-17

JEFE DE COC:

VOLCAN CIA. MINERA S.A.A.

 EDGARDO CRISTÓBAL INGA
 INGENIERO PROYECTOS DE RELAVES

Fecha:

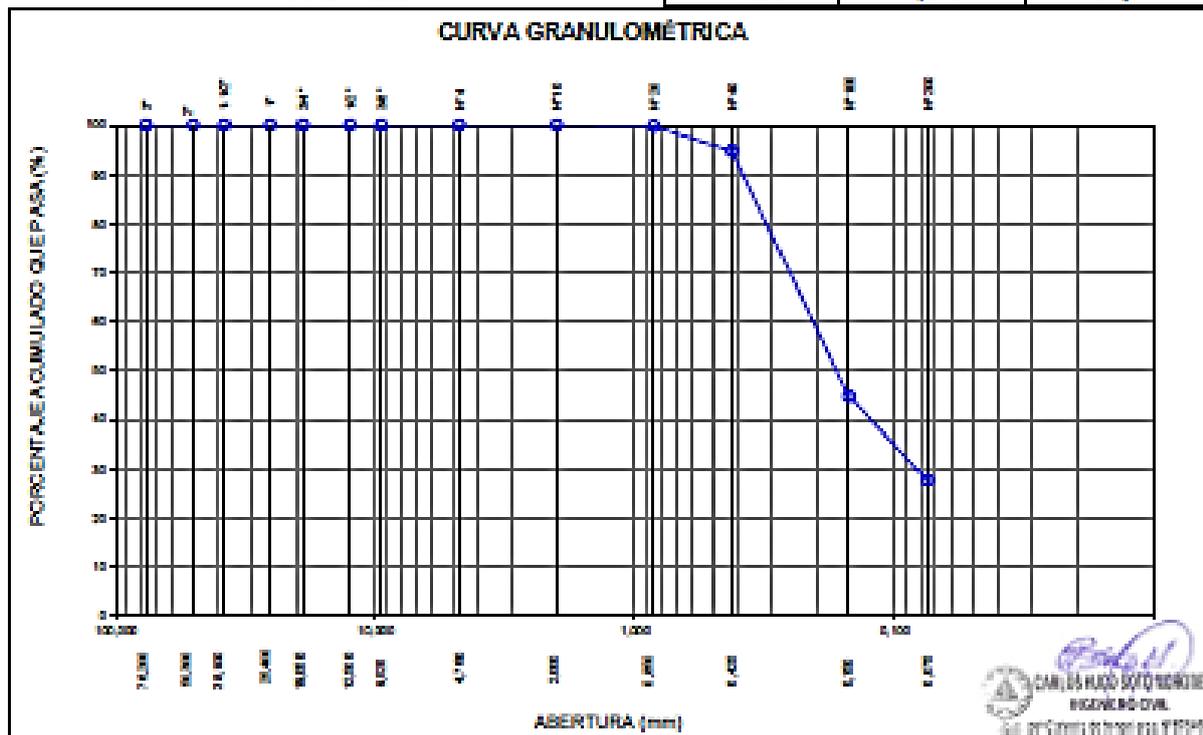
16-06-17

Nombre del Proyecto:	Supervisión de la Construcción del Recreimiento de La Presa de Relaves Marh Tunel		
Cliente:	Volcán Compañía Minera S.A.C.		
Nº de muestra / Prof. (m):	M-17 / 1,00	Nº Informe Lab : AP-218-12E	
Descripción / Zona:	A	Nº de Proyecto: PEVC00239	
Solicitado por:	Ing. César A Franda León	Fecha: 04-Jul-17	
Ubicación:	—		

Partículas >3" (%) : —
 Grava (%) : —
 Arena (%) : 72,3
 Limos y Arcillas (%) : 27,7
 Límites de Atterberg:
 LL (%) : NP
 LP (%) : NP
 IP (%) : NP
 Humedad (%) : 5,3
 Clasificación SUCS : SM
 Arena limosa

D10 : —
 D30 : 0,08
 D60 : 0,21
 Cu : —
 Cc : —

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	75,200	100,0
2"	50,300	100,0
1 1/2"	38,100	100,0
1"	25,400	100,0
3/4"	19,050	100,0
1/2"	12,500	100,0
3/8"	9,525	100,0
Nº4	4,760	100,0
Nº10	2,000	100,0
Nº20	0,850	99,8
Nº40	0,425	94,9
Nº100	0,150	44,8
Nº200	0,075	27,7



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Ausenco Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Ausenco Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:	Ingresado por:	Revisado por:	Laboratorio:
AG	JCA	TOM	AP-218-12E

Nombre del Proyecto	Supervisión de la Construcción del Recreclimiento de La Presa de Relaves Marh Tunel		
Cliente:	Volcán Compañía Minera S.A.C.		
Nº de muestra / Prof. (m):	M-1 / 1.00	Nº Informe Lab : AP-218-12E	
Descripción / Zona:	A	Nº de Proyecto: PEVC00239	
Solicitado por:	Ing. César A Francia León	Fecha: 04-Jul-17	
Ubicación:	—		

Estado de la muestra: Remoldado con una Dens Seca = 1,799 gr/cm³ y w = 11,2 %
 Clasificación SUCS: SM
 Confinamiento efectivo: 200 kPa

Datos del Ensayo

Diámetro (cm)	7,08	Densidad inicial seca(gr/cm ³)	1,81	Densidad final seca(gr/cm ³)	1,85
Altura (cm)	14,49	Humedad inicial (%)	11,1	Humedad final (%)	19,9
Gravedad de Sólidos	3,07	Saturación inicial (%)	49,1	Saturación final (%)	93

Calculo del Parámetro B

Presión de Poros PSI	Presión de Celda PSI	B
41,8	41,5	0,97
44,7	44,5	

Medición del Coeficiente de Permeabilidad

Nº	Gradiente (D/h)	Vol (V) (cm ³)	Caudal (Q) (cm ³ /seg)	Perm. (K _v) (cm/seg)	T °C	KT20°C (cm/seg)
1	1,68	0,30	6,00E-02	2,76E-04	22	2,63E-04
2	1,64	0,30	6,00E-02	2,79E-04	22	2,66E-04
3	1,59	0,40	8,00E-02	3,78E-04	22	3,60E-04
4	1,55	0,30	6,00E-02	2,87E-04	22	2,74E-04
5	1,50	0,30	6,00E-02	2,91E-04	22	2,77E-04
6	1,48	0,40	8,00E-02	3,94E-04	22	3,75E-04
Promedio	1,57	0,33		3,2E-04	22,0	3,0E-04



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

Ensayo de carga variable.

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Grado de compactación: Bajo Medio Alto Elevado

Realizado por: DCMR Ingresado por: JCA Revisado por: TOM Laboratorio: AP-218-12E

Calle Pardo Andino 227, Chorrillos, Lima, (51-1) 288-7574, Fax (51-1) 208-4830, www.ausenco.com

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto: Supervisión de la Construcción del Recrecimiento de La Presa de Relaves Marh Tunnel
 Cliente: Volcán Compañía Minera S.A.C.
 Nº de muestra / Prof.(m): M-1 / 1.00 Nº Informe de Lab: AP-218-12E
 Cantera / Zona: A Nº de Proyecto: PEVC00239
 Solicitado por: Ing. César A Francia León Fecha: 14-Jul-17
 Ubicación: —

Clasificación SUCS: SM

Estado: Remoldeado (D.S. = 1,799gr/cm³, w = 11,2%)

Etapa de consolidación	Inicial	Final	Velocidad (pulg/min)	0,01
Altura (cm)	14,49	14,38	Parámetro "B"	0,97
Diámetro (cm)	7,08	7,02	Presión de celda	kPa 676
Humedad (%)	11,20	19,52	Contra presión	kPa 276
Densidad seca (gr/cc)	1,816	1,860	Esf. Efect. Inicial	kPa 400

Deformación (%)	Esf. Desv. kPa	μ kPa	σ_3 kPa	σ_1 kPa	τ_p kPa	τ_q kPa	τ_q / p	Oblicuidad (s/s)
0,00	0,00	0,00	400,00	400,00	400,00	0,00	0,00	1,00
0,05	45,94	1,38	398,62	444,56	421,59	22,97	0,05	1,12
0,10	114,21	6,89	393,11	507,31	450,21	57,10	0,13	1,29
0,20	175,21	15,17	384,83	560,04	472,44	87,60	0,19	1,46
0,35	263,10	35,85	364,15	627,25	495,70	131,55	0,27	1,72
0,50	321,81	53,78	346,22	668,03	507,13	160,91	0,32	1,93
0,75	394,90	80,67	319,33	714,23	516,78	197,45	0,38	2,24
1,00	442,70	103,42	296,58	739,28	517,93	221,35	0,43	2,49
1,25	473,12	126,86	273,14	746,26	509,70	236,56	0,46	2,73
1,50	491,62	142,72	257,28	748,90	503,09	245,81	0,49	2,91
1,75	501,09	152,37	247,63	748,72	498,17	250,55	0,50	3,02
2,00	510,07	165,47	234,53	744,59	489,56	255,03	0,52	3,17
2,54	516,13	178,57	221,43	737,55	479,49	258,06	0,54	3,33
3,04	517,71	190,30	209,70	727,42	468,56	258,86	0,55	3,47
3,50	513,68	191,67	208,33	722,00	465,16	256,84	0,55	3,47
4,00	513,22	201,33	198,67	711,90	455,28	256,61	0,56	3,58
4,50	509,23	205,46	194,54	703,77	449,15	254,62	0,57	3,62
5,00	504,93	208,91	191,09	696,02	443,55	252,46	0,57	3,64
6,00	494,97	213,05	186,95	681,92	434,44	247,49	0,57	3,65
7,00	484,04	215,12	184,88	668,92	426,90	242,02	0,57	3,62
8,00	477,15	224,08	175,92	653,07	414,49	238,57	0,58	3,71
9,00	467,57	228,22	171,78	639,35	405,57	233,78	0,58	3,72
10,00	458,40	230,97	169,03	627,42	398,22	229,20	0,58	3,71
11,00	449,32	233,73	166,27	615,58	390,93	224,66	0,57	3,70
11,95	440,29	236,49	163,51	603,80	383,65	220,14	0,57	3,69
13,00	433,12	238,56	161,44	594,56	378,00	216,56	0,57	3,68
14,00	424,39	237,87	162,13	586,52	374,32	212,19	0,57	3,62
15,00	419,75	244,07	158,93	579,67	365,80	208,87	0,57	3,69

Nota: Los especímenes fueron remoldeado con una Densidad Seca = 1,799gr/cm³, Humedad = 11,2%
 Los datos para el remoldeo fueron indicados por el cliente.

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Grado de compactación: Bajo Medio Alto Elevado


 CARLOS HUGO RODRÍGUEZ
 INGENIERO CIVIL
 C.O. Ingeniería de Ingeniería 11712

Realizado por: TBP Ingresado por: JCA Revisado por: TOM Fecha: 14-JUL-17

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:	Supervisión de la Construcción del Reacomilamiento de La Peca de Relaves Marh Tunel		
Cliente:	Volcán Compañía Minera S.A.C.		
Nº de muestra / Prof.(m):	M-1 / 1.00	Nº Informe de Lab:	AP-218-12E
Cantera / Zona:	A	Nº de Proyecto:	PEV000288
Solicitado por:	Ing. César A. Francela León	Fecha:	14-Jul-17
Ubicación:	—		

Clasificación SUCS: SM

Estado: Remoldeado (D.S. = 1,788gr/cm³, w = 11,2%)

Etapa de consolidación	Inicial	Final	Velocidad (pulg/min)	0,01
Altura (cm)	14,49	14,40	Parámetro "B"	0,97
Diámetro (cm)	7,08	7,03	Presión de celda	kPa 476
Humedad (%)	11,20	19,93	Contra presión	kPa 276
Densidad seca (gr/cc)	1,812	1,849	Est. Efect. Inicial	kPa 200

Deformación (%)	Est. Desv. kPa	μ kPa	σ_1 kPa	σ_3 kPa	\bar{p} kPa	\bar{q} kPa	\bar{q}/\bar{p}	Oblicuidad (s _v /s _h)
0.00	0.00	0.00	200.00	200.00	200.00	0.00	0.00	1.00
0.05	44.31	4.83	195.17	238.49	217.33	22.16	0.10	1.23
0.10	70.84	8.27	191.73	262.57	227.15	35.42	0.16	1.37
0.20	109.99	15.17	184.83	294.82	238.83	54.99	0.23	1.60
0.35	170.67	28.96	171.04	341.72	256.38	85.34	0.33	2.00
0.50	195.05	34.47	165.53	361.59	263.56	98.03	0.37	2.18
0.75	243.90	45.19	153.81	397.70	275.75	121.95	0.44	2.59
1.00	271.41	53.78	145.22	417.63	281.93	135.70	0.48	2.86
1.25	288.60	58.61	141.39	429.99	285.69	144.30	0.51	3.04
1.50	300.73	62.05	137.95	438.68	288.31	150.37	0.52	3.18
1.75	308.41	64.12	135.88	444.29	290.08	154.21	0.53	3.27
2.00	313.02	64.81	135.19	448.20	291.70	156.51	0.54	3.32
2.50	318.57	67.57	132.43	451.00	291.71	159.28	0.55	3.41
3.00	320.04	68.95	131.05	451.10	291.07	160.02	0.55	3.44
3.50	319.94	70.33	129.67	449.62	289.64	159.97	0.55	3.47
4.00	318.50	72.39	127.51	446.11	286.86	159.25	0.55	3.50
4.50	316.52	73.08	126.92	443.43	285.17	158.26	0.55	3.49
5.00	314.32	74.46	125.54	438.85	282.69	157.16	0.56	3.50
6.00	309.72	77.22	122.78	432.49	277.64	154.86	0.56	3.52
7.19	305.57	79.29	120.71	426.28	273.49	152.78	0.56	3.53
8.00	303.95	79.98	120.02	423.88	271.95	151.93	0.56	3.53
9.00	301.29	81.35	118.54	419.93	269.29	150.65	0.56	3.54
10.00	299.84	82.05	117.95	417.79	267.87	149.92	0.56	3.54
11.00	297.32	83.43	115.57	413.85	265.23	148.66	0.56	3.55
12.05	295.11	84.81	115.19	410.31	262.75	147.56	0.56	3.55
13.00	292.03	85.50	114.50	406.54	260.52	146.02	0.56	3.55
14.00	289.17	86.18	113.82	402.99	258.40	144.58	0.56	3.54
15.09	285.51	87.55	112.44	398.04	255.24	142.80	0.56	3.54

Nota: Los especímenes fueron remoldeado con una Densidad Seca = 1,799gr/cm³, Humedad = 11,2%
Los datos para el remoldeo fueron indicados por el cliente.

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Grado de compactación: Bajo Medio Alto Elevado


CARLOS HUGO SOTOMAYOR
INGENIERO CIVIL
Cul. del Colegio de Ingenieros 911120

Realizado por: TBP Ingresado por: JCA Revisado por: TOM Fecha: 14-Jul-17

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto: **Supervisión de la Construcción del Reacomilamiento de La Peca de Relaves Marh Tunel**
 Cliente: **Volcán Compañía Minera S.A.C.**
 Nº de muestra / Prof.(m): **M-1 / 1.00** Nº Informe de Lab: **AP-218-12E**
 Cartera / Zona: **A** Nº de Proyecto: **PEV000288**
 Solicitado por: **Ing. César A Franola León** Fecha: **14-Jul-17**
 Ubicación: **—**

Clasificación SUCS: SM

Estado: Remoldeado (D.S. = 1,799gr/cm³, w = 11,2%)

Etapa de consolidación	Inicial	Final	Velocidad (pulg/min)	0,01
Altura (cm)	14,50	14,42	Parámetro "B"	0,97
Diámetro (cm)	7,08	7,05	Presión de celda	kPa 376
Humedad (%)	11,20	20,42	Contra presión	kPa 276
Densidad seca (gr/cc)	1,810	1,834	Est. Efect. Inicial	kPa 100

Deformación (%)	Est. Desv. kPa	μ kPa	s_x kPa	s_y kPa	$\bar{\sigma}_p$ kPa	$\bar{\sigma}_q$ kPa	$\bar{\sigma}_q/\bar{\sigma}_p$	Objetividad (s/s ₀)
0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	1.00
0.05	27.77	5.52	94.48	122.25	108.37	13.89	0.13	1.29
0.10	50.62	8.96	91.04	141.56	116.35	25.31	0.22	1.56
0.20	72.39	13.79	86.21	158.80	122.41	36.30	0.30	1.84
0.35	105.07	20.68	79.32	184.39	131.85	52.54	0.40	2.32
0.50	128.56	24.13	75.87	202.43	138.15	63.28	0.45	2.67
0.75	155.75	27.58	72.42	229.17	150.80	78.38	0.52	3.16
1.00	177.66	28.27	71.73	249.40	160.56	88.83	0.55	3.48
1.25	191.95	27.58	72.42	264.37	168.39	95.97	0.57	3.65
1.50	203.57	26.89	73.11	276.58	174.90	101.79	0.58	3.78
1.75	212.12	25.51	74.49	286.51	180.55	106.06	0.59	3.85
2.00	218.94	24.13	75.87	294.81	185.34	109.47	0.59	3.89
2.50	227.49	22.75	77.25	304.73	190.99	113.74	0.60	3.94
3.00	230.96	22.06	77.94	308.90	193.42	115.48	0.60	3.96
3.50	232.52	21.37	78.63	311.14	194.88	116.26	0.60	3.96
4.00	232.73	20.68	79.32	312.05	195.68	116.37	0.59	3.93
4.71	231.98	21.37	78.63	310.51	194.62	115.99	0.60	3.95
5.00	231.28	21.37	78.63	309.91	194.27	115.64	0.60	3.94
6.18	229.59	22.06	77.94	307.53	192.73	114.80	0.60	3.95
7.00	227.58	22.75	77.25	304.82	191.04	113.79	0.60	3.95
8.00	227.12	23.44	76.56	303.58	190.12	113.56	0.60	3.97
9.00	225.90	23.44	76.56	302.45	189.51	113.95	0.60	3.95
10.00	225.18	23.44	76.56	302.74	189.65	113.09	0.60	3.95
11.00	225.00	23.44	76.56	302.56	189.56	113.00	0.60	3.95
12.00	225.35	23.44	76.56	302.92	189.74	113.18	0.60	3.96
13.00	225.27	23.44	76.56	302.83	189.69	113.13	0.60	3.96
14.00	225.53	23.44	76.56	302.18	189.37	112.81	0.60	3.95
15.18	224.57	23.44	76.56	301.22	188.89	112.33	0.59	3.93

Nota: Los especímenes fueron remoldeado con una Densidad Seca = 1,799gr/cm³, Humedad = 11,2%. Los datos para el remoldeo fueron indicados por el cliente.

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

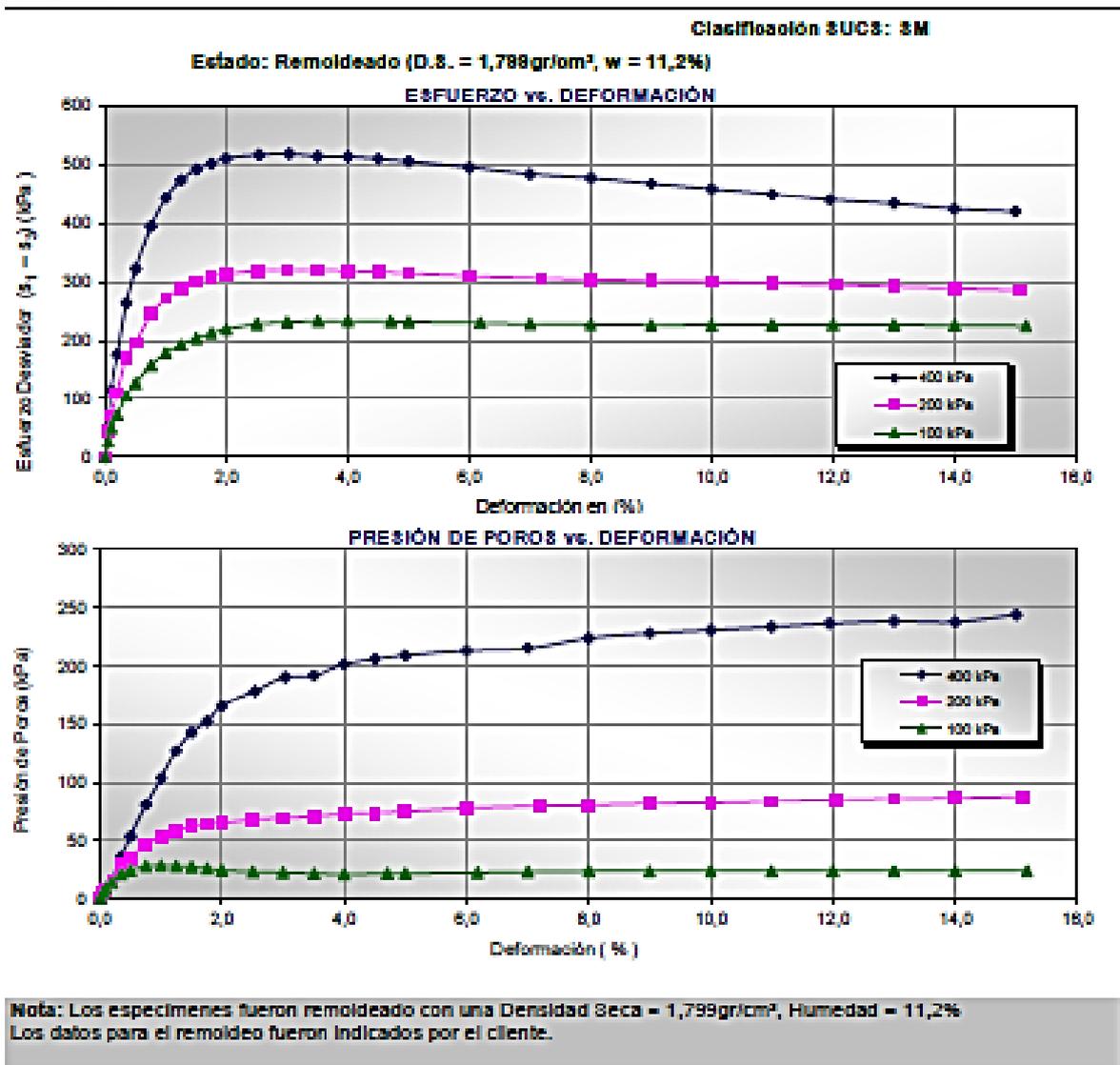
Grado de compactación: Bajo Medio Alto Elevado


CARLOS HUGO SOTO MORCOTE
 INGENIERO CIVIL
 C.O.T. Nº 10000 de Profesores Nº 11141

Realizado por: **TBP** Ingresado por: **JCA** Revisado por: **TOM** Fecha: **14-Jul-17**

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:	Supervisión de la Construcción del Reemplazo de La Peca de Relaves Marb Tunel		
Cliente:	Volcán Compañía Minera S.A.C.		
Nº de muestra / Prof.(m):	M-1 / 1.00	Nº Informe de Lab:	AP-218-12E
Cantera / Zona:	A	Nº de Proyecto:	PEVC00288
Solicitado por:	Ing. César A. Francel León	Fecha:	14-Jul-17
Ubicación:	—		



Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.
Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Grado de compactación: Bajo | Medio | Alto | Elevado

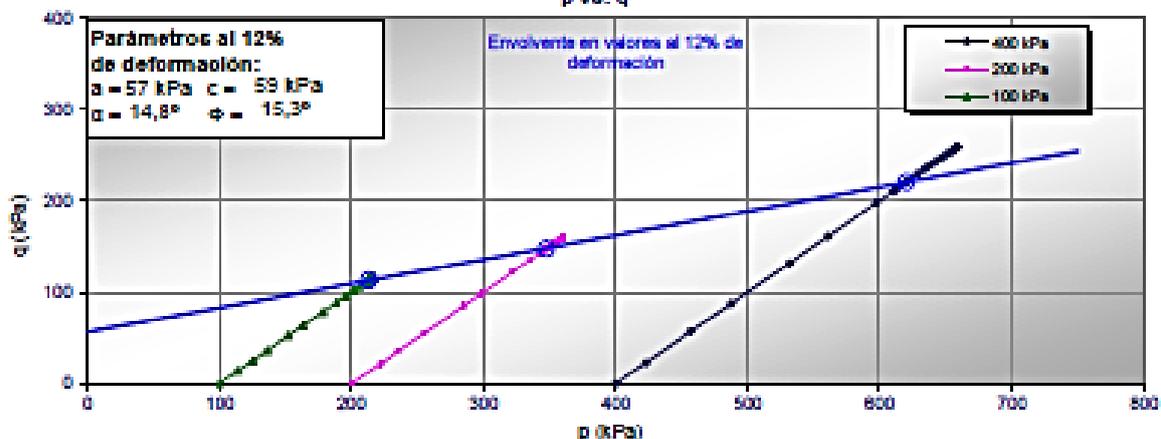

CARLOS HUGO SOTO MORALES
 INGENIERO CIVIL
Col. del Colegio de Ingenieros #1114

Realizado por: TBP | Ingresado por: JCA | Revisado por: TOM | Fecha: 14-Jul-17

Nombre del Proyecto:	Supervisión de la Construcción del Reaccolimiento de La Presa de Relaves Marsh Tunel		
Cliente:	Volcán Compañía Minera S.A.C.		
Nº de muestra / Prof.(m):	M-1 / 1.00	Nº Informe de Lab:	AP-218-12E
Cantera / Zona:	A	Nº de Proyecto:	PEVC00238
Solicitado por:	Ing. César A. Franela León	Fecha:	14-Jul-17
Ubicación:	—		

Clasificación SUCS: SM

Estado: Remoldeado (D.S. = 1,788gr/cm³, w = 11,2%)



Nota: Los especímenes fueron remoldeado con una Densidad Seca = 1,799gr/cm³, Humedad = 11,2%. Los datos para el remoldeo fueron indicados por el cliente.

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Grado de compactación: Bajo Medio Alto Elevado


CARLOS HUGO SOTOMAYOR
 INGENIERO CIVIL
 Jun. del Colegio de Ingenieros del Perú

Realizado por:

TBP

Ingresado por:

JCA

Revisado por:

TCM

Fecha:

14-Jul-17

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:	Supervisión de la Construcción del Reemplazamiento de La Peca de Relaves Marh Tunel		
Cliente:	Volcán Compañía Minera S.A.C.		
Nº de muestra / Prof.(m):	M-1 / 1.00	Nº Informe de Lab:	AP-218-12E
Cantera / Zona:	A	Nº de Proyecto:	PEVC00238
Solicitado por:	Ing. César A Franola León	Fecha:	14-Jul-17
Ubicación:	—		

Clasificación SUCS: SM

Estado: Remoldeado (D.S. = 1,789gr/cm³, w = 11,2%)

PANEL FOTOGRAFICO



Nota: Los especímenes fueron remoldeado con una Densidad Seca = 1,799gr/cm³, Humedad = 11,2%
Los datos para el remoldeo fueron indicados por el cliente.

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Grado de compactación: Bajo Medio Alto Elevado

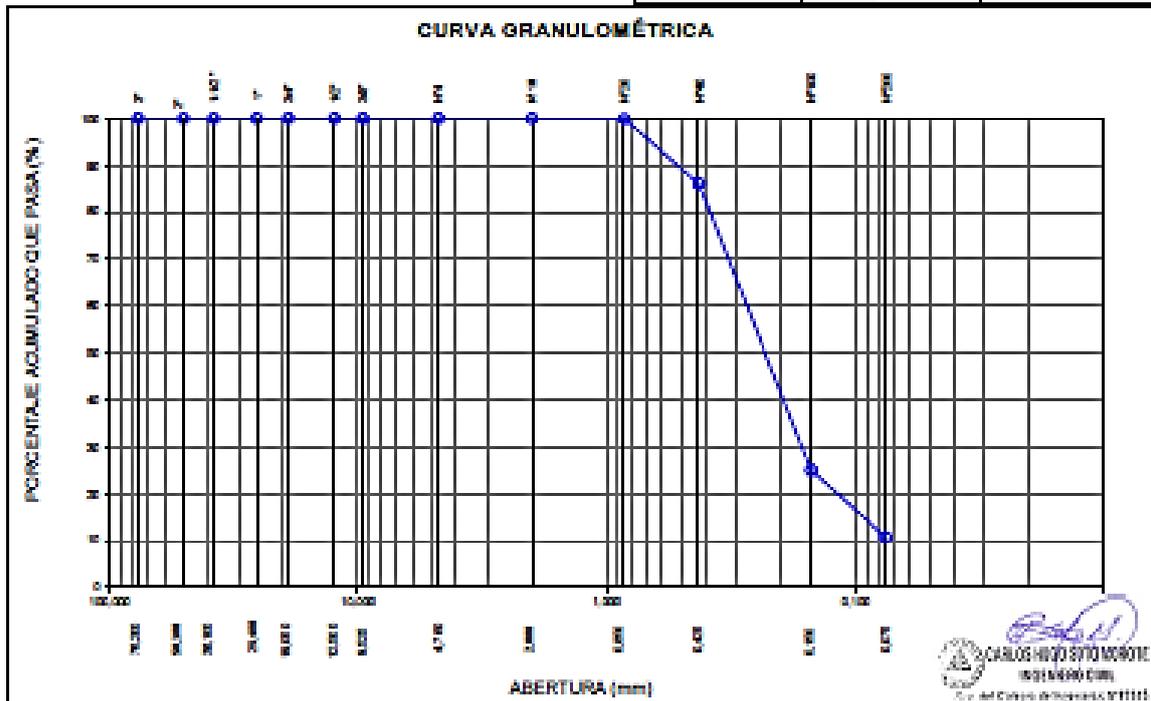

CARLOS MUJICA SOTO TORO
INGENIERO CIVIL
C.O. Nº 1000 de Ingeniería Civil

Realizado por: TBP Ingresado por: JCA Revisado por: TOM Fecha: 14-Jul-17

Nombre del Proyecto: Supervisión de la Construcción del Reemplazo de La Praca de Relaves Marh Tunel
 Cliente: Volcán Compañía Minera S.A.C.
 Nº de muestra / Prof. (m): M-2 / 1.00 N° Informe Lab : AP-218-12E
 Descripción / Zona: B N° de Proyecto: PEVC00238
 Solicitado por: Ing. César A Franela León Fecha: 07-Jul-17
 Ubicación: —

Partículas >3" (%): —
 Grava (%): — D10: 0,16
 Arena (%): 89,2 D30: 0,27
 Limos y Arcillas (%): 10,8 Cu: —
 Cc: —
 Límites de Atterberg:
 LL (%): NP
 LP (%): NP
 IP (%): NP
 Humedad (%): 10,9
 Clasificación SUCS: SP-SM
 Arena pobremente gradada con limo

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,800	100,0
1 1/2"	38,100	100,0
1"	25,400	100,0
3/4"	19,050	100,0
1/2"	12,500	100,0
3/8"	9,525	100,0
Nº4	4,760	100,0
Nº10	2,000	100,0
Nº20	0,850	99,9
Nº40	0,425	88,2
Nº100	0,150	24,9
Nº200	0,075	10,8



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Ausenco Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Ausenco Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por: AG Ingresado por: JCA Revisado por: TOM Laboratorio: AP-218-12E

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto: **Supervisión de la Construcción del Reemplazo de La Peca de Relaves Marh Tunel**

Cliente: **Volcán Compañía Minera S.A.C.**

Nº de muestra / Prof. (m): **M-2 / 1.00**

Nº Informe Lab : **AP-218-12E**

Descripción / Zona: **B**

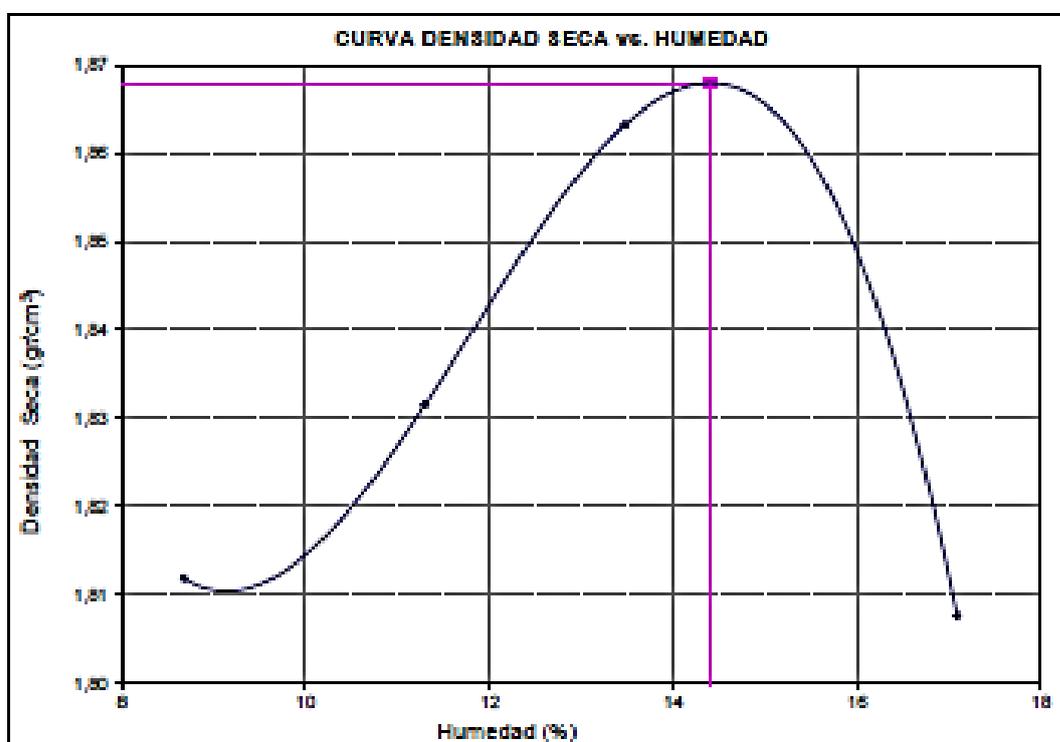
Nº de Proyecto: **PEVC00239**

Solicitado por: **Ing. César A. Franola León**

Fecha: **07-Jul-17**

Ubicación: **—**

Prueba Nº	1	2	3	4	5	6
Densidad seca (gr/cm^3)	1,812	1,832	1,863	1,808		
Humedad(%)	8,7	11,3	13,5	17,1		



Máxima Densidad Seca (gr/cm^3)	1,863
Óptimo Contenido de Humedad (%)	14,4

Fracción Sobre tamaño	
GS (Bulk)	-
w(%)	-

Máx. Dens. Seca Corregida (gr/cm^3)	-
Opt. Cont. de Humedad Corregida (%)	-

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Ausenco Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Ausenco Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

AG

Ingresado por:

JCA

Revisado por:

TOM

Laboratorio:

AP-218-12E

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto: **Supervisión de la Construcción del Recrecolimiento de La Presa de Relaves Marh Tunnel**

Cliente: **Volcán Compañía Minera S.A.C.**

Nº de muestra / Prof. (m): **M-2 / 1.00**

Nº Informe Lab : **AP-218-12E**

Descripción / Zona: **B**

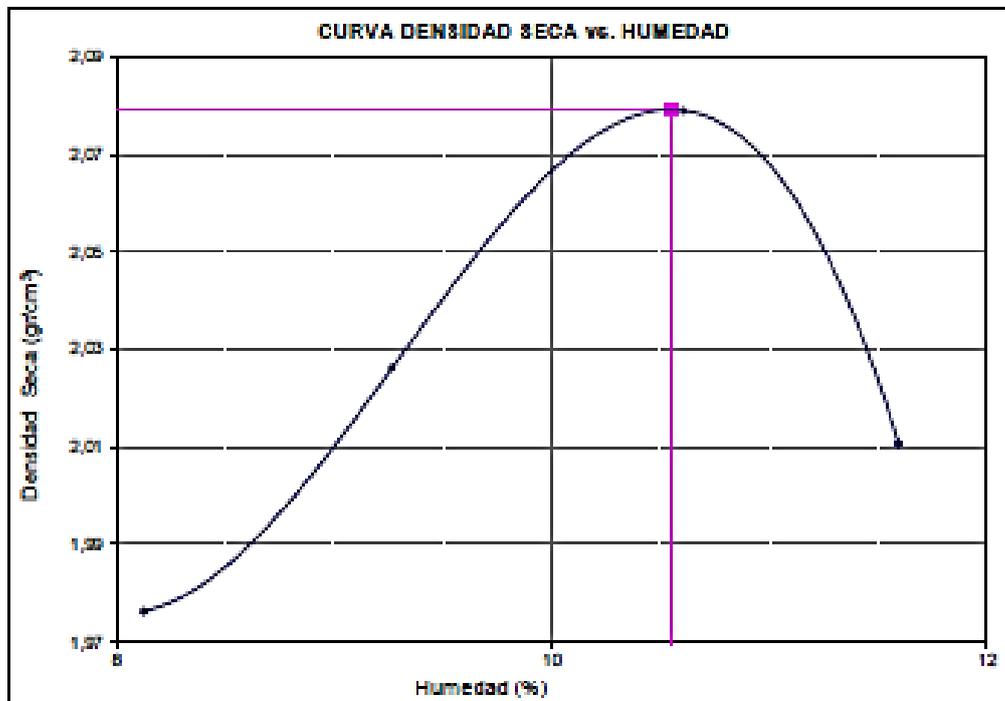
Nº de Proyecto: **PEVC00238**

Solicitado por: **Ing. César A Franola León**

Fecha: **07-Jul-17**

Ubicación: **—**

Prueba Nº	1	2	3	4	5	6
Densidad seca (gr/cm^3)	1,975	2,026	2,079	2,011		
Humedad(%)	8,1	9,3	10,6	11,6		



Máxima Densidad Seca (gr/cm^3)	2,079
Óptimo Contenido de Humedad (%)	10,5

Fracción Sobre tamaño	
G3 (Bulk)	=
w(%)	=

Más. Dens. Seca Corregida (gr/cm^3)	—
Opt. Cont. de Humedad Corregida (%)	—

Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Ausenco Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Ausenco Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

AG

Ingresado por:

JCA

Revisado por:

TOM

Laboratorio:

AP-218-12E

Nombre del Proyecto	Supervisión de la Construcción del Reareamiento de La Peca de Relaves Marh Tunel		
Cliete:	Volcán Compañía Minera S.A.C.		
Nº de muestra / Prof. (m):	M-2 / 1,00	Nº Informe Lab : AP-218-12E	
Descripción / Zona:	B	Nº de Proyecto: PEVC00288	
Solicitado por:	Ing. César A. Franola León	Fecha: 07-Jul-17	
Ubicación:	---		

Estado de la muestra: Remoldeada al 85% P.E de la Max Dens seca = 1,888 gr/cm³ y w = 14,4 %
 Clasificación SUCS: SP-SM
 Confinamiento efectivo: 200 kPa

Datos del Encayo

Díámetro (cm)	7,09	Densidad inicial seca (gr/cm ³)	1,78	Densidad final seca (gr/cm ³)	1,79
Altura (cm)	14,56	Humedad inicial (%)	14,2	Humedad final (%)	21,9
Gravedad de Sólidos	2,97	Saturación inicial (%)	62,8	Saturación final (%)	98

Cálculo del Parámetro B

Presión de Poros PSI	Presión de Carga PSI	B
41,0	41,5	0,93
43,8	44,5	

Medición del Coeficiente de Permeabilidad

Nº	Gradiente (Dhf)	Vol (V) (cm ³)	Caudal (Q) (cm ³ /seg)	Perm. (K _v) (cm/seg)	T °C	KT20°C (cm/seg)
1	1,68	0,30	6,00E-02	2,75E-04	23	2,58E-04
2	1,63	0,30	6,00E-02	2,78E-04	23	2,61E-04
3	1,58	0,40	8,00E-02	3,76E-04	23	3,53E-04
4	1,52	0,40	8,00E-02	3,83E-04	23	3,59E-04
5	1,46	0,50	1,00E-01	4,88E-04	23	4,57E-04
Promedio	1,57	0,38		3,6E-04	22,7	3,4E-04



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

Ensayo de carga variable.

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Grado de compactación: Bajo Medio Alto Elevado

Realizado por: DCMR Ingresado por: JCA Revisado por: TOM Laboratorio: AP-218-12E

Calle Pedro Andino 227, Chorrillos, Lima, (51-1) 286-7874, Fax (51-1) 203-4830, www.ausenco.com

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto: **Supervisión de la Construcción del Reacomilamiento de La Preca de Relaves Marh Tunel**

Cliente: **Volcán Compañía Minera S.A.C.**

Nº de muestra / Prof.(m): **M-2 / 1.00**

Nº Informe de Lab: **AP-218-12E**

Cantera / Zona: **B**

Nº de Proyecto: **PEVC00288**

Solicitado por: **Ing. César A. Franco León**

Fecha: **17-Jul-17**

Ubicación: **—**

Clasificación SUCS: SP-SM

Estado: Remoldeado 95% P.E. (M.D.S. = 1,888gr/cm³, O.C.H. = 14,4%)

Etapas de consolidación	Inicial	Final	Velocidad (pulg/min)	0,01
Altura (cm)	14,55	14,44	Parámetro "B"	0,97
Diámetro (cm)	7,08	7,06	Presión de celda (kPa)	676
Humedad (%)	14,40	21,90	Contra presión (kPa)	276
Densidad seca (gr/cc)	1,777	1,807	Est. Efect. Inicial (kPa)	400

Deformación (%)	Est. Desv. (kPa)	μ (kPa)	s_u (kPa)	s_v (kPa)	\bar{p} (kPa)	\bar{q} (kPa)	\bar{q}/\bar{p}	Oblicuidad (s _v /s _u)
0.00	0.00	0.00	400.00	400.00	400.00	0.00	0.00	1.00
0.05	40.12	6.89	393.11	433.23	413.17	20.06	0.05	1.10
0.10	102.25	18.62	381.38	483.63	432.51	51.12	0.12	1.27
0.20	186.13	36.54	363.46	549.59	456.52	93.07	0.20	1.51
0.35	327.62	69.64	330.36	657.99	494.18	163.81	0.33	1.99
0.50	438.25	91.01	308.99	747.24	528.11	219.13	0.41	2.42
0.75	593.81	112.38	287.62	861.43	584.52	296.91	0.51	3.06
1.00	707.83	119.28	280.72	988.56	634.64	353.92	0.56	3.52
1.25	787.91	115.14	284.86	1072.77	678.81	393.96	0.58	3.77
1.50	849.10	104.11	295.89	1144.99	720.44	424.56	0.59	3.87
1.75	926.94	103.42	296.58	1223.52	760.06	463.47	0.61	4.13
2.00	936.17	94.46	305.54	1241.72	773.63	468.09	0.61	4.06
2.50	1000.48	75.84	324.16	1324.63	824.40	500.24	0.61	4.09
3.09	1068.84	62.05	337.96	1406.78	872.37	534.42	0.61	4.16
3.62	1117.41	51.71	348.29	1465.70	906.99	558.70	0.62	4.21
4.00	1150.16	40.68	359.32	1509.48	934.40	575.08	0.62	4.20
4.50	1190.87	31.72	368.28	1559.15	963.72	595.43	0.62	4.23
5.00	1221.04	17.93	382.07	1603.11	992.59	610.52	0.62	4.20
6.05	1277.60	-0.69	400.69	1678.29	1039.49	638.80	0.61	4.19
7.00	1320.03	-15.17	415.17	1735.20	1075.18	660.01	0.61	4.18
8.00	1353.75	-27.58	427.58	1781.33	1104.46	676.88	0.61	4.17
9.00	1381.68	-35.16	435.16	1816.84	1126.00	690.84	0.61	4.18
10.00	1397.71	-43.44	443.44	1841.15	1142.29	698.86	0.61	4.15
11.00	1407.48	-49.64	449.64	1857.13	1153.38	703.74	0.61	4.13
12.00	1408.98	-55.85	455.85	1864.83	1160.34	704.49	0.61	4.09
13.00	1402.57	-59.98	459.98	1862.55	1161.27	701.28	0.60	4.06
14.00	1377.65	-62.74	462.74	1840.39	1151.57	688.82	0.60	3.98
15.00	1314.74	-62.05	462.05	1776.80	1119.42	657.37	0.59	3.86

Nota: Los especímenes fueron remoldeado al 95% del Proctor Estándar con una Máxima Densidad Seca = 1,775gr/cm³, con el Óptimo Contenido Humedad = 14,4%

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Grado de compactación: Bajo Medio Alto Elevado


CARLOS HUGO SOTOMAYOR
 INGENIERO CIVIL
 Aut. del Colegio de Ingenieros del Perú

Realizado por: **TBP**

Ingresado por: **JCA**

Revisado por: **TOM**

Fecha: **17-Jul-17**

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto: Supervisión de la Construcción del Reacomilamiento de La Preca de Relaves Marh Tunel

Cliente: Volcán Compañía Minera S.A.C.

Nº de muestra / Prof.(m): M-2 / 1.00

Nº Informe de Lab: AP-218-12E

Cantera / Zona: B

Nº de Proyecto: PEVC00288

Solicitado por: Ing. César A. Franela León

Fecha: 17-Jul-17

Ubicación: —

Clasificación SUCS: SP-SM

Estado: Remoldeado 95% P.E. (M.D.S. = 1,888gr/cm³, O.C.H. = 14,4%)

Etapas de consolidación	Inicial	Final	Velocidad (pulg/min)	
Altura (cm)	14,56	14,49	0,01	
Diámetro (cm)	7,09	7,07	Parámetro "B"	0,97
Humedad (%)	14,40	21,54	Presión de celda	kPa 476
Densidad seca (gr/cc)	1,773	1,794	Contra presión	kPa 276
			Esf. Efect. Inicial	kPa 200

Deformación (%)	Esf. Desv. kPa	μ kPa	σ_1 kPa	σ_3 kPa	\bar{p} kPa	\bar{q} kPa	\bar{q}/\bar{p}	Distorsión (s _v /s _h)
0.00	0.00	0.00	200.00	200.00	200.00	0.00	0.00	1.00
0.05	44.11	8.27	191.73	236.83	213.78	22.05	0.10	1.23
0.10	85.68	16.55	183.45	269.13	226.29	42.84	0.19	1.47
0.20	138.69	27.58	172.42	311.12	241.77	69.35	0.29	1.80
0.35	232.54	39.99	160.01	392.55	276.28	116.27	0.42	2.45
0.50	308.29	42.75	157.26	466.54	311.90	154.64	0.50	2.97
0.75	443.74	35.85	164.15	607.89	386.02	221.87	0.57	3.70
1.00	560.77	21.37	178.63	738.40	459.01	280.39	0.61	4.14
1.25	656.04	1.38	198.62	854.66	526.64	328.02	0.62	4.30
1.50	734.61	-19.31	219.31	953.92	586.61	367.31	0.63	4.36
1.75	785.91	-35.16	235.16	1021.08	628.12	392.96	0.63	4.34
2.00	828.27	-48.95	248.95	1077.23	663.09	414.14	0.62	4.33
2.50	895.94	-72.39	272.39	1168.34	720.37	447.97	0.62	4.29
3.00	945.49	-89.63	289.63	1235.12	762.38	472.75	0.62	4.26
3.50	989.01	-105.49	305.49	1294.50	799.99	494.50	0.62	4.24
4.00	1022.98	-117.21	317.21	1340.19	828.70	511.49	0.62	4.22
4.50	1049.72	-128.24	328.24	1377.96	853.10	524.86	0.62	4.20
5.00	1073.32	-137.21	337.21	1410.53	873.87	536.66	0.61	4.18
6.00	1108.31	-151.68	351.68	1459.99	906.84	554.15	0.61	4.15
7.00	1134.60	-162.72	362.72	1497.32	930.02	567.30	0.61	4.13
8.00	1152.67	-172.37	372.37	1525.04	948.70	576.34	0.61	4.10
9.00	1161.31	-178.57	378.57	1539.88	959.23	580.65	0.61	4.07
10.00	1168.06	-184.09	384.09	1552.14	968.11	584.02	0.60	4.04
11.00	1169.41	-187.54	387.54	1555.94	972.24	584.70	0.60	4.02
12.00	1167.96	-190.30	390.30	1558.24	974.27	583.97	0.60	3.99
13.00	1163.96	-192.36	392.36	1556.32	974.34	581.98	0.60	3.97
14.00	1154.38	-193.74	393.74	1548.12	970.93	577.19	0.59	3.93
15.00	1131.31	-193.05	393.05	1524.37	958.71	565.66	0.59	3.88

Nota: Los especímenes fueron remoldeado al 95% del Proctor Estándar con una Máxima Densidad Seca = 1,775gr/cm³, con el Óptimo Contenido Humedad = 14,4%

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Grado de compactación: Bajo Medio Alto Elevado


CARLOS WAJDA SOTO MORALES
INGENIERO CIVIL
C.O. de Ingenieros de la Universidad de Lima

Realizado por:

Ingresado por:

Revisado por:

Fecha:

TBP

JCA

TOM

17-Jul-17

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto: Supervisión de la Construcción del Reacondicionamiento de La Preca de Relaves Marh Tunel

Cliente: Volcán Compañía Minera S.A.C.

Nº de muestra / Prof.(m): M-2 / 1.00

Nº Informe de Lab: AP-218-12E

Cantera / Zona: B

Nº de Proyecto: PEVC00288

Solicitado por: Ing. César A. Franola León

Fecha: 17-Jul-17

Ubicación: —

Clasificación SUCS: SP-SM

Estado: Remoldeado 95% P.E. (M.D.S. = 1,888gr/cm³, O.C.H. = 14,4%)

Etapas de consolidación	Inicial	Final	Velocidad (pulg/min)	0,01
Altura (cm)	14,52	14,45	Parámetro "B"	0,97
Diámetro (cm)	7,09	7,07	Presión de celda	376
Humedad (%)	14,40	21,17	Contra presión	276
Densidad seca (gr/cc)	1,779	1,798	Esf. Efect. Inicial	100

Deformación (%)	Esf. Desv. kPa	μ kPa	ϵ_v kPa	ϵ_h kPa	\bar{p} kPa	\bar{q} kPa	\bar{q}/\bar{p}	Oblicuidad (σ_1/σ_3)
0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	1.00
0.05	31.27	6.21	93.79	125.07	109.43	15.64	0.14	1.33
0.10	55.49	12.41	87.59	143.08	115.34	27.75	0.24	1.63
0.20	89.26	19.99	80.01	169.27	124.64	44.63	0.36	2.12
0.35	144.03	28.20	73.80	217.83	145.82	72.02	0.49	2.95
0.50	192.09	25.51	74.49	266.58	170.54	96.05	0.56	3.58
0.75	290.28	15.17	84.83	375.11	229.97	145.14	0.63	4.42
1.00	378.32	-1.38	101.38	479.70	290.54	189.16	0.65	4.73
1.25	448.45	-18.62	119.62	567.07	342.84	224.23	0.65	4.78
1.50	503.82	-34.47	134.47	638.29	386.38	251.91	0.65	4.75
1.75	555.00	-49.64	149.64	704.64	427.14	277.50	0.65	4.71
2.00	596.92	-62.05	162.05	758.97	460.51	298.46	0.65	4.68
2.50	654.17	-84.12	184.12	848.28	516.20	332.08	0.64	4.61
3.00	722.23	-102.73	202.73	924.96	563.85	361.11	0.64	4.56
3.50	767.19	-117.90	217.90	985.09	601.49	383.59	0.64	4.52
4.00	808.05	-131.00	231.00	1039.05	635.03	404.02	0.64	4.50
4.50	841.62	-142.03	242.03	1083.66	662.84	420.81	0.63	4.48
5.00	872.85	-151.69	251.69	1124.55	688.12	436.43	0.63	4.47
6.00	913.97	-167.54	267.54	1181.52	724.53	456.99	0.63	4.42
7.19	946.35	-181.33	281.33	1227.68	754.51	473.17	0.63	4.36
8.00	961.07	-188.92	288.92	1249.98	769.46	480.53	0.62	4.33
9.00	975.28	-195.81	295.81	1271.09	783.46	487.64	0.62	4.30
10.00	983.23	-201.33	301.33	1284.56	792.94	491.61	0.62	4.26
11.00	985.32	-205.46	305.46	1290.78	798.12	492.66	0.62	4.23
12.00	984.12	-208.91	308.91	1293.04	800.97	492.06	0.61	4.19
13.00	970.48	-211.67	311.67	1282.14	796.91	486.24	0.61	4.11
14.00	946.26	-210.98	310.98	1257.24	784.11	473.13	0.60	4.04
15.05	937.66	-208.22	308.22	1245.88	777.05	468.83	0.60	4.04

Nota: Los especímenes fueron remoldeado al 95% del Proctor Estándar con una Máxima Densidad Seca = 1,775gr/cm³, con el Óptimo Contenido Humedad = 14,4%

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Grado de compactación: Bajo Medio Alto Elevado


CARLOS HUGO SOTO MORANTE
 INGENIERO CIVIL
 C.O. del Colegio de Ingenieros N.º 11114

Realizado por:

Ingresado por:

Revisado por:

Fecha:

TBP

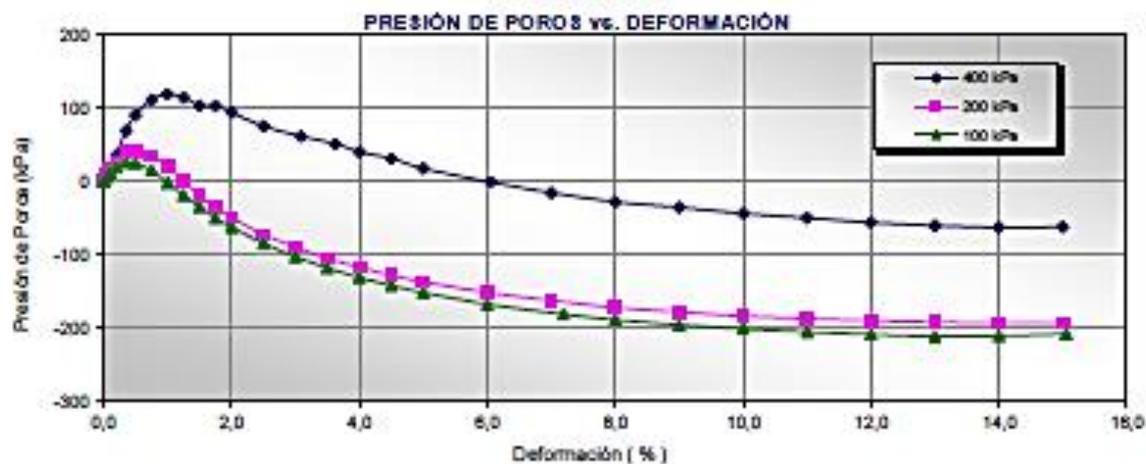
JCA

TDM

17-Jul-17

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:	Supervisión de la Construcción del Reacondicionamiento de La Peca de Relaves Marh Tunnel		
Cliente:	Voloán Compañía Minera S.A.C.		
Nº de muestra / Prof.(m):	M-2 / 1.00	Nº Informe de Lab:	AP-218-12E
Cantera / Zona:	B	Nº de Proyecto:	PEVC00288
Solicitado por:	Ing. César A Franela León	Fecha:	17-Jul-17
Ubicación:	—		



Nota: Los especímenes fueron remoldeado al 95% del Proctor Estándar con una Máxima Densidad Seca = 1,775gr/cm³, con el Óptimo Contenido Humedad = 14,4%

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Grado de compactación: Bajo Medio Alto Elevado


CARLOS RUZO SOTOMAYOR
 INGENIERO CIVIL
Colegio de Ingenieros y Arquitectos del Perú

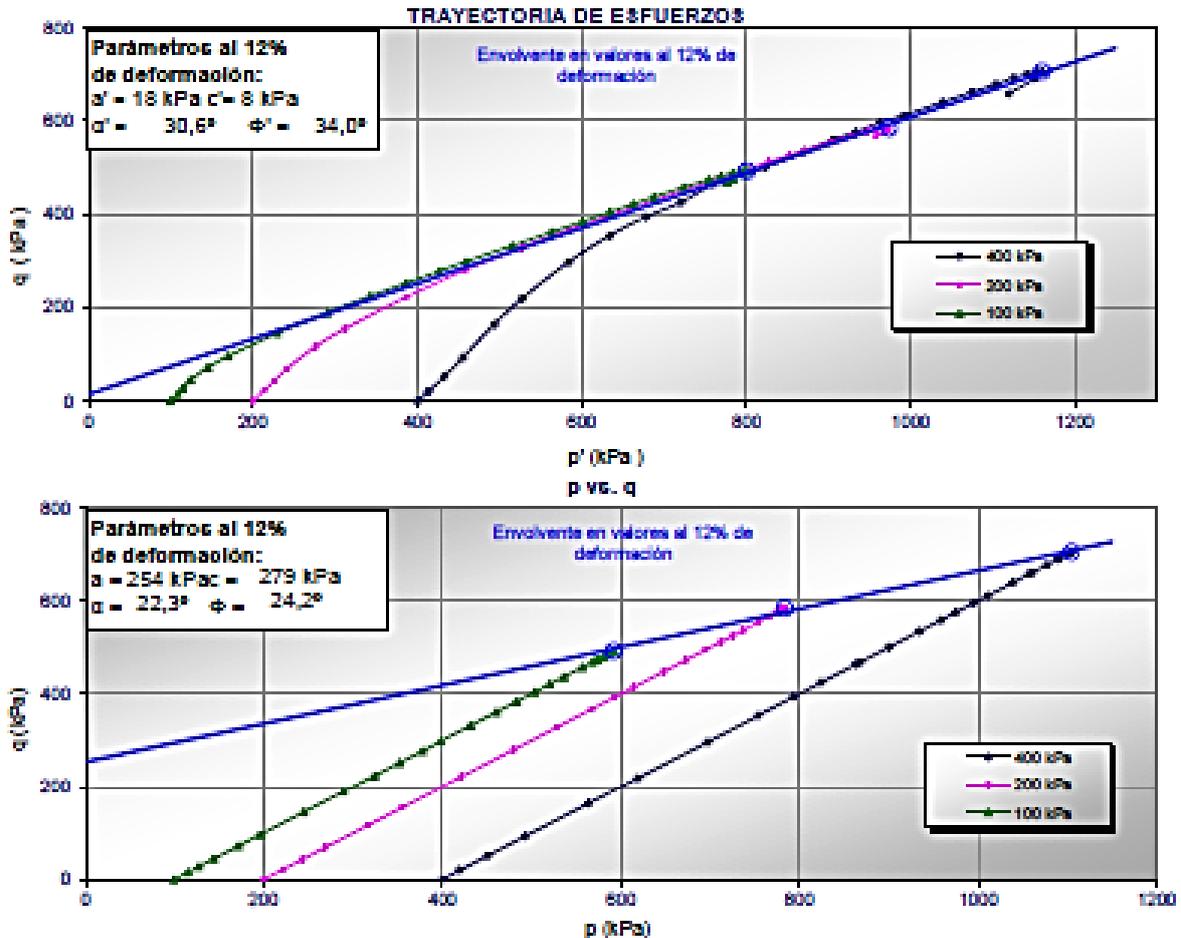
Realizado por: TBP Ingresado por: JCA Revisado por: TCM Fecha: 17-Jul-17

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:	Supervisión de la Construcción del Reareolamiento de La Presa de Relaves Marh Tunel		
Cilente:	Volcán Compañía Minera S.A.C.		
Nº de muestra / Prof.(m):	M-2 / 1.00	Nº Informe de Lab:	AP-218-12E
Carrera / Zona:	B	Nº de Proyecto:	PEVC00238
Solicitado por:	Ing. César A. Franela León	Fecha:	17-Jul-17
Ubicación:	—		

Clasificación SUCS: SP-SM

Estado: Remoldeado 95% P.E. (M.D.S. = 1,888gr/cm³, O.C.H. = 14,4%)



Nota: Los especímenes fueron remoldeado al 95% del Proctor Estándar con una Máxima Densidad Seca = - 1,775gr/cm³, con el Óptimo Contenido Humedad = 14,4%

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser re-interpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Grado de compactación: Bajo Medio Alto Elevado


CARLOS RAZO SORIANO
 INGENIERO CIVIL
Un. de Comercio de la Universidad PERU

Realizado por: TBP Ingresado por: JCA Revisado por: TCM Fecha: 17-Jul-17

LABORATORIO GEOTÉCNICO

Nombre del Proyecto:	Supervisión de la Construcción del Reemplazamiento de La Peca de Relaves Marh Tunel		
Cliente:	Volcán Compañía Minera S.A.C.		
Nº de muestra / Prof.(m):	M-2 / 1.00	Nº Informe de Lab:	AP-218-12E
Cantera / Zona:	B	Nº de Proyecto:	PEVC00238
Solicitado por:	Ing. César A Franela León	Fecha:	17-Jul-17
Ubicación:	—		

Clasificación SUCS: SP-SM

Estado: Remoldeado 95% P.E. (M.D.S. = 1,888gr/cm³, O.C.H. = 14,4%)

PANEL FOTOGRAFICO



Nota: Los especímenes fueron remoldeado al 95% del Proctor Estándar con una Máxima Densidad Seca = 1,775gr/cm³, con el Óptimo Contenido Humedad = 14,4%

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Grado de compactación: Bajo Medio Alto Elevado

Carlos Wajid Sotomayor
CARLOS WAJID SOTOMAYOR
INGENIERO CIVIL
C.O. del Colegio de Ingenieros # 11568

Realizado por: TBP Ingresado por: JCA Revisado por: TOM Fecha: 17-Jul-17

Nombre del Proyecto: Supervisión de la Construcción del Recrecolimiento de La Presa de Relavec Marsh Tunel
 Cliente: Volcán Compañía Minera S.A.C.
 N° de muestra / Prof. (m): M-3 / 1.00 N° Informe Lab : AP-218-12E
 Descripción / Zona: C N° de Proyecto: PEVC00239
 Solicitado por: Ing. César A Franela León Fecha: 18-Jul-17
 Ubicación: —

Partículas >3" (%): —

Grava (%): 47,1 D10: 0,19
 Arena (%): 30,0 D30: 0,76
 Limos y Arcillas (%): 22,9 Cc: —
 Cc: —

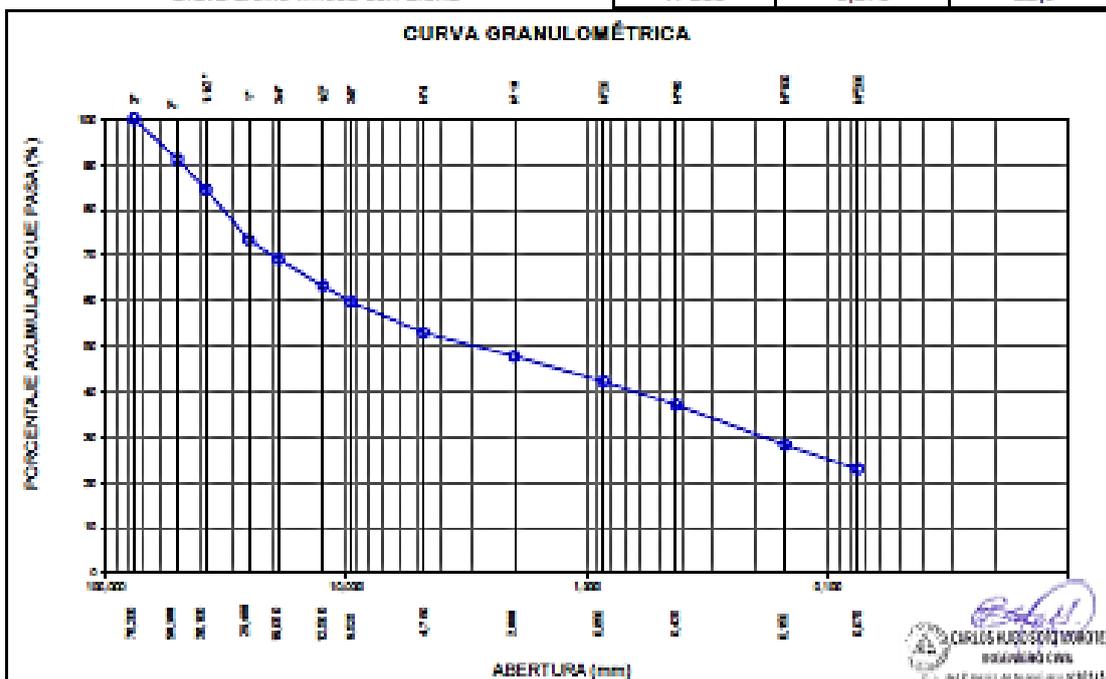
Límites de Atterberg:

LL (%): 17
 LP (%): 11
 IP (%): 6

Humedad (%): 3,9

Clasificación SUCS: GC-GM
 Grava arcillo-limosa con arena

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,300	91,1
1 1/2"	38,100	84,4
1"	25,400	73,4
3/4"	19,050	69,0
1/2"	12,500	63,3
3/8"	9,525	59,7
Nº4	4,760	52,9
Nº10	2,000	47,8
Nº20	0,850	42,1
Nº40	0,425	37,1
Nº100	0,150	28,2
Nº200	0,075	22,9



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

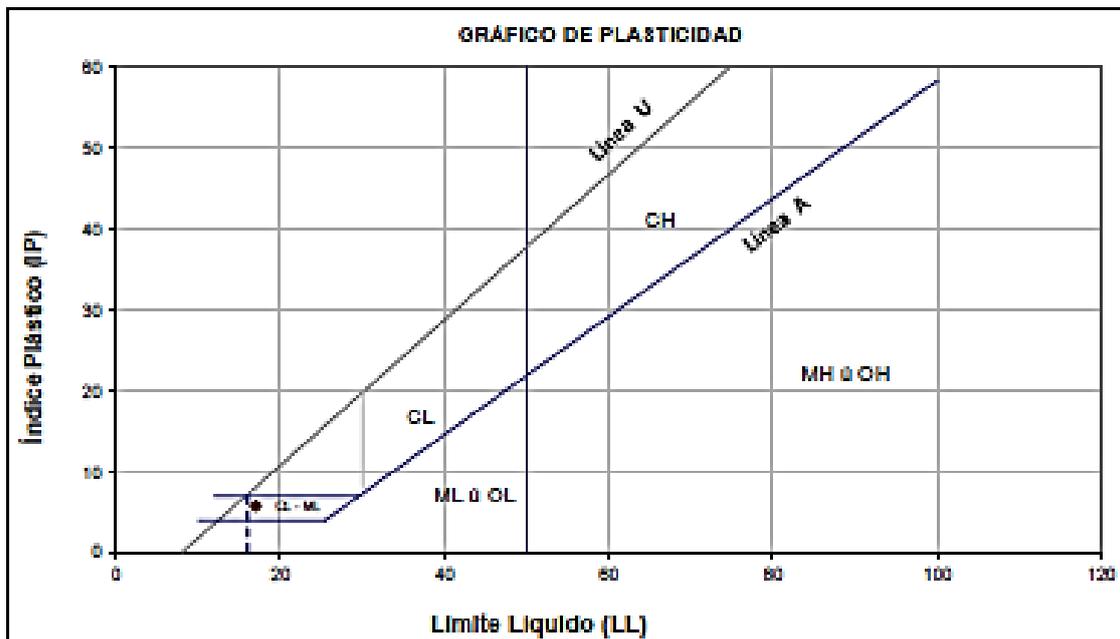
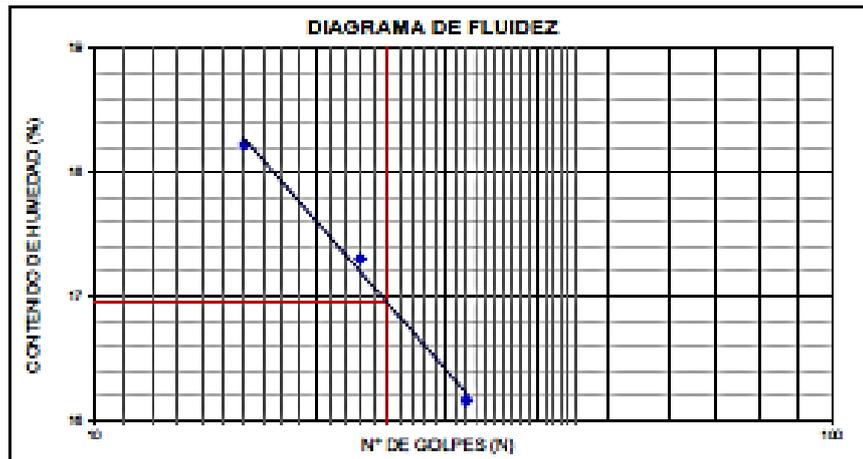
Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Ausenco Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Ausenco Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por: AG Ingresado por: JCA Revisado por: TOM Laboratorio: AP-218-12E

Nombre del Proyecto: Supervisión de la Construcción del Recreimiento de La Presa de Relavec Marh Tunel
 Cliente: Volcán Compañía Minera S.A.C.
 N° de muestra / Prof. (m): M-3 / 1.00 N° Informe Lab : AP-218-12E
 Descripción / Zona: C N° de Proyecto: PEVC00238
 Solicitado por: Ing. César A. Franela León Fecha: 18-Jul-17
 Ubicación: —

Límites de Atterberg

LL (%): 17
 LP (%): 11
 IP (%): 6



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Ausenco Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Ausenco Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por: JF Ingresado por: JCA Revisado por: TOM Laboratorio: AP-218-12E

Nombre del Proyecto: Supervisión de la Construcción del Reacomienso de La Precia de Relaves Marb Tunel

Cliente: Volcán Compañía Minera S.A.C.

Nº de muestra / Prof (m): M-3 / 1.00

Nº Informe de Lab: AP-218-12E

Descripción / Zona: C

Nº de Proyecto: PEVC00238

Solicitado por: Ing. César A. Franola León

Fecha: 28-Jul-17

Ubicación: —

Clasificación SUCS: GC-GM

Estado : Remoldeado (D.S. = 2,223gr/cm³, w = 8,8%)

Etapa de consolidación	Inicial	Final
Altura (cm)	21,40	21,32
Diámetro (cm)	10,17	10,07
Humedad (%)	8,90	8,07
Densidad seca (gr/cc)	2,221	2,273

Velocidad (pulg/min)	0,01
Parámetro "E"	0,05
Presión de celda (kPa)	607
Contra presión (kPa)	207
Esf. Efect. Inicial (kPa)	400

Deformación (%)	Esf. Dev. (kPa)	μ (kPa)	$\bar{\sigma}_1$ (kPa)	$\bar{\sigma}_3$ (kPa)	\bar{p} (kPa)	\bar{q} (kPa)	\bar{q}/\bar{p}	Obl. (gr/ho)
0,00	0,00	0,00	400,00	400,00	400,00	0,00	0,00	1,00
0,05	112,27	4,38	395,62	507,60	451,78	58,14	0,12	1,28
0,10	227,38	13,24	388,78	614,12	500,44	113,68	0,23	1,50
0,20	352,09	27,08	379,92	725,92	549,42	178,50	0,32	1,65
0,35	542,45	48,01	351,99	894,44	623,22	271,23	0,44	2,54
0,50	602,71	63,13	338,87	1029,58	683,22	348,38	0,51	3,08
0,75	855,80	78,04	323,98	1179,78	751,88	427,90	0,57	3,84
1,00	972,58	81,08	318,92	1291,51	805,22	488,29	0,60	4,05
1,25	1024,67	80,97	319,03	1343,71	831,37	512,34	0,62	4,21
1,50	1073,81	78,82	321,38	1394,99	858,18	538,80	0,63	4,34
1,75	1093,50	78,58	323,44	1418,94	870,19	548,75	0,63	4,38
2,00	1118,72	73,28	328,74	1443,47	885,11	558,38	0,63	4,42
2,50	1138,48	68,22	331,78	1470,24	901,01	580,23	0,63	4,43
3,00	1151,98	63,12	336,88	1488,88	912,87	575,99	0,63	4,42
3,50	1185,17	59,25	340,75	1505,92	923,34	582,59	0,63	4,42
4,00	1177,48	54,52	345,48	1522,94	934,21	588,73	0,63	4,41
4,50	1187,37	50,93	349,07	1538,45	942,78	593,69	0,63	4,40
5,00	1188,78	48,77	351,23	1540,00	945,81	594,38	0,63	4,38
6,00	1198,92	42,75	357,25	1558,17	958,71	599,48	0,63	4,38
7,00	1215,20	37,08	362,94	1578,15	970,55	607,60	0,63	4,35
8,00	1229,15	31,94	368,08	1597,20	982,83	614,57	0,63	4,34
9,00	1240,70	27,34	372,68	1613,38	993,01	620,35	0,62	4,33
10,00	1251,47	23,47	376,53	1627,99	1002,28	625,73	0,62	4,32
11,00	1258,89	19,89	380,11	1637,00	1008,58	628,44	0,62	4,31
12,00	1283,93	17,39	382,61	1648,54	1014,57	631,97	0,62	4,30
13,00	1273,19	14,08	385,92	1659,11	1022,52	638,60	0,62	4,30
14,00	1278,19	11,77	388,23	1668,42	1027,32	639,09	0,62	4,29

Nota: Los especímenes fueron remoldeados con una Densidad Seca = 2,223gr/cm³, Humedad = 8,8%

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Grado de compactación: Bajo Medio Alto Elevado


CARLOS WAJNSZTEIN
INGENIERO CIVIL
C.O.T. del Colegio de Ingenieros #11111

Realizado por: HEV Ingresado por: JCA Revisado por: TOM Fecha: 28-Jul-17

Nombre del Proyecto: Supervisión de la Construcción del Reemplazo de La Presa de Relaves Marb Tunel

Cliente: Volcán Compañía Minera S.A.C.

Nº de muestra / Prof (m): M-3 / 1.00

Nº Informe de Lab: AP-218-12E

Descripción / Zona: C

Nº de Proyecto: PEVC00238

Solicitado por: Ing. César A Franela León

Fecha: 28-Jul-17

Ubicación: —

Clasificación SUCS: GC-GM

Estado : Remoldeado (D.S. = 2,223gr/cm³, w = 8,9%)

Etapa de consolidación	Inicial	Final
Altura (cm)	21,40	21,35
Diámetro (cm)	10,17	10,11
Humedad (%)	8,90	8,54
Densidad seca (gr/cc)	2,221	2,253

Velocidad (pulg/min)	0,01
Parámetro "B"	0,95
Presión de celda (kPa)	407
Contra presión (kPa)	207
Est. Efect. Inicial (kPa)	200

Deformación (%)	Est. Dev. (kPa)	p (kPa)	σ ₁ (kPa)	σ ₃ (kPa)	P (kPa)	q (kPa)	τ/q (p)	Oblicuidad (gr/ho)
0,00	0,00	0,00	200,00	200,00	200,00	0,00	0,00	1,00
0,05	62,55	4,63	195,37	257,91	228,84	31,27	0,14	1,32
0,10	137,34	13,41	188,59	323,93	255,28	68,67	0,27	1,74
0,20	239,37	24,28	175,72	415,09	295,40	119,68	0,41	2,38
0,35	345,29	32,40	167,60	512,69	340,25	172,65	0,51	3,08
0,50	450,39	35,59	164,41	614,80	389,60	225,20	0,58	3,74
0,75	554,74	33,70	166,30	721,04	443,87	277,37	0,63	4,34
1,00	623,38	28,21	171,79	795,17	483,48	311,69	0,64	4,63
1,25	652,81	23,33	176,67	829,47	503,07	326,40	0,65	4,70
1,50	678,98	17,33	182,67	869,64	521,15	338,48	0,65	4,71
1,75	695,18	13,59	186,41	871,58	528,98	342,58	0,65	4,68
2,00	693,74	8,63	191,37	885,11	538,24	348,87	0,64	4,63
2,50	704,05	1,68	198,02	902,07	550,04	352,03	0,64	4,58
3,00	713,97	-3,03	203,03	917,00	560,01	358,99	0,64	4,52
3,50	719,63	-7,62	207,62	927,25	567,43	359,62	0,63	4,47
4,00	727,42	-11,34	211,34	938,78	575,05	363,71	0,63	4,44
4,50	735,18	-14,97	214,97	950,12	582,55	367,58	0,63	4,42
5,00	740,19	-17,51	217,51	957,70	587,81	370,09	0,63	4,40
6,00	753,77	-23,74	223,74	977,51	600,63	378,89	0,63	4,37
7,00	764,68	-29,20	229,20	993,68	611,54	382,34	0,63	4,34
8,00	771,22	-33,91	233,91	1005,13	619,52	385,61	0,62	4,30
9,00	778,00	-38,78	238,78	1016,77	627,78	389,00	0,62	4,26
10,00	783,07	-42,38	242,38	1025,45	633,92	391,54	0,62	4,23
11,00	789,68	-45,55	245,55	1035,40	640,48	394,93	0,62	4,22
12,00	793,87	-48,54	248,54	1042,41	645,48	398,93	0,61	4,19
13,00	800,24	-51,14	251,14	1051,38	651,28	400,12	0,61	4,19
14,00	804,19	-52,94	252,94	1057,13	655,03	402,10	0,61	4,18

Nota: Los especímenes fueron remoldeados con una Densidad Seca = 2,223gr/cm³, Humedad = 8,9%

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado

pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Grado de compactación: Bajo Medio Alto Elevado


CARLOS HUGO GUZMÁN
INGENIERO CIVIL
Aut. del Colegio de Ingenieros No. 91114

Realizado por:

HEV

Ingresado por:

JCA

Revisado por:

TDM

Fecha:

28-Jul-17

Nombre del Proyecto: Supervisión de la Construcción del Reemplazo de La Presa de Relaves Marh Tunel

Cliente: Volcán Compañía Minera S.A.C.

Nº de muestra / Prof (m): M-3 / 1.00

Nº Informe de Lab: AP-218-12E

Descripción / Zona: C

Nº de Proyecto: PEV000238

Solicitado por: Ing. César A Franela León

Fecha: 28-Jul-17

Ubicación: —

Clasificación SUCS: GC-GM

Estado: Remoldeado (D.S. = 2,223gr/cm³, w = 6,8%)

Etapa de consolidación	Inicial	Final
Altura (cm)	21,40	21,37
Diámetro (cm)	10,17	10,12
Humedad (%)	6,90	6,21
Densidad seca (gr/cc)	2,221	2,248

Velocidad (pulg/min)	0,01
Parámetro "B"	0,95
Presión de celda (kPa)	307
Contra presión (kPa)	207
Est. Efect. Inicial (kPa)	100

Deformación (%)	Esf. Desv. (kPa)	μ (kPa)	σ_a (kPa)	σ_1 (kPa)	p (kPa)	q (kPa)	$\tau/q/p$	Oblicuidad (gr/ho)
0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00	1,00
0,05	58,72	4,43	95,57	154,29	124,03	29,58	0,24	1,61
0,10	93,18	8,22	91,78	184,04	138,36	46,58	0,34	2,02
0,20	140,41	12,35	87,65	228,08	157,66	70,20	0,44	2,60
0,35	235,25	13,59	85,41	321,66	204,04	117,62	0,58	3,72
0,50	323,89	9,90	90,10	413,80	251,95	161,85	0,64	4,59
0,75	421,48	-0,25	100,25	521,73	310,09	210,74	0,68	5,20
1,00	474,55	-8,45	108,45	583,00	345,73	237,28	0,69	5,38
1,25	521,06	-19,95	119,95	641,02	380,48	260,53	0,68	5,34
1,50	537,83	-28,57	128,57	664,40	395,48	268,91	0,68	5,25
1,75	557,32	-34,90	134,90	692,22	413,58	278,66	0,67	5,13
2,00	568,41	-41,68	141,68	710,29	426,08	284,21	0,67	5,01
2,50	578,52	-51,33	151,33	729,84	440,59	289,28	0,66	4,82
3,00	581,83	-58,87	158,87	740,70	446,79	290,92	0,65	4,68
3,50	591,00	-64,61	164,61	755,61	460,11	295,50	0,64	4,59
4,00	592,52	-69,25	169,25	761,77	465,51	298,28	0,64	4,50
4,50	600,50	-73,52	173,52	774,02	473,77	300,25	0,63	4,46
5,00	600,45	-78,34	178,34	776,79	476,58	300,22	0,63	4,41
6,00	604,20	-82,03	182,03	788,23	484,13	302,10	0,62	4,32
7,00	618,80	-88,79	188,79	803,59	495,19	308,40	0,62	4,30
8,00	621,20	-90,55	190,55	811,75	501,15	310,60	0,62	4,28
9,00	637,83	-94,23	194,23	831,66	513,04	318,62	0,62	4,28
10,00	654,48	-97,62	197,62	852,08	524,65	327,23	0,62	4,31
11,00	669,60	-101,68	201,68	871,28	536,48	334,80	0,62	4,32
12,00	680,94	-105,02	205,02	885,66	545,49	340,47	0,62	4,32
13,00	689,60	-108,37	208,37	897,66	553,16	344,60	0,62	4,31
14,00	695,03	-110,41	210,41	905,44	557,93	347,51	0,62	4,30

Nota: Los especímenes fueron remoldeados con una Densidad Seca = 2,223gr/cm³, Humedad = 6,9%.

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Grado de compactación: Bajo Medio Alto Elevado


CARLOS HUGO SOTOMAYOR
 INGENIERO CIVIL
 Lic. Nº 12476 de Ingeniería Civil

Realizado por:

HEV

Ingresado por:

JCA

Revisado por:

TOM

Fecha:

28-Jul-17

Nombre del Proyecto: Supervisión de la Construcción del Reemplazo de La Presa de Relaves Marh Tunnel

Cliente: Volcán Compañía Minera S.A.C.

Nº de muestra / Prof (m): M-3 / 1.00

Nº Informe de Lab: AP-218-12E

Descripción / Zona: C

Nº de Proyecto: PEV000238

Solicitado por: Ing. César A Franela León

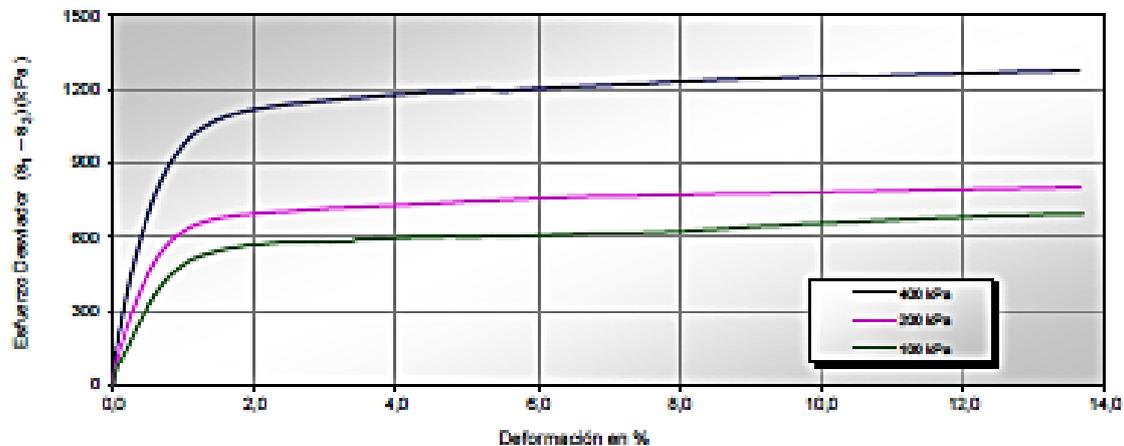
Fecha: 28-Jul-17

Ubicación: —

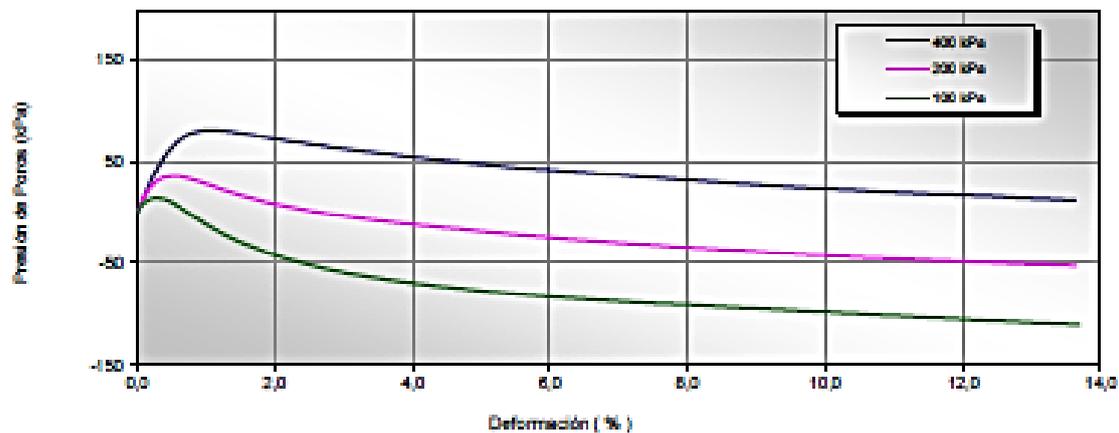
Clasificación SUCS: GC-GM

Eclado : Remoldeado (D.S. = 2,223gr/cm³, w = 6,8%)

ESFUERZO vs. DEFORMACIÓN



PRESIÓN DE POROS vs. DEFORMACIÓN



Nota: Los especímenes fueron remoldeados con una Densidad Seca = 2,223gr/cm³, Humedad = 6,8%

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Grado de compactación: Bajo Medio Alto Elevado


CARLOS HUGO SOTOMAYOR
INGENIERO CIVIL
C.R. del Colegio de Ingenieros #11102

Realizado por: HEY

Ingresado por: JCA

Revisado por: TDM

Fecha:

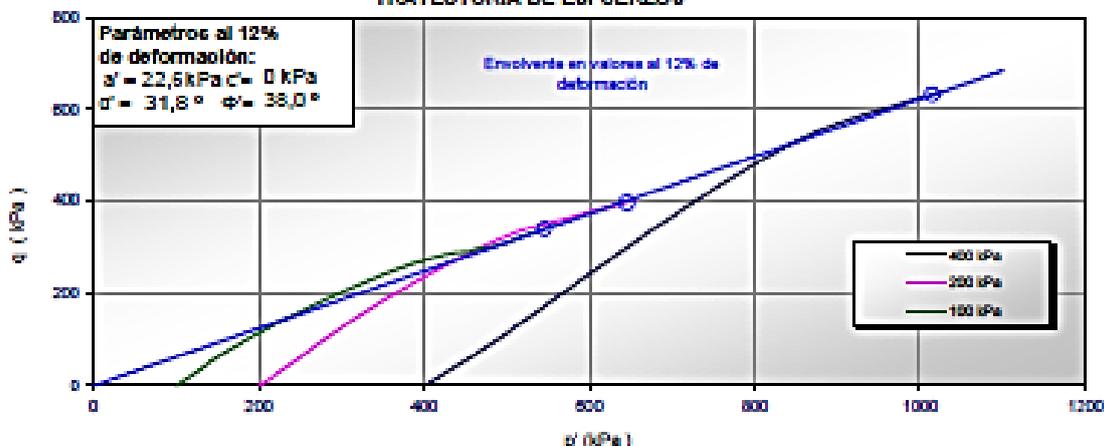
28-Jul-17

Nombre del Proyecto:	Supervisión de la Construcción del Reemplazo de La Presa de Relaves Marit Tunnel		
Cliente:	Voloán Compañía Minera S.A.C.		
Nº de muestra / Prof (m):	M-3 / 1.00	Nº Informe de Lab:	AP-218-12E
Descripción / Zona:	C	Nº de Proyecto:	PEVC00238
Solicitado por:	Ing. César A Franela León	Fecha:	28-Jul-17
Ubicación:	—		

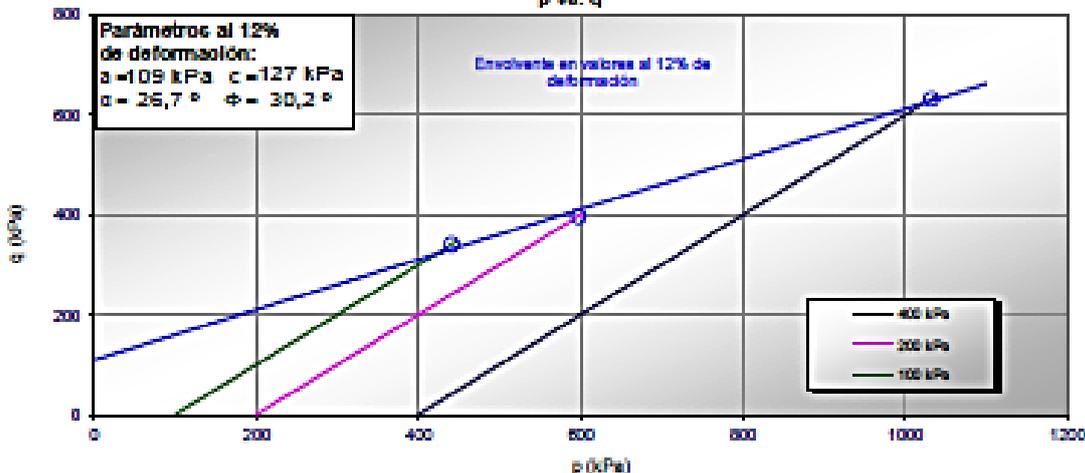
Clasificación SUCS: GC-GM

Estado : Remoldeado (D.S. = 2,223gr/cm³, w = 8,9%)

TRAYECTORIA DE ESFUERZOS



p vs. q



Nota: Los especímenes fueron remoldeados con una Densidad Seca = 2,223gr/cm³, Humedad = 8,9%

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Grado de compactación: Bajo Medio Alto Elevado


CARLOS HUGO SOTOMAYOR
 INGENIERO CIVIL
 C.O.T. del Colegio de Ingenieros No. 11132

Realizado por: HEV Ingresado por: JCA Revisado por: TOM Fecha: 28-Jul-17

Nombre del Proyecto: Supervisión de la Construcción del Reemplazo de La Peca de Relaves Marb Tunel

Cliente: Volcán Compañía Minera S.A.C.

Nº de muestra / Prof (m): M-3 / 1.00

Nº Informe de Lab: AP-218-12E

Descripción / Zona: C

Nº de Proyecto: PEVC00238

Solicitado por: Ing. César A Franao León

Fecha: 28-Jul-17

Ubicación: —

Clasificación SUCS: GC-GM

Estado: Remoldeado (D.S. = 2,223gr/cm³, w = 6.8%)

PANEL FOTOGRAFICO



Nota: Los especímenes fueron remoldeados con una Densidad Seca = 2,223gr/cm³, Humedad = 6,9%

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados podrían ser reinterpretados en caso de ser considerado pertinente por un profesional competente en geotecnia.

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Grado de compactación: Bajo Medio Alto Elevado

CARLOS WAJTO SOTOMONTE
INGENIERO CIVIL
C.O. de Ingenieros de la Universidad de Lima

Realizado por: HEV

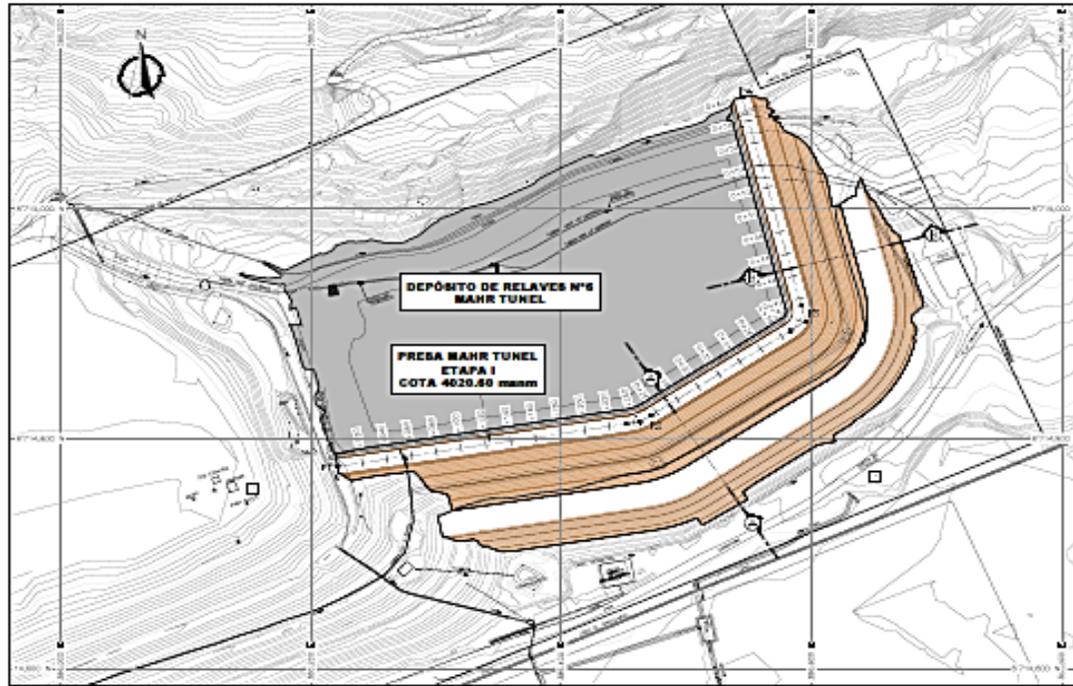
Ingresado por: JCA

Revisado por: CSM

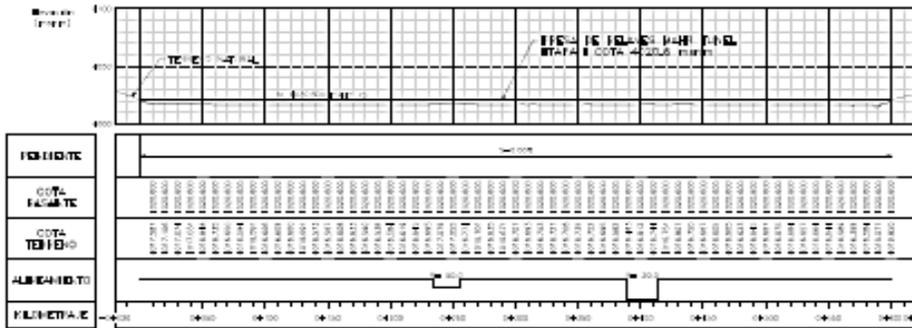
Fecha:

28-Jul-17

Anexo 2: PLANOS DE DISEÑO



PLANTA
Escala: 1:75000



PERFIL LONGITUDINAL
Escala: 1:75000

LEENDOS PARA PLANOS

SEÑALES PARA PLANOS

SEÑALES PARA PERFILES

SEÑALES PARA SECCIONES

COORDENADAS DE PUNTO DE CONTROL

CURVA	NORTE (E-T)	ESTE (E-T)	NORTE (P)	ESTE (P)	NORTE (T)	ESTE (T)	NORTE (E-T)	ESTE (E-T)
1	471862.21	388722.21	471872.46	388722.11	471872.47	388722.11	471862.21	388722.21
2	471862.21	388722.21	471872.46	388722.11	471872.47	388722.11	471862.21	388722.21

SECCIONES DE CURVA

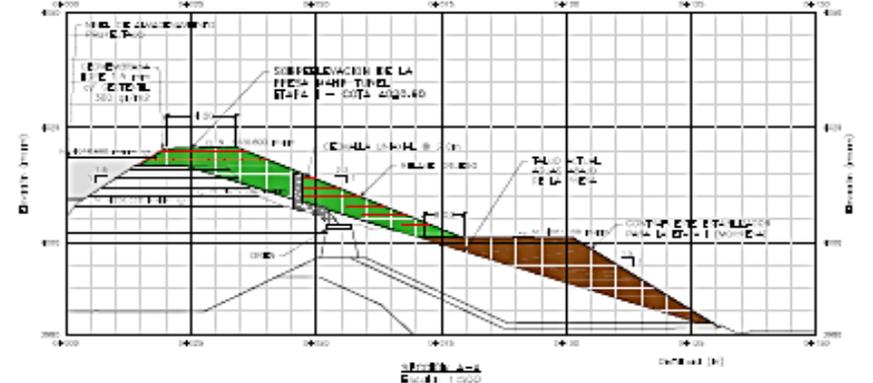
CURVA	NO. 1	NO. 2	NO. 3	NO. 4	NO. 5	NO. 6	NO. 7
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

COORDENADAS DE PUNTO DE CONTROL DE LA PRESA MAHR TUNEL

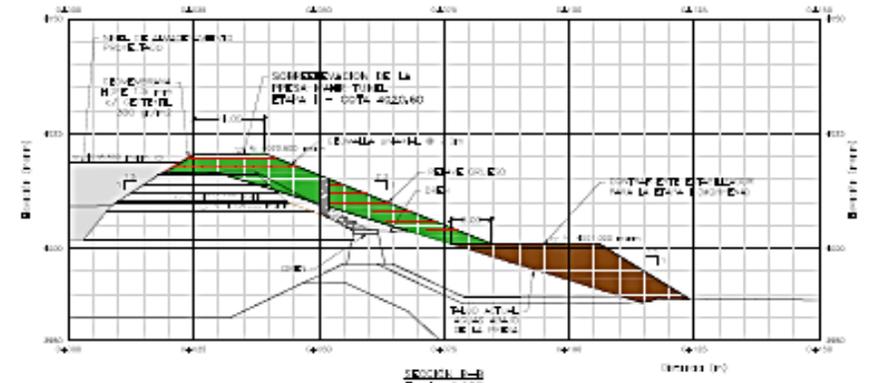
NO. PUNTO	NO. CONTROL						
1	1	2	3	4	5	6	7
2	8	9	10	11	12	13	14
3	15	16	17	18	19	20	21
4	22	23	24	25	26	27	28
5	29	30	31	32	33	34	35
6	36	37	38	39	40	41	42
7	43	44	45	46	47	48	49
8	50	51	52	53	54	55	56
9	57	58	59	60	61	62	63
10	64	65	66	67	68	69	70

COORDENADAS DE PUNTO DE CONTROL

NO. CONTROL	NORTE (E-T)	ESTE (E-T)	NORTE (P)	ESTE (P)
1	471872.47	388722.11	471872.47	388722.11
2	471872.47	388722.11	471872.47	388722.11
3	471872.47	388722.11	471872.47	388722.11
4	471872.47	388722.11	471872.47	388722.11
5	471872.47	388722.11	471872.47	388722.11
6	471872.47	388722.11	471872.47	388722.11
7	471872.47	388722.11	471872.47	388722.11
8	471872.47	388722.11	471872.47	388722.11
9	471872.47	388722.11	471872.47	388722.11
10	471872.47	388722.11	471872.47	388722.11

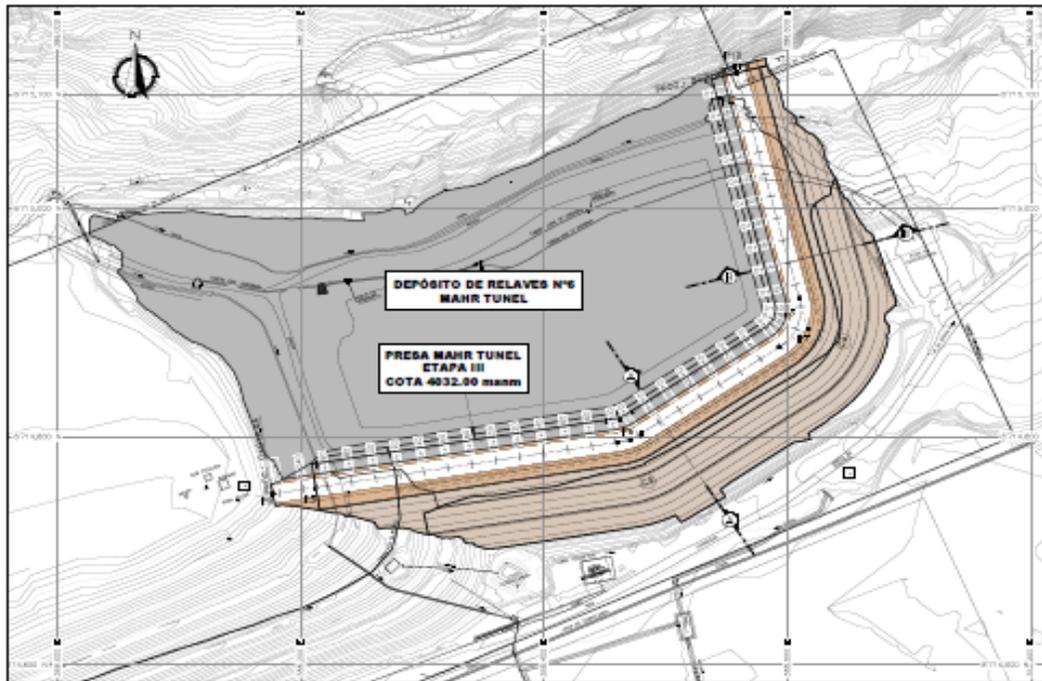


SECCION A-A
Escala: 1:5000



SECCION B-B
Escala: 1:5000

PROYECTO	RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES ETAPA I	FECHA	NOVIEMBRE 2017
CLIENTE	M.S.P.	HOJA	00
PROYECTANTE	S.C.L.	PROYECTO	PLANTA, PERFIL LONGITUDINAL Y SECCIÓN TÍPICA
PROYECTANTE	INDICADA	FECHA	NOVIEMBRE 2017
PROYECTANTE	INDICADA	PROYECTO	RMT-M-001



Planta
Escala: 1/2,000

LEGENDA DE CURVAS

- CURVA DE ROLLO SUPERFICIE EXTERNA
- CURVA DE ROLLO SUPERFICIE DEL PROYECTO
- CURVA DE ROLLO SUPERFICIE INT.
- CURVA DE ROLLO SUPERFICIE INT.
- GRUPO DE ROLLO

NOTAS:

- AREA DE YESO
- ALICATADO
- GRASA UNIFORME
- GRASA UNIFORME

CUADRO DE CONTINGENCIAS

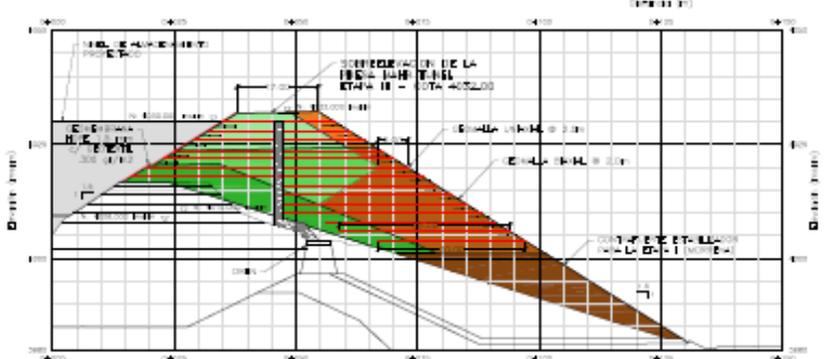
CURVA	ETI	ETE	ALTE	ETE	ALTE	ETE	ALTE	ETE
1	87411.00	88411.00	87411.00	88411.00	87411.00	88411.00	87411.00	88411.00
2	87411.00	88411.00	87411.00	88411.00	87411.00	88411.00	87411.00	88411.00

RESUMEN DE OBRAS

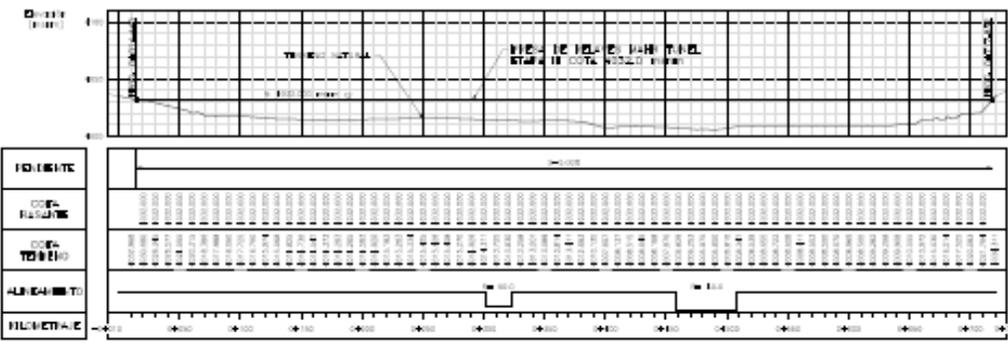
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1
2

RESUMEN DE OBRAS (CONTINUA)

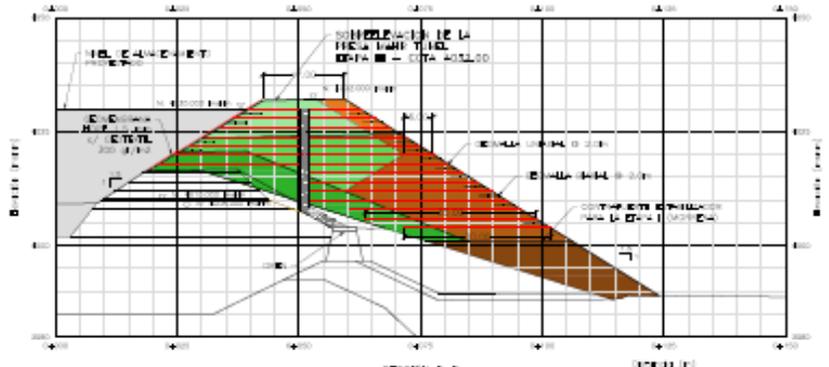
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
3
4



Sección I-I
Escala: 1/500

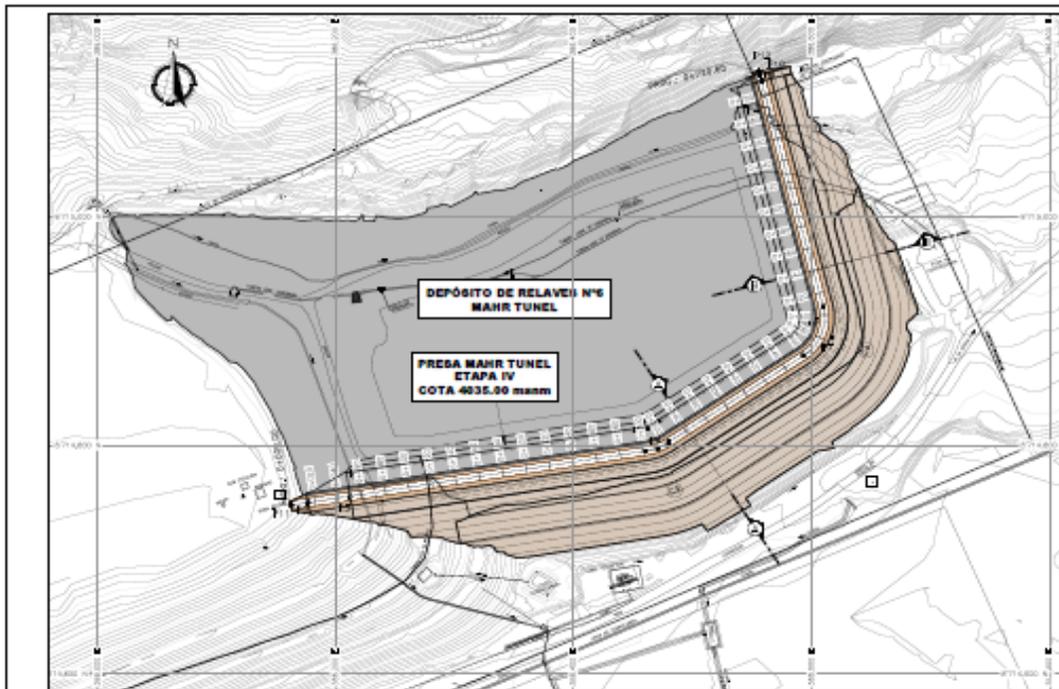


Perfil Longitudinal
Escala: 1/2,000



Sección II-II
Escala: 1/500

PROYECTANTE	M.S.P.	RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES ETAPA II	FECHA DE OBRAS	VOL-2017
PROYECTANTE	M.S.P.		FECHA DE OBRAS	00
PROYECTANTE	S.C.L.	PLANTA, PERFIL LONGITUDINAL Y SECCIÓN TÍPICA	FECHA DE OBRAS	RMT-NS-003
PROYECTANTE			FECHA DE OBRAS	
PROYECTANTE			FECHA DE OBRAS	



Planta
Escala: 1/22,000

SEÑALES CONDICIONALES

---	CURVA DE RÍO
---	SUPERFICIE DEL RÍO
---	SUPERFICIE DEL CANAL DE DRENADO
---	CURVA DE RÍO SUPERFICIE

MATERIAL

■	TIPO DE MATERIAL
■	TIPO DE MATERIAL
---	TIPO DE MATERIAL
---	TIPO DE MATERIAL

PLANTA DE COORDENADAS

ESTACION	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE
1	4035.00	4035.00	4035.00	4035.00	4035.00	4035.00	4035.00	4035.00
2	4035.00	4035.00	4035.00	4035.00	4035.00	4035.00	4035.00	4035.00

RESUMEN DE OBRAS

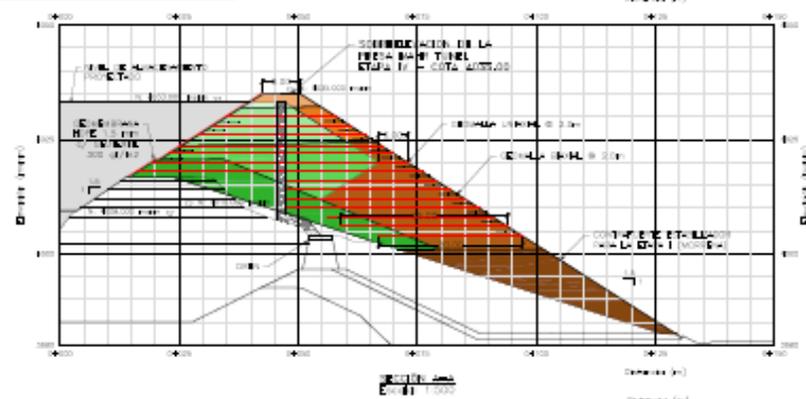
ESTACION	APR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT
1	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2	1000	1000	1000	1000	1000	1000

RESUMEN DE OBRAS (CONTINUA)

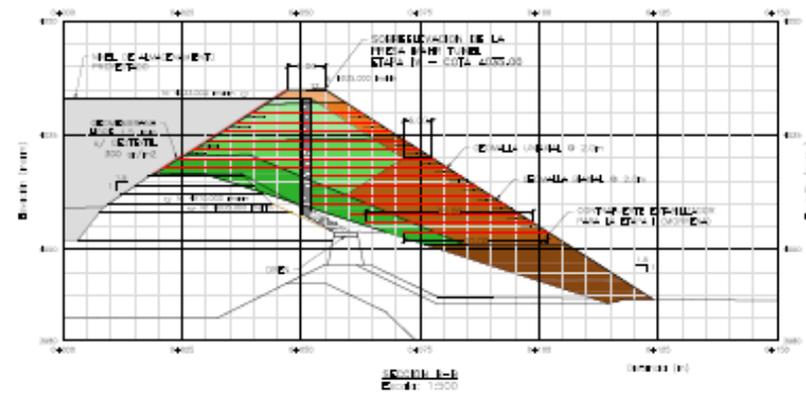
ESTACION	APR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT
1	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2	1000	1000	1000	1000	1000	1000

PLANTA DE COORDENADAS

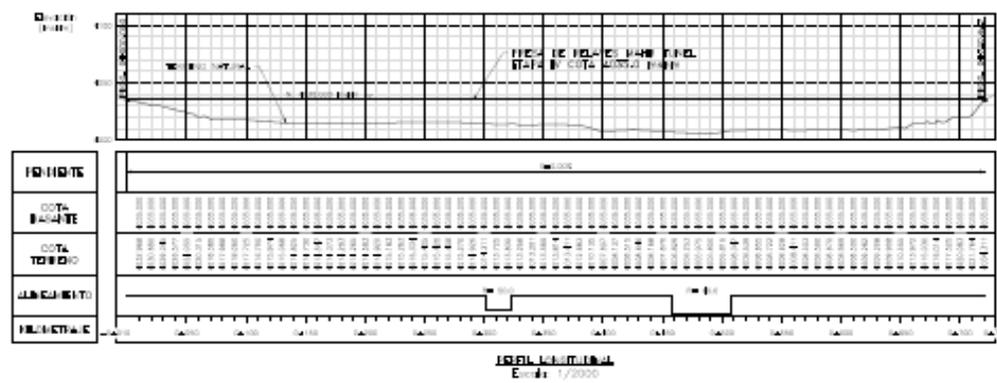
ESTACION	NORTE	ESTE
1	4035.00	4035.00
2	4035.00	4035.00



Sección Típica
Escala: 1/1000

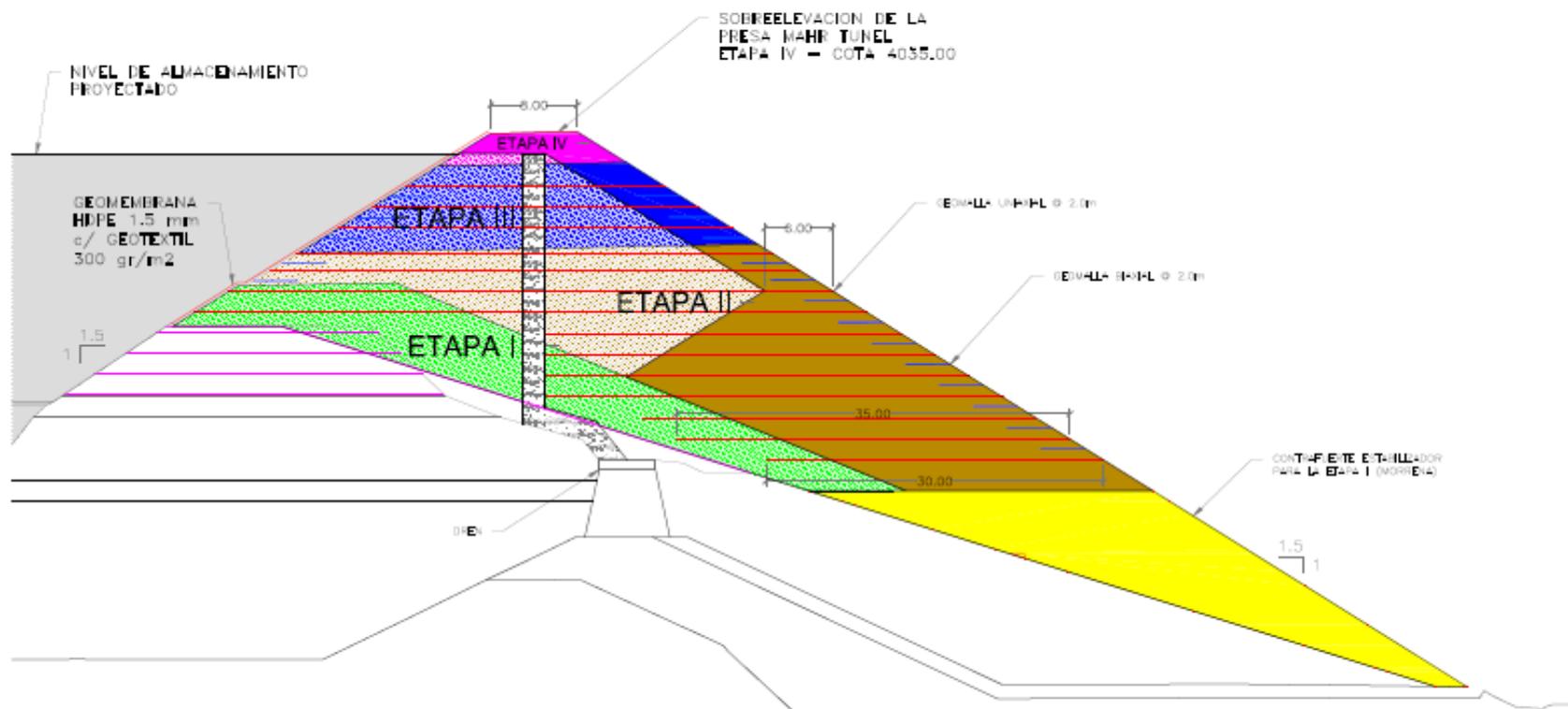


Perfil Longitudinal
Escala: 1/500



Perfil Longitudinal
Escala: 1/500

PROYECTANTE	M.S.P.	RECORRIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES ETAPA IV	VOL-2018
PROYECTANTE	M.S.P.	PLANTA, PERFIL LONGITUDINAL Y SECCIÓN TÍPICA	00
PROYECTANTE	M.S.P.	INDICADA	NOVIEMBRE 2018
PROYECTANTE	M.S.P.	INDICADA	RMT-06-004



MATERIALES

[Yellow box]	CONCRETO - ETAPA I
[Brown box]	MORFEO - ETAPA I
[Blue box]	MORFEO - ETAPA II
[Pink box]	MORFEO - ETAPA III
[Green hatched box]	REJILLA GRUESO - ETAPA I
[Brown hatched box]	REJILLA GRUESO - ETAPA II
[Blue hatched box]	REJILLA GRUESO - ETAPA III
[Pink hatched box]	REJILLA GRUESO - ETAPA IV
[Grey box]	REJILLA FINE
[Dark grey box]	GRAN ALLANCA

SECCION TIPO
Escala: 1/200

**ADMINISTRACION DE PROYECTOS
DE LA COMISIÓN MARSH TUNEL**

FECHA DE EMISIÓN:	11/09/2017
ALTA DE LA OBRA EN EL SISTEMA DE CONTROL:	08/09/17
FECHA DE INICIO DE OBRAS:	11/09/2017
FECHA DE CIERRE DE OBRAS:	02/01/18
FECHA DE ENTREGA DE OBRAS:	02/01/18
FECHA DE CIERRE DE CUENTA:	02/01/18
FECHA DE CIERRE DE OBRAS:	02/01/18
FECHA DE CIERRE DE CUENTA:	02/01/18
FECHA DE CIERRE DE OBRAS:	02/01/18
FECHA DE CIERRE DE CUENTA:	02/01/18

PROYECTO: R.S.P.	RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES MARSH TUNEL ETAPA IV	FORMA PROYECTO: VOL-2017
FECHA: R.S.P.		SECCION: 00
ESTADO: R.C.I.	SECCION TIPO	FECHA: 00
INDICADA	INDICADA	FECHA: NOVIEMBRE 2017
		PROYECTO: RMT-NS-005

Anexo 3: ENSAYOS ESTÁNDARES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL DIQUE

 	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS		DOCUMENTO	01-FORM-CQC-PROY	
	CONTENIDO DE HUMEDAD LABORATORIO ASTM - D2216		AREA	CONTROL DE CALIDAD	
			FECHA	16-Ene-18	
PROYECTO : RECRECIMENTO DEL DEPOSITO DE RELAVES N° 6 MAHR TUNEL CANTERA : ACOPIO N°3 Y ACOPIO N°5 PROCEDENCIA : TALUD DE BANQUETA N°2 CODIGO DEL ENSAYO : RE-028 MATERIAL : RELAVE		F. MUESTREO : 15/04/2018 FECHA ENSAYO : 15/04/2018 REALIZADO POR : M.S.P REVISADO POR : E.C.I			
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA INTEGRAL					
Material Pasante del Tamiz (mm)		2.000			PROMEDIO (%)
N° de Muestra		1	2		
Recipiente	N°	R-01	R-02		
Peso Recip. + Suelo Húmedo	g	942.6	968.1		
Peso Recip + Suelo Seco	g	875.4	897.1		
Peso Recipiente	g	235.0	225.0		
Peso del Agua	g	67.2	71.0		
Peso Suelo Seco	g	640.4	672.1		
Contenido de Humedad	%	10.5	10.6		10.5

OBSERVACIONES: _____

TÉCNICO DE CQC:



Juan C. Rojas Solano
 TEC. MECÁNICA DE SUELOS CQC

Fecha: 15-04-18

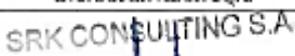
JEFE DE CQC:



EDGAR A. CRISTOBAL INGA
 INGENIERO PROYECTOS DE RELAVES

Fecha: 15-04-18

ING. SUPERVISOR CQA:



ING. PABLO INGUNZA B.
 JEFE DE CONTROL DE CALIDAD CQA

Fecha: 15-04-18



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO DE SUELOS
ASTM - D422

DOCUMENTO 02-FORM-COC-PROY

AREA CONTROL DE CALIDAD

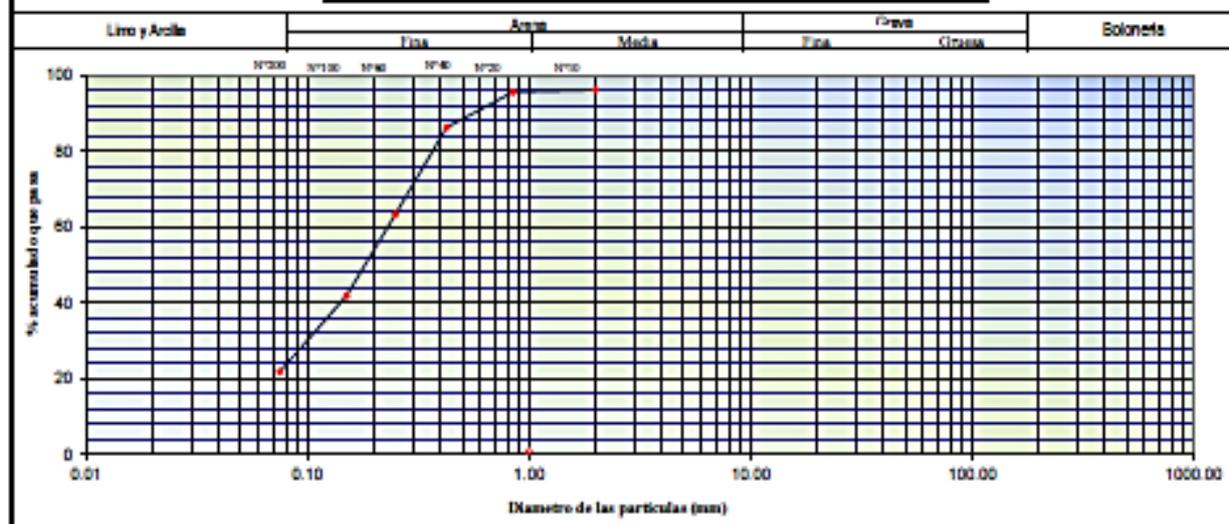
FECHA 18-Ene-18

PROYECTO : RECRECIMIENTO DEL DEPOSITO DE RELAVES N° 8 MAHR TUNEL
CANTERA : ACOPIO N°3 Y ACOPIO N°5
PROCEDENCIA : TALUD DE BANQUETA N°2
CODIGO DE MUESTRA : RE-028
MATERIAL : RELAVE

FECHA MUESTREO : 15/04/2018
FECHA ENSAYO : 15/04/2018
REALIZADO POR : M.S.P
REVISADO POR : E.C.I

TAMIZ		PESO RETEN.	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACION MATERIAL T-3	DESCRIPCION DEL SUELO
ADERTURA (pulg)	ADERTURA (mm)						
							P. ING. SECO : 791.8 g
							Peso < 200 tam. : 174.0 g
							HUMEDAD NATURAL : 10.5 %
N° 10	2.000	29.3	3.7	3.7	96.3		CLASIFICACION S.U.C.S : SM
N° 18	1.180						LIMITE LIQUIDO(%) : N.P
N° 20	0.850	4.9	0.6	4.3	95.7		LIMITE PLASTICO(%) : N.P
N° 30	0.600						INDECE DE PLAST.(%) : N.P
N° 40	0.425	73.5	9.3	13.8	86.4		
N° 50	0.300						OBSERVACIONES :
N° 60	0.250	181.0	22.9	36.5	63.5		
N° 100	0.150	169.9	21.5	58.0	42.0		
N° 140	0.108						
N° 200	0.075	159.2	20.1	78.1	21.9		
< N° 200	FONDO	174.0	22.0	100.1	-0.1		

CURVA GRANULOMETRICA



TÉCNICO DE COC:
ECOSEM HUAYHUAY
Juan C. Rojas Solano
TIC MECANICA DE SUELOS COC
Fecha: 75-04-18

JEFE DE COC:
VOLCAN CIA. INERPA S.A.
EDGARA CRISTOBAL INGA
INGENIERO PROYECTOS DE RELAVES
Fecha: 75-04-18

ING. SUPERVISOR COC:
SRK CONSULTING S.A.
ING. PABLO INGUINZA B.
JEFE DE CONTROL DE CALIDAD CA
Fecha: 75-04-18

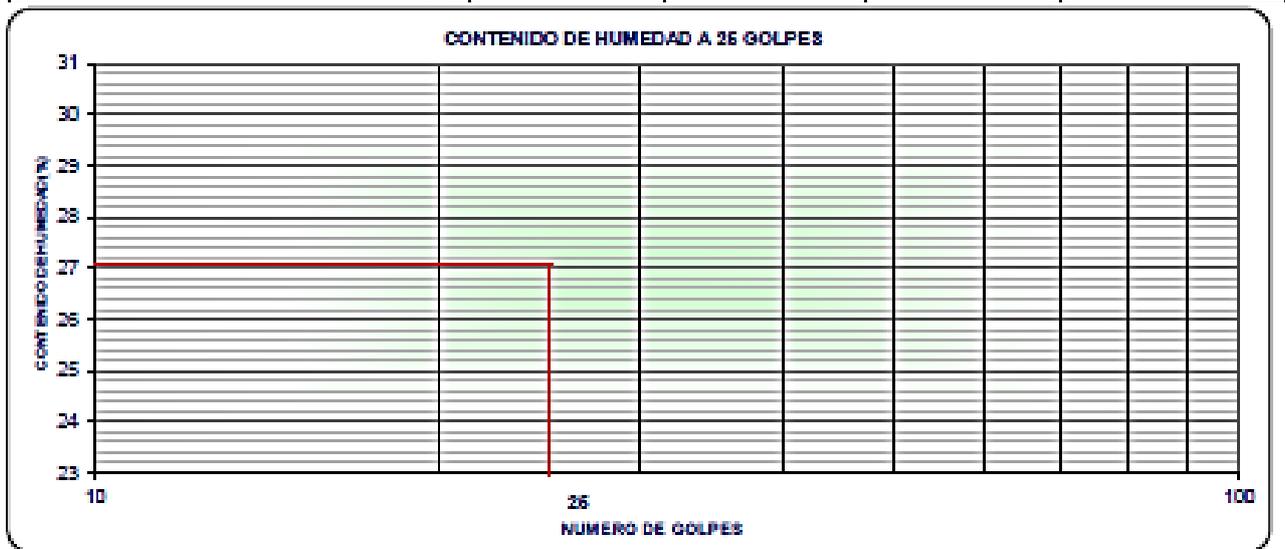
 	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS	DOCUMENTO	03-FORM-000-PROY.
	DETERMINACION DEL LIMITE DE CONSISTENCIA NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 88 - T 90	AREA	CONTROL DE CALIDAD
		FECHA	10-Ene-18
PROYECTO	: REORDENAMIENTO DEL DEPOSITO DE RELAVES N° 6 MAIR TUNEL	FECHA MUESTREO	: 15/04/2018
CANTERA	: ACOPIO N°3 Y ACOPIO N°5	FECHA ENSAYO	: 15/04/2018
PROCEDENCIA	: TALUD DE BANQUETA N°2	REALIZADO POR	: M.S.P
CODIGO DE MUESTRA	: RE-026	REVISADO POR	: E.C.I
MATERIAL	: RELAVE		

N° TARA				
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)			
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)			
PESO DE AGUA	(gr.)			
PESO DE LA TARA	(gr.)			
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)			
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)			
NUMERO DE GOLPES				

N.P

LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)				
N° TARA				Promedio
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)			
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)			
PESO DE AGUA	(gr.)			
PESO DE LA TARA	(gr.)			
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)			
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)			19

N.P



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO (%)	N.P
LIMITE PLASTICO (%)	N.P
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	N.P

OBSERVACIONES

TÉCNICO DE COC:

 ICOSSEM HUAYHUAY

Juan C. Rojas Solano
INGENIERO EN MECANICA DE SUELOS

Fecha: 15-04-18

JEFE DE COC:

 VOLCAN CIA MINERA S.A.A

EDGAR A. CRISTOBAL INGA
INGENIERO PROYECTOS DE RELAVERAS

Fecha: 15-04-18

ING. SUPERVISOR COC:

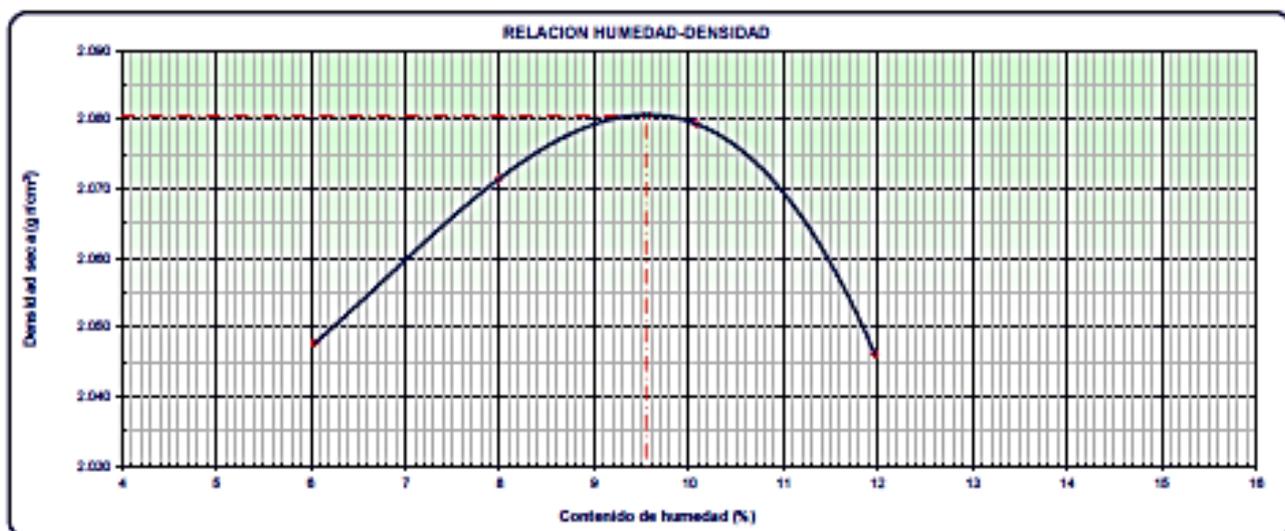
SRK CONSULTING S.A

ING. PABLO INKUNZA B.
JEFE DE CONTROL DE CALIDAD COC

Fecha: 15-04-18

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS	04 - FORM - CQC-PROY	
	ENSAYO DE PROCTOR STANDAR NORMAS TÉCNICAS: ASTM D698	Revisión: 1	Fecha: 16-Ene-2018
PROYECTO : RECRECIMIENTO DEL DEPOSITO DE RELAVES N° 9 MAVR TUNEL CANTERA : ACOPIO N°3 Y ACOPIO N°5 PROCEDENCIA : TALUD DE BANQUETA N°2 COD. DE ENSAYO : RE-028 MATERIAL : RELAVE	F. DE MUESTREO : 15/04/2018 FECHA ENSAYO : 15/04/2018 REALIZADO POR : M.S.P REVISADO POR : E.C.I		

Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		25	25	25	25
Peso suelo húmedo + molde	gr	6250	6312	6361	6363
Peso molde + base	gr	4198	4198	4198	4198
Peso suelo húmedo compactado	gr	2052	2114	2163	2165
Volumen del molde	cm ³	945	945	945	945
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	2.171	2.237	2.289	2.291
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr	2863.0	2945.0	2953.0	3104.0
Peso del suelo seco + tara	gr	2752.0	2794.0	2493.0	2870.0
Peso de Tara	gr	915.0	905.0	905.0	915.0
Peso de agua	gr	111.0	151.0	150.0	234.0
Peso del suelo seco	gr	1837.0	1889.0	1588.0	1955.0
Contenido de agua	%	8.0	8.0	10.1	12.0
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	2.048	2.071	2.079	2.048
Densidad máxima (gr/cm ³)					2.081
Humedad óptima (%)					8.8



Observaciones: _____

TÉCNICO DE CQC:


 ECODEM HUAYHUAY
 Juan C. Rojas Solano
 TEC. MECANICA DE SUELOS CQC

Fecha: 75-04-18

JEFE DE CQC:


 VOLCAN CIA MINERA S.A.A.
 EDGARA CRISTOBAL TINGA
 INGENIERO PROYECTOS DE RELAVES

Fecha: 75-04-18

ING. SUPERVISOR CQA:

SRK CONSULTING S.A.
 ING. PABLO INGUENZA B.
 JEFE DE CONTROL DE CALIDAD CQA

Fecha: 75-04-18

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS			DOCUMENTO : 10-FORM-COC-PROY
				ARÉA : CONTROL DE CALIDAD
	DENSIDAD IN SITU - MÉTODO CONO DE ARENA NORMAS TÉCNICAS: ASTM D1556			FECHA : 12/12/2017
CLIENTE/SUPERVISOR : VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A. PROYECTO : RECORRIMIENTO DEL DEPOSITO DE RELAVES N° 06 MAIR TUNEL CARTERA : RELAVERA RUMICHACA - TALLU DE BANQUETA N°1 TRAMO : KM 0+440 AL KM 0+630				FECHA ENSAYO : 19/04/2018 REALIZADO POR : M.S.P REVISADO POR : E.C.I
FECHA DE ENSAYO	17/04/2018	17/04/2018	19/04/2018	
CAPA N°	81	81	81	
ESPESOR DE CAPA (m)	0.34	0.34	0.34	
COORDENADA NORTE	8714769.889	8714830.185	8714952.099	
COORDENADA ESTE	386351.741	386566.853	386611.891	
COTA	4016.84	4016.84	4016.84	
PROGRESIVA	0+140	0+380	0+560	
Peso de Mat. + Recipiente (gr)	6881	6647	6618	
Peso del Recipiente (gr)	25	25	25	
Peso Neto del Suelo + Grava (gr)	5856	5522	6594	
Peso Arena + Frasco (gr)	7119	7134	7261	
Peso Arena Restante + Frasco (gr)	1742	1873	1421	
Peso Arena en el Embudo (gr)	1645	1645	1645	
Peso Neto de la Arena Empleada (gr)	3732	3516	4185	
Densidad de la Arena (gr/cm³)	1.432	1.432	1.432	
Volumen del Hueso (cm³)	2606	2455	2922	
Peso de la Grava Secada al Aire (gr)	----	----	----	
Peso Especifico de Grava (gr/cm³)	----	----	----	
Vol. Grava por Desplazamiento 10:PEG	----	----	----	
Peso del Suelo (gr)	5856	5522	6594	
Volumen del Suelo (cm³)	----	----	----	
Densidad del Suelo Húmedo (gr/cm³)	2.261	2.249	2.268	
Porcentaje de la Humedad Contenida (%)	10.5	10.1	11.0	
Densidad del Suelo Seco (gr/cm³)	2.037	2.042	2.033	
Maxima Densidad del Próctor (gr/cm³)	2.081	2.081	2.081	
Porcentaje de Compactación (%)	87.9	88.1	87.7	

DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)

RECIPIENTE N°	1	2	3		
Peso de Capsula + Suelo Húmedo	1485.0	1356.0	1315.0		
Peso de Capsula + Suelo Seco	1374.0	1261.0	1216.0		
Peso de Agua	111.0	95.0	99.0		
Peso de la tara	315.0	325.0	315.0		
Peso de Suelo Seco	1059.0	936.0	901.0		
Porcentaje de Contenido de Humedad (%)	10.5	10.1	11.0		

OBSERV.: Ensayos realizados en presencia del personal de CQA.

TÉCNICO DE CQC:

Juan C. Rojas Solano
 TIT. MECÁNICA DE SUELOS CQC
 Fecha: 19-04-18

JEFE DE CQC:

EDGARA CRISTOBAL INGA
 INGENIERO PROYECTOS DE RELAVERAS
 Fecha: 19-04-18

ING. SUPERVISOR CQA:

SRK CONSULTING S.A
 ING. PABLO INCA INCA D.
 JEFE DE CONTROL DE CALIDAD CQA
 Fecha: 19-04-18

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS		DOCUMENTO	01-FORM-COC-PROY.	
	DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216		AREA	CONTROL DE CALIDAD	
			FECHA	15-Ene-18	
CLIENTE/SUPERVISOR : VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.		F. MUESTREO : 01/10/2018			
PROYECTO : RECRECIMIENTO DEL DEPOSITO DE RELAVES N° 6 MM/R TUNEL		FECHA ENSAYO : 01/10/2018			
CANTERA : MAT. DE TAJO GAVILAN BANCO 4510		REALIZADO POR : M.S.P			
PROCEDENCIA : MUESTREO EN PLATAFORMA DEL DIQUE		REVISADO POR : E.C.J			
CODIGO DE MUESTRA : MR-71					
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA INTEGRAL					
Material Pasante del Tamiz (mm)		19.050			PROMEDIO (%)
N° de Muestra		1	2	3	
Recipiente	N°	T-01	T-02		
Peso Recip. + Suelo Húmedo	g	1,667.0	1,872.0		
Peso Recip + Suelo Seco	g	1,488.0	1,816.0		
Peso Recipiente	g	340.0	308.0		
Peso del Agua	g	69.0	57.0		
Peso Suelo Seco	g	1,148.0	909.0		
Contenido de Humedad	%	6.0	6.3		6.1
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS PARTICULAS DE SOBRETAMAÑO					
Material Retenido en el Tamiz		18.060			PROMEDIO (%)
N° de Muestra		1	2	3	
Recipiente	N°	R-09	R-05		
Peso Recip. + Mat. Sobretamaño	g	3,866.0	3,848.0		
Peso Recip. + Mat. Sobretamaño Seco	g	3,826.0	3,816.0		
Peso Recipiente	g	716.0	726.0		
Peso del Agua	g	40.0	33.0		
Peso del Material de Sobretamaño	g	3,110.0	2,890.0		
Contenido de Humedad	%	1.29	1.14		1.2

OBSERVACIONES: _____

TÉCNICO DE COC:



Juan C. Rojas Solano
TEC. MECANICA DE SUELOS COC

Fecha: 06-10-18

JEFE DE COC:



EDGAR A. CRISTOBAL INGA
INGENIERO PROYECTOS DE RELAVERAS

Fecha: 06-10-18

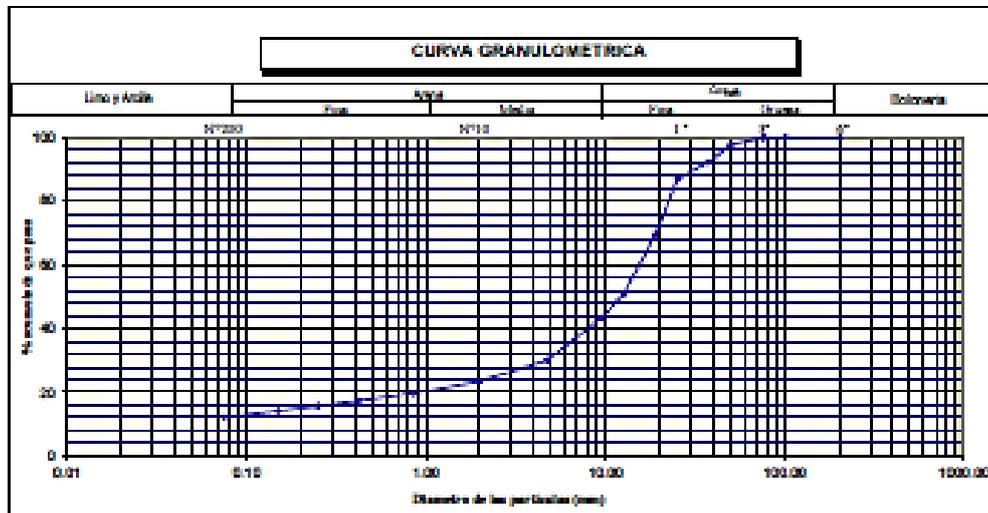
ING. SUPERVISOR COC:

SRK CONSULTING S.A

ING. PABLO INQUINZA B.
JEFE DE CONTROL DE CALIDAD QA

Fecha: 06-10-18

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS	DOCUMENTO	SI-FORM-002-PROY.				
	ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIADO NORMAS TÉCNICAS: MTO E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88	AREA	CONTROL DE CALIDAD				
		FECHA	10-04-18				
CLIENTE/SUPLENOR : VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A. PROYECTO : RECONOCIMIENTO DEL DEPOSITO DE RELAVES N° 1 EN MAR TAME CANTERA : CRT. DE TAJO GAVILAN BRANCO 400 PROCEDENCIA : MUESTREADO EN PLATAFORMA DEL DIGUE CODIGO DE MUESTRA : NR-71		FECHA MUESTREO : 01/02/18 FECHA ENSAYO : 01/02/18 REALIZADO POR : MS P REVISADO POR : E.G.					
TAMIZO							
ABERTURA (mm)	ABERTURA (mm)	PESO RETEN.	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	CLASIFICACION	DESCRIPCION DEL SUELO
#1	200.00	0.0	0.0	0.0	100.0		PESO DE BRANCA : 19759.0 g
#4	101.00	0.0	0.0	0.0	100.0		PESO DE ARENA : 8.489.0 g
#20	75.00	0.0	0.0	0.0	100.0		P. SAC. BRANCO : 28.219.0 g
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0		Fración Menor : 961.0 g
#40	37.50	637.0	3.2	3.2	97.8		Fración Lluviable : 529.0 g
1 1/2"	37.50	1,619.0	8.2	7.9	92.1		
#60	25.00	1,442.0	7.3	13.0	87.0		
#100	150.00	4,981.0	25.2	38.2	61.8		
1/2"	12.50	8,234.0	41.7	49.2	50.8		HUMEDAD NATURAL : 8.1 %
#200	75.00	2,129.0	10.8	60.0	40.0		
1/4"	6.35	2,829.0	14.3	66.7	33.3		LIMITE LIQUIDO : 34 %
#4	4.75	1,221.0	6.2	70.9	29.1		LIMITE PLASTICO : 19 %
							INDICE PLASTICO : 5 %
#10	2.000	199.0	1.0	71.9	28.1		
CLASIFICACION							
#20	0.850	119.0	0.6	80.4	19.6		SUCS : GM-GC
#40	0.425	66.0	0.3	80.8	19.2		
OBSERVACIONES :							
#60	0.250	46.7	0.2	81.0	19.0		
#100	0.150	46.9	0.2	80.9	19.1		
#200	0.075	62.0	0.3	80.8	19.2		
#300	FONDO	362.0	1.8	100.0	0.0		



OBSERVACIONES:

TÉCNICO DE COC:

 **EDUARDO HERNANDEZ**
 INGENIERO DE SISTEMAS DE INFORMACION
 Juan C. Rojas Solano
 T.E. INGENIARIA DE SISTEMAS DE INFORMACION

Fecha: 06-10-18

JEFE DE COC:

 **VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.**
 INGENIERO DE SISTEMAS DE INFORMACION
 EDGAR A. CRISTOBAL INGA
 INGENIERO PROYECTOS DE RELAVES

Fecha: 06-10-18

ING. SUPERVISOR COC:

SRK CONSULTING S.A.
 INGENIERO DE SISTEMAS DE INFORMACION
 ING. PABLO RAMIREZ B.
 JEFE DE CONTROL DE CALIDAD QA

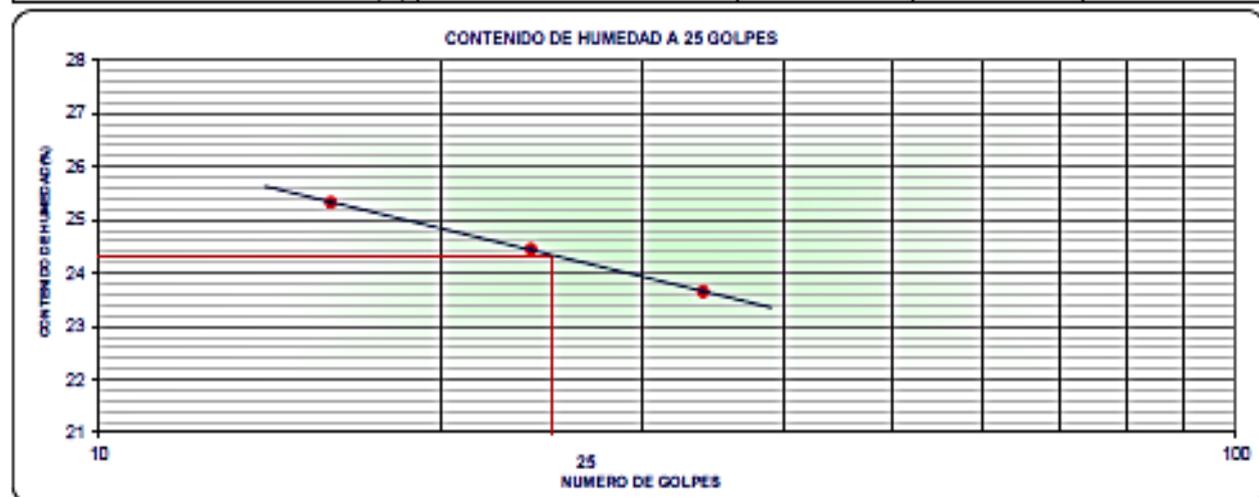
Fecha: 06-10-18

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS	DOCUMENTO	03-FORM-COC-PROY.
	DETERMINACION DEL LIMITE DE CONSISTENCIA NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90	AREA	CONTROL DE CALIDAD
		FECHA	16-Ene-18
CLIENTE/SUPERVISOR : VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A. PROYECTO : RECREAMIENTO DEL DEPOSITO DE RELAVES N° 6 MAUR TUNEL CANTERA : MAT. DE TAJO GAVILAN BANCO 4910 PROCEDENCIA : MUESTREO EN PLATAFORMA DEL DIQUE CODIGO DE MUESTRA : M9-71		FECHA MUESTREO : 07/02/2018 FECHA ENSAYO : 27/02/2018 REALIZADO POR : M.S.P REVISADO POR : E.C.I	

N° TARA		T-01	T-02	T-10
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)		55.64	51.48	53.71
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)		49.30	46.12	48.05
PESO DE AGUA (gr.)		6.34	5.36	5.66
PESO DE LA TARA (gr.)		24.27	24.20	24.12
PESO DEL SUELO SECO (gr.)		25.03	21.92	23.93
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		25.33	24.45	23.65
NUMERO DE GOLPES		16	24	34

LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 80)

N° TARA		T-15	T-16	Promedio
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)		38.15	36.17	
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)		34.02	32.40	
PESO DE AGUA (gr.)		4.13	3.77	
PESO DE LA TARA (gr.)		12.70	13.00	
PESO DEL SUELO SECO (gr.)		21.32	19.40	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		19.37	19.43	19



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO (%)	24
LIMITE PLASTICO (%)	19
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	5

OBSERVACIONES

TÉCNICO DE COC :


ECOSEM HUAYHUAY

Juan C. Rojas Solano
 TEC. MECANICA DE SUELOS COC

Fecha: 07-10-18

JEFE DE COC :


VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.

EDGARA CRISTOBAL INGA
 INGENIERO PROYECTOS DE RELAVERAS

Fecha: 07-10-18

ING. SUPERVISOR COC:

SRK CONSULTING S.A

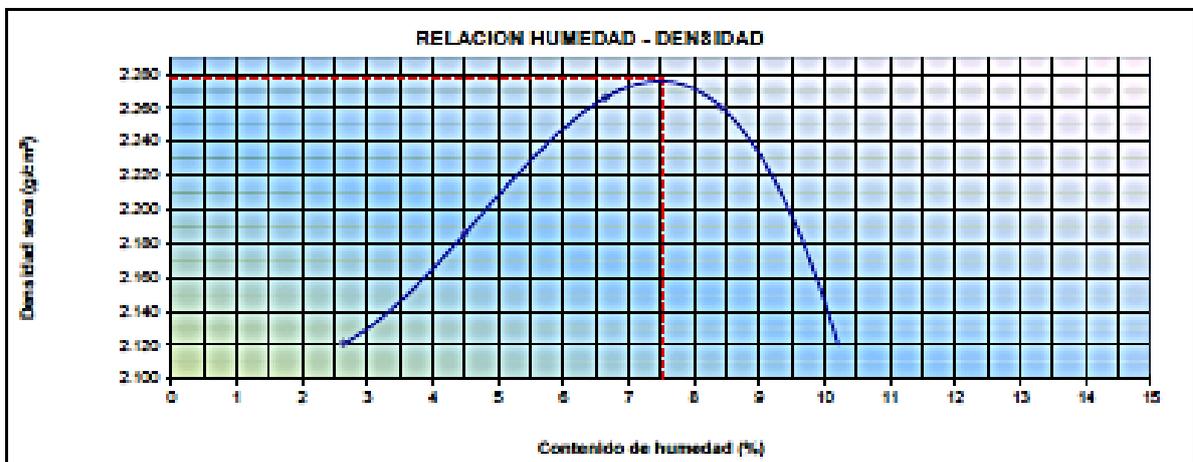
ING. PABLO INGUINZA B.
 JEFE DE CONTROL DE CALIDAD COC

Fecha: 07-10-18

 	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS	DOCUMENTO	04-FORM-COC-PROY.
	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO NORMAS TÉCNICAS: NTC E115, ASTM D 1557, AASHTO T193	AREA	CONTROL DE CALIDAD
		FECHA	18-Oct-18

CLIENTE/SUPERVISOR	: VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.	FECHA MUESTRO	: 07/05/18
PROYECTO	: RECORRIDO DEL DEPOSITO DE RELAVES N° 6 MAHR TUNEL	FECHA ENSAYO	: 27/05/18
CANTERA	: MAT. DE TALO-GAVILAN BARCO 4510	REALIZADO POR	: M.S.P
PROCEDENCIA	: MUESTREADO EN PLATAFORMA DEL DIQUE	REVISADO POR	: E.C.I
CODIGO DE MUESTRA	: MR-71		

DENSIDAD MAXIMA / CONTENIDO HUMEDAD					
METODO DE COMPACTACION :	"C"	MODIFICADO		Clasif. SUCS :	GM-GC
Peso suelo + molde	g	10,840	11,188	11,444	11,616
Peso molde	g	6,357	6,357	6,357	6,357
Peso suelo húmedo compactado	g	4,583	4,809	5,087	5,158
Volumen del molde	cm ³	2105	2105	2105	2105
Densidad del Suelo Húmedo	g/cm ³	2.177	2.285	2.417	2.450
Recipiente	Nº	T1	T2	T3	T4
Peso del suelo húmedo + tara	g	4,890.0	6,716.0	6,279.0	8,681.0
Peso del suelo seco + tara	g	4,800.0	6,608.0	6,982.0	8,179.0
Peso de Recipiente	g	1,390.0	808.0	1,192.0	1,413.0
Peso de agua	g	90.0	207.0	317.0	402.0
Peso del suelo seco	g	3,410.0	4,602.0	4,770.0	4,766.0
Contenido de agua	%	2.6	4.5	6.6	8.4
Densidad del Suelo Seco	g/cm ³	2.121	2.196	2.266	2.260
	M.D.S. (g/cm ³)	2.277	M.D.S. Corregida (g/cm ³)		2.352
	O.C.H. (%)	7.5	O.C.H. Corregido (%)		5.9



Observaciones: _____

TÉCNICO DE COC :

 ECCOSEM HUANHUAY

Juan C. Rojas Solano
ING. MECANICA DE SUELOS E.C.

Fecha: 07-10-18

JEFE DE COC :

 VOLCAN CIA MINERA S.A.A.

EDGAR A. CRISTOBAL INGA
INGENIERO PROYECTOS DE RELAVERAS

Fecha: 07-10-18

ING. SUPERVISOR COA:

SRK CONSULTING S.A.

ING. PABLO TINGUINZA B.
JEFE DE CONTROL DE CALIDAD COA

Fecha: 07-10-18

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS	DOCUMENTO	05-FORM-COC-PROY.
	GRAVEDAD ESPECIFICA DEL AGREGADO GRUESO NORMAS TÉCNICAS: MTC E 206, ASTM C 127, AASHTO T 86	AREA	CONTROL DE CALIDAD
		FECHA	16-Ene-18
CLIENTE/SUPERVISOR	: VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.	FECHA MUESTREO	: 6/10/2018
PROYECTO	: RECRECIMIENTO DEL DEPOSITO DE RELAVES N° 8 MAHR TUNEL	FECHA ENSAYO	: 7/10/2018
CANTERA	: MAT. DE TAJO GAVILAN BANCO 4510	REALIZADO POR	: M.S.P
PROCEDENCIA	: MUESTREADO EN PLATAFORMA DEL DIQUE	REVISADO POR	: E.C.I
CODIGO DE MUESTRA	: MR-71		

GRAVEDAD ESPECIFICA DE LAS PARTICULAS DE SOBRETAMAÑO						
Material Retenido en el Tamiz (mm)	19.050					PROMEDIO
Temperatura de Ensayo °C	24.0					
Ensayo N°	1	2	3			
Peso Mat. Sat. Superf. seco (en aire) g	6,824.0	7,311.0				
Peso Mat. Sat. Superf. seco (en agua) g	4,277.0	4,582.0				
Volumen de masa + volumen de vacios g	2,547.0	2,729.0				
Peso de material seco (105°C) g	6,755.0	7,245.0				
Volumen de masa g	2,478.0	2,663.0				
Gravedad Especifica Bulk (base seca)	2.652	2.655			2.653	
Gravedad Especifica Bulk (base saturada)	2.679	2.679			2.679	
Gravedad Especifica Aparente (base seca)	2.726	2.721			2.723	
Porcentaje de Absorción %	1.0	0.9			1.0	

Observaciones: _____

TÉCNICO DE COC:



Juan C. Rojas Solano
TEC. MECANICA DE SUELOS COC

Fecha: 07-10-18

JEFE DE COC:



EDGAR A. CRISTOBAL INGA
INGENIERO PROYECTOS DE RELAVERAS

Fecha: 07-10-18

ING. SUPERVISOR COC:

SRK CONSULTING S.A

ING. PABLO INGUINZA B.
JEFE DE CONTROL DE CALIDAD COC

Fecha: 07-10-18

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS	DOCUMENTO	06-FORM-COC-PROY.
	CORRECCIÓN DEL PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE HUMEDAD PARA SUELOS QUE CONTIENEN PARTÍCULAS DE SOBRETAMAÑO ASTM - D4718	AREA	CONTROL DE CALIDAD
		FECHA	16-Ene-18
CLIENTE/SUPERVISOR : VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A. PROYECTO : RECRECIMIENTO DEL DEPOSITO DE RELAVES N° 8 MAHR TUNEL CANTERA : MAT. DE TAJO GAVILAN BANCO 4610 PROCEDENCIA : MUESTREADO EN PLATAFORMA DEL DIQUE CODIGO DE MUESTRA : MR-71	FECHA MUESTREO : 6/10/2018 FECHA ENSAYO : 7/10/2018 REALIZADO POR : M.S.P REVISADO POR : E.C.I		

CORRECCIÓN DEL PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE HUMEDAD		
Pc - Porcentaje de Sobretamaño > 3/4"	%	22.8
Pf - Porcentaje de Fracción Fina < 3/4"	%	77.2
Wc - Contenido de Humedad de la Fracción de Sobretamaño	%	1.2
Gm - Gravedad Especifica de la Grava		2.653
Ab - Absorción del Sobretamaño	%	1.0
Dw - Gravedad Especifica del Agua		0.998
Df - Maxima Densidad Seca de la Fracción < 3/4"	g/cm3	2.277
Wf - Optimo Contenido de Humedad de la Fracción < 3/4"	%	7.5
<p>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD CORREGIDO (%)</p> $O.C.H.C. = (Pc * Wc + Pf * Wf) / 100$ <p style="text-align: center;">O.C.H.C. = 5.9 %</p> <p>MAXIMA DENSIDAD SECA CORREGIDA (g/cm3)</p> $M.D.S.C. = [100 * (Df * (Gm) * (Dw)) / ((Df * Pc) + (Gm * Dw * Pf))]$ <p style="text-align: center;">M.D.S.C. = 2.352 g/cm3</p>		

TÉCNICO DE COC:


Juan C. Rojas Solano
 TTE. MECANICA DE SUELOS COC

Fecha: 07-10-18

JEFE DE COC:


EDGAR A. CRISTOBAL INGA
 INGENIERO PROYECTOS DE RELAVERAS

Fecha: 07-10-18

ING. SUPERVISOR COC:

SRK CONSULTING S.A.
ING. PABLO ANGINZA B.
 JEFE DE CONTROL DE CALIDAD CA

Fecha: 07-10-18

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS	DOCUM.	FORM-09-COC-PROY
	REEMPLAZO DE VOLUMEN DE AGUA NORMA ASTM-D5030	AREA	CONTROL DE CALIDAD
CLIENTE/SUPERVISOR	: UNIDAD MINERA VOLCAN	N° CAPA	: 132
PROYECTO	: RECRECIMIENTO DEL DEPOSITO DE RELAVES N° 6	FECHA ENSAYO	: 10/10/2018
CANTERA	: TAJO GAVILAN	TRAMO	: KM 0+040 AL KM 0+630
MATERIAL	: DESMONTE DE MINA	REALIZADO POR	: M.S.P
		REVISADO POR	: E.C.I

DENSIDAD IN SITU				
FECHA DE ENSAYO		9/10/2018	9/10/2018	10/10/2018
PRUEBA	N°	01	02	03
CAPA N°	N°	132	132	132
ESPESOR DE CAPA	m	0.30	0.30	0.30
COORDENADAS	N	8714728.427	8714890.471	8714958.243
COORDENADAS	E	386324.304	386568.642	386643.542
COTA	m/nm	4034.70	4034.70	4034.70
PROGRESIVA	m	0+240	0+360	0+520
1. Peso del material neto	g	31,091	41,629	40,441
2. Peso de la tara	g	-	-	-
3. Peso del suelo humedo(1-2)	g	31,091	41,629	40,441
4. Volumen del hueco + volumen del marco	cm ³	13,785	18,384	17,750
5. Volumen del agua en el marco	cm ³	732	732	732
6. Volumen del hueco(5-4)		13053	17652	17018
7. Densidad del suelo humedo(1/6)	g/cm ³	2.382	2.358	2.376

CONTENIDO DE HUMEDAD				
Peso recipiente + suelo humedo	g	3,201	2,922	3,333
Peso recipiente + suelo seco	g	3,090	2,840	3,224
Peso de agua	g	111	82	109
Peso de recipiente	g	906	909	901
Peso de suelo seco	g	2,184	1,931	2,323
Contenido de Humedad	%	5.1	4.2	4.7

COMPACTACION				
Densidad seca	g/cm ³	2.267	2.262	2.270
Maxima Densidad Seca Corregida	g/cm ³	2.352	2.352	2.352
Optimo Contenido de Humedad Corregida	%	5.9	5.9	5.9
Grado de Compactacion	%	96.4	96.2	96.5

Observaciones: _____

TÉCNICO DE COC:

 **ECOSEM HUAYHUAY**

.....
Juan C. Rojas Solano
 ITC MECANICA DE SUELOS COC

Fecha: 10 - 10 - 18

JEFE DE COC:

 **VOLCAN CIA. MINERA S.A.A.**

.....
EDGAR A. CRISTOBAL INGA
 INGENIERO PROYECTOS DE RELAVES

Fecha: 10 - 10 - 18

ING. SUPERVISOR COA:

SRK CONSULTING S.A

.....
ING. PABLO INQUINZA B.
 JEFE DE CONTROL DE CALIDAD COA

Fecha: 10 - 10 - 18

Anexo 4: ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO

MEMORANDUM**Asunto / Subject:**
Hidrología**Fecha / Date:**
14 de febrero de 2017**Geotécnica Consultores SA**
Escleros Yafez 1893
Providencia
Santiago
Chile
C.P. 694 000 0
Fono: (56-2)81 8000
Fax: (56-2)81 8001
Email: acadia@arcadis.cl**De / From:**
Sergio Barrera
Pablo Vargas**Referencia / Reference:**
3626-0000-MM-002
Rev. 1**A / To:**
Ruben Larenas (VOLCAN)**Copias / Copies:**
P-3626
Hugo Quelopana

**INGENIERÍA DE DETALLE PARA EL RECRECIMIENTO
DEL DEPÓSITO DE RELAVES N°06 MAHR TUNEL
DE LA COTA 4016.6 MSNM A 4035 MSNM****HIDROLOGÍA****CONTENIDO**

1	INTRODUCCIÓN	2
2	OBJETIVO	2
3	REFERENCIAS	2
4	HIDROGRAFIA DE LA ZONA	3
5	CLIMA	3
5.1	EVAPORACIÓN	3
5.2	PRECIPITACIONES	3
6	ESCORRENTIAS SUPERFICIALES	5
6.1	CAUDALES PICOS	5
7	CONCLUSIONES	7

1 INTRODUCCIÓN

Volcan Compañía Minera S.A.A. opera un complejo de minas subterráneas y a tajo abierto, una concentradora, campamentos y otras instalaciones en el distrito y provincia de Yauli, departamento de Junín.

La unidad Minera Mahr Túnel se ubica en el distrito y provincia de Yauli, en la zona central del Perú, a una altitud promedio de 4000 m s.n.m. El área del Proyecto se encuentra emplazada en la margen izquierda del valle del río Yauli, a 2 km aguas abajo de la Concentradora de Mahr Túnel.

La Construcción del Dique de arranque de la Presa de Almacenamiento de Relaves N°06 Mahr Túnel, se ubica en el área adyacente a la Presa de Relaves N°5 que se encuentra en etapa de cierre. El dique de arranque se eleva hasta la cota 3996.6 m s.n.m. y tiene actualmente una altura máxima de 12 m con respecto al nivel de cimentación.

En el presente documento se incluye una síntesis de los aspectos hidrológicos más importantes de la zona donde se emplaza la relavera N°06.

2 OBJETIVO

Presentar los antecedentes hidrológicos para el proyecto *Ingeniería de Detalle para el Recreecimiento del Depósito de Relaves N° 06 Mahr Túnel de la Cota 4016.6 m s.n.m. a 4035 m s.n.m.*

3 REFERENCIAS

La elaboración de este memorándum se basa en las visitas efectuadas y la revisión de los siguientes antecedentes:

1. Presa de Almacenamiento de Relaves N°6 Mahr Túnel, Memoria Descriptiva, Tecnología y Proyectos S. A. C. (**TECPROSA**), Lima, junio 2006.
2. Verificación de la Estabilidad Física del Depósito de Relaves N°06 – Mahr Túnel, **Hidroenergía**, enero 2017.
3. Memorando Técnico - Balance de Agua de Los Depósito de Relaves - Estudio de Opciones de Sitio – Ingeniería Conceptual de las Alternativas de Sitio de Depósito de Relaves Unidad Yauli – Mahr Túnel – Victoria, **Golder Associates Perú S.A.**, noviembre 2009.
4. Plano N° 101-16. Presa de Relaves N°6 de la Unidad de Producción Mahr Túnel - Hidrología. **Hidroenergía**, junio 2017.
5. Plano N° 101-17. Presa de Relaves N°6 de la Unidad de Producción Mahr Túnel - Ubicación de Cuencas. **Hidroenergía**, junio 2017.

4 HIDROGRAFIA DE LA ZONA

El principal colector hídrico es el río Yauli, que nace en el embalse Pomacocha, a 4,250 m s.n.m, aproximadamente, discurre en dirección SO a NE y en su recorrido recibe los aportes de subcuencas y las quebradas laterales ubicadas en ambas laderas del valle. Las pendientes de estas subcuencas son moderadas alrededor del 2%, las laderas presentan pendientes aproximadas del 50%. El río Yauli es de régimen permanente debido a que en la parte alta de las subcuencas están conformadas por botedales, los cuales permiten almacenar un volumen de agua proveniente de las lluvias, volumen que es descargado paulatinamente al cauce principal del río Yauli.

Además se cuenta con un caudal controlado por la presa Pomacocha ubicado en el cierre de la laguna Pomacocha, este caudal es transportado por medio de canales hacia la central hidroeléctrica Hidro-Pachachaca ubicado a 20 km aguas debajo. Estas aguas son descargadas hacia el río Yauli en cercanías del poblado de Pachachaca.

5 CLIMA

El área del proyecto se ubica a una altitud aproximada de 4,000 m s.n.m. con un clima frío debido a la altitud de la zona.

En cuanto a lluvias, el área está afectada en su mayor parte por un periodo lluvioso, con máximas precipitaciones entre los meses de noviembre y abril, cayendo abundantes lluvias, nevada y granizo. El periodo de sequía corresponde a los meses de mayo a noviembre. La temperatura máxima alcanza alrededor de los 17°C, bajando a los valores mínimos de -13°C en julio y cercanos a 0°C entre septiembre y diciembre. La temperatura media es de 5.7°C, conforme a la información obtenida en la estación de Pachachaca a 4,000 m s.n.m.

5.1 EVAPORACIÓN

La evaporación promedio anual del sector varía entre 840 y 880 mm (según los antecedentes). Los registros de evaporación utilizados provienen de la estación Pomacocha (Ref. 3). En la Tabla 5.1 se presentan los promedios de evaporación mensual.

Tabla 5.1 Parámetros Hidrológicos Evaporación (mm) (Ref. 3)

Escenario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Promedio	91	86	82	74	76	75	62	54	63	74	78	65	880

5.2 PRECIPITACIONES

Los registros de precipitación utilizados provienen de la estación Pomacocha (Ref. 3). En la Tabla 5.2 se presentan los promedios de precipitación mensual y los escenarios de años secos y húmedos correspondientes a años 1988 y 1973. Las lluvias del año se concentran en el periodo de noviembre a abril, llegando a acumular un 80% del total anual.

Tabla 5.2 Parámetros Hidrológicos Precipitación (mm) (Ref. 3)

Escenario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Húmedo	169	165	215	71	19	18	21	26	76	160	55	194	1188
Promedio	128	130	125	71	35	17	18	27	55	71	72	99	845
Seco	142	95	93	82	7	0.5	0	0	35	98	0	144	576

La relación intensidad duración de las lluvias máximas se ha determinado aprovechando el modelo ILLA (Estudio La Hidrología del Perú, Senamhi-Uni-Illa, 1983). La Tabla 5.3 muestra la curva Intensidad Duración para el sitio del estudio para diversos periodos de retorno.

Tabla 5.3 Intensidad – Duración –Frecuencia (mm) (Ref. 1)

Periodo (años)	10	20	50	100	500
P24 (mm)	50.7	61.5	77.8	92.1	132.2
Duración t (hr)	It (mm/hora)	It (mm/hora)	It (mm/hora)	It (mm/hora)	It (mm/hora)
0.08	46.7	56.6	71.7	84.8	121.7
0.17	40.3	48.9	61.9	73.2	105.1
0.50	27.0	32.7	41.4	49.0	70.3
1.00	18.8	22.8	28.8	34.1	48.9
2.00	12.3	14.9	18.8	22.3	32.0
4.00	7.7	9.3	11.8	14.0	20.0
6.00	5.8	7.0	8.9	10.5	15.1
10.00	4.0	4.9	6.2	7.3	10.4
14.00	3.1	3.8	4.8	5.7	8.2
18.00	2.6	3.2	4.0	4.7	6.8
24.00	2.1	2.6	3.2	3.8	5.5

6 ESCORRENTIAS SUPERFICIALES

6.1 CAUDALES PICOS

Las corrientes superficiales en el área de la presa de relaves están constituidos por:

- Una correntera mediana que corre por el borde Este.
- Otra correntera pero pequeña que discurre por el borde Oeste y que actualmente es tomada por el canal de coronación.
- Flujo esparcido proveniente de las laderas ubicadas al Norte.
- Flujo proveniente del canal de coronación de la relavera N°5.



Figura 6.1 Figura Esquemática Cuencas (Ref. 4)

El terreno laderas arriba de la presa de relaves, se caracteriza por la existencia de flujos concentrados, escorrentías que ocurren en la ladera son predominantemente del tipo esparcido, flujos lentos de muy poco tirante que no causan erosión alguna en el terreno cubierto de hierbas cortas. La ladera tiene 450 m de ancho casi uniforme, y un declive del orden del 30%.

Las pequeñas quebradas que se presentan en el relieve de las laderas son de tipo ondulado, las cuales se cruzan desordenadamente con terracerías de deyección o acumulación de materiales a diferentes niveles, lo que esparce el flujo, no habiéndose observado en el terreno cauces notorios. Las descargas máximas esperadas escurriendo de las laderas se indican en la Tabla 6.1.

En la Tabla 6.1 también se presentan los cálculos para los flujos en las corrientas mencionadas. La corriente ubicada hacia el Este se encuentra al borde o fuera de los límites de la Presa. La corriente ubicada al extremo Oeste es desviada hacia el canal de coronación como ya se señaló, lo mismo que el flujo proveniente del canal de coronación de la relavera N°3.

Tabla 6.1 Caudales de Diseño (Ref. 1)

Canal	T (años)	Tc (horas)	I (mm/horas)	C	A (Km ²)	ΣCA (Km ²)	Q (m ³ /s)
Quebrada Sachuna (borde Este)	20	1.10	21.5	0.44	6.06	2.6664	15.97
	50	1.10	27.3	0.48	6.06	2.9088	22.05
	100	1.10	32.2	0.50	6.06	3.0300	27.17
Laderas arriba de relavera N°06	20	0.60	29.9	0.44	0.16	0.0704	0.59
	50	0.60	37.9	0.48	0.16	0.0768	0.81
	100	0.60	44.8	0.50	0.16	0.0800	1.00
Quebrada (borde Oeste)	20	0.40	36.1	0.44	0.05	0.0220	0.22
	50	0.40	45.7	0.48	0.05	0.0240	0.31
	100	0.40	54.1	0.50	0.05	0.0250	0.38
Laderas arriba de relavera N°05	20	0.90	24.2	0.39	0.52	0.2028	1.36
	50	0.90	30.6	0.43	0.52	0.2236	1.90
	100	0.90	36.2	0.46	0.52	0.2392	2.41

Donde:

- T: Período de retorno
- Tc: Tiempo de concentración
- I: Intensidad
- C: Coeficiente de escorrentía
- A: Área
- Q: Caudal pico

7 CONCLUSIONES

La información proporcionada por el cliente y los antecedentes recopilados son suficientes para generar un capítulo hidrológico que respalde el diseño de las obras del proyecto de Recreimiento del Depósito de Relaves N° 06 Mahr Túnel.

El balance de aguas de la relavera N° 06 se basará en el estudio de Golder (Ref. 3), y cuyas características de evaporación y precipitación se presentan en Tabla 5.1 y Tabla 5.2 ya mostradas.

Para el diseño o verificación del canal de coronación se utilizará la Tabla 5.3 de intensidad duración de la precipitación y la información de esorrentia esperada de la Tabla 6.1.

MEMORANDUM

Asunto / Subject:
Hidrogeología

De / From:
José Campaña
Rodrigo Aserjo

A / To:
Ruben Larenas (VOLCAN)

Fecha / Date:
14 de febrero de 2017

Referencia / Reference:
3626-0000-MM-005
Rev. 1

Copias / Copies:
P-3626
Hugo Quelopana

GEOTECNICA CONSULTORES SA
Elisdon Yañez 1893
Providencia
Santiago
Chile
C.P. 684 000 8
Fono: (56-2)381 6000
Fax: (56-2)381 6001
Email: arcadis@arcadis.cl

**INGENIERÍA DE DETALLE PARA EL RECRECIMIENTO
DEL DEPÓSITO DE RELAVES N°06 MAHR TUNEL
DE LA COTA 4016.6 MSNM A 4035 MSNM**

HIDROGEOLOGÍA

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	2
2	OBJETIVO	2
3	ANTECEDENTES	2
4	RASGOS GEOMORFOLÓGICOS DEL ÁREA	2
5	HIDROGEOLOGIA DEL ÁREA	3
5.1	EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA.....	3
5.2	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD.....	4
6	CONCLUSIONES	4

1 INTRODUCCIÓN

Volcan Compañía Minera S.A.A. opera un complejo de minas subterráneas y a tajo abierto, una concentradora, campamentos y otras instalaciones en el distrito y provincia de Yauli, departamento de Junín.

La unidad Minera Mahr Túnel se ubica en el distrito y provincia de Yauli, en la zona central del Perú, a una altitud promedio de 4000 m s.n.m. El área del Proyecto se encuentra emplazada en la margen izquierda del valle del río Yauli, a 2 km aguas abajo de la Concentradora de Mahr Túnel.

La construcción del dique de arranque de la Presa de Almacenamiento de Relaves N° 06 Mahr Túnel, se ubica en el área adyacente a la Presa de Relaves N° 5 que se encuentra en etapa de cierre. El dique de arranque se eleva hasta la cota 3996.6 m s.n.m. y tiene actualmente una altura máxima de 12 m con respecto al nivel de cimentación.

En el presente documento se incluye una síntesis de los aspectos hidrogeológicos más importantes de la zona donde se emplaza la relavera N°06.

2 OBJETIVO

Presentar los antecedentes hidrogeológicos para el proyecto *Ingeniería de Detalle para el Recreimiento del Depósito de Relaves N° 06 Mahr Túnel de la Cota 4016.6 m s.n.m. a 4035 m s.n.m.*

3 ANTECEDENTES

La elaboración de este memorándum se basa en la revisión de los siguientes antecedentes:

1. Presa de Almacenamiento de Relaves N°6 Mahr Túnel, Memoria Descriptiva, Tecnología y Proyectos S. A. C. (TECPROSA), Lima, junio 2006.
2. Verificación de la Estabilidad Física del Depósito de Relaves N°06 – Mahr Túnel, Hidroenergía, enero 2017.
3. Plano N° 101-14. Geología de la zona. Hidroenergía, enero 2017.

4 RASGOS GEOMORFOLÓGICOS DEL ÁREA

El área de interés se encuentra emplazado dentro del valle del río Yauli; esta unidad geomorfológica presenta un típico modelado glacial, con sección transversal en forma de "U" tapizado sobre depósitos glaciales morrénicos y fluvio-glaciales.

Este valle en sección transversal se caracteriza por presentar superficies de relieve moderado, cumbres concordantes y/o terrazas de depósitos fluvio-glaciales, localmente con superficies suaves y empinadas.

5 HIDROGEOLOGIA DEL ÁREA

Las condiciones hidrogeológicas del área están relacionadas íntimamente con la naturaleza de los depósitos cuaternarios, así como el aporte hídrico de las precipitaciones y escurrimiento.

El cuaternario en el área del proyecto está representado por depósitos morrénicos (Q-mo), depósitos fluvio-glaciales (Q-fg) y bofedales (Q-bo).

Los depósitos morrénicos y fluvio-glaciales aparentemente son permeables y dejan filtrar el agua de precipitación hasta tocar con los primeros niveles arcillosos, generando el nivel freático superficial que se deprime rápidamente en los meses secos, es decir, que existen condiciones geológica-hídricas que influyen en la alimentación del agua subterránea.

Los rasgos geomorfológicos de la zona conllevan un flujo de agua tanto superficial como subterráneo por el río Yauli. Dado que relavera N°06 se ubica en una de las riveras del río Yauli los flujos de agua que se originan en esta zona son aportantes al río Yauli. Destaca el límite Este del depósito que corresponde al riachuelo de la quebrada Batiapampa.

5.1 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

En el año 2001, Consulcont S.A.C. exploró el área del estudio mediante métodos directos e indirectos. Los métodos directos de exploración del subsuelo fueron calcatas, trincheras, ensayos de penetración estándar, ensayos de penetración con el cono de Peck, cono de Sowers, ensayos de permeabilidad in situ y sondajes diamantinos. El método indirecto de exploración del subsuelo fue el ensayo de refracción sísmica.

Se ejecutó además un programa de ensayos de laboratorio el que incluye ensayos de permeabilidad, los cuales fueron ejecutados en el Laboratorio Geotécnico del Centro Peruano de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

5.2 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD

De los resultados obtenidos en los ensayos de permeabilidad realizados en los suelos en el área de estudio y los que conforman la relavera, se estimaron coeficientes de permeabilidad k representativos (más probables), los cuales se presentan en la Tabla 5.1 y son los mismos que se utilizaron en el análisis de redes de flujo realizado por Hidroenergía en 2017.

Tabla 5.1 Coeficientes de permeabilidad de los suelos (Ref. 2)

MATERIAL	PERMEABILIDAD k [cm/s]
1.0 Fundación: Morrena	1.8e-7
1.1 Fundación: Lente de arena	1.0e-4
1.2 Fundación: Capa de arcilla	1.0e-7
1.3 Fundación: Relleno	1.0e-4
2. Dique de arranque	1.8e-7
3. Relave fino	1.0e-7
4. Relave grueso	5.6e-4

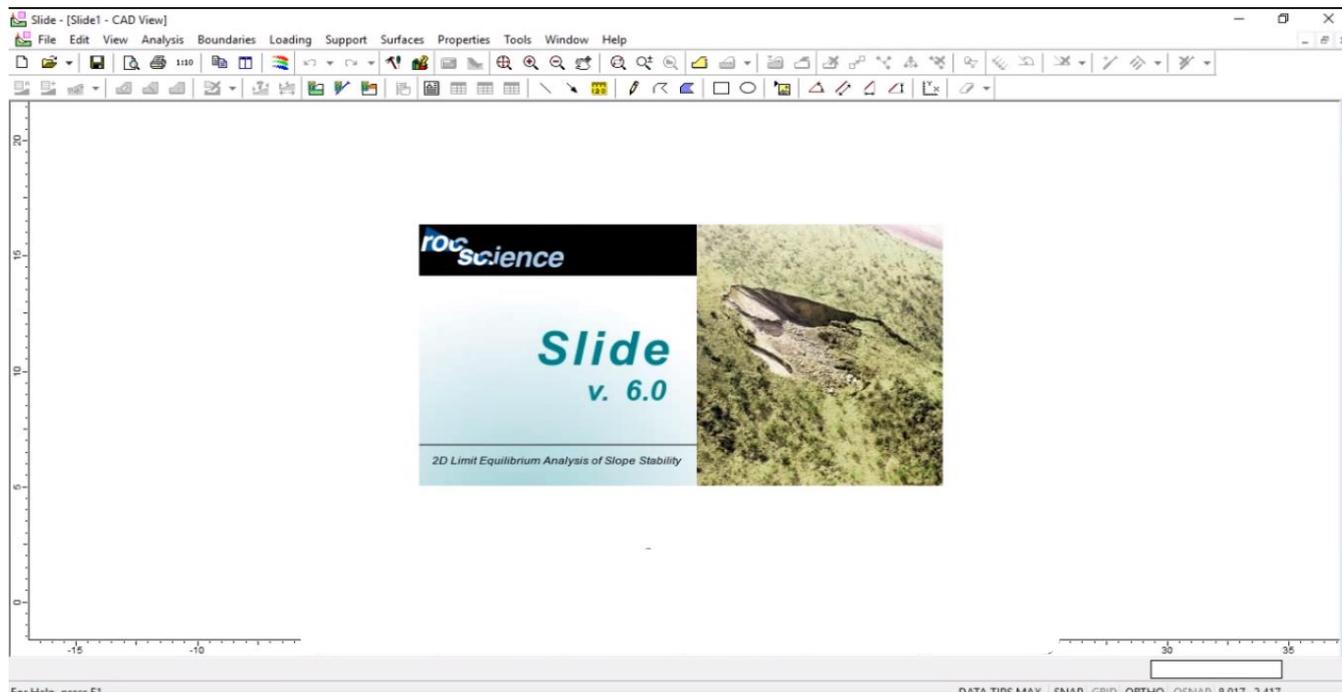
6 CONCLUSIONES

De acuerdo a la revisión de antecedentes realizada, es posible obtener las siguientes conclusiones:

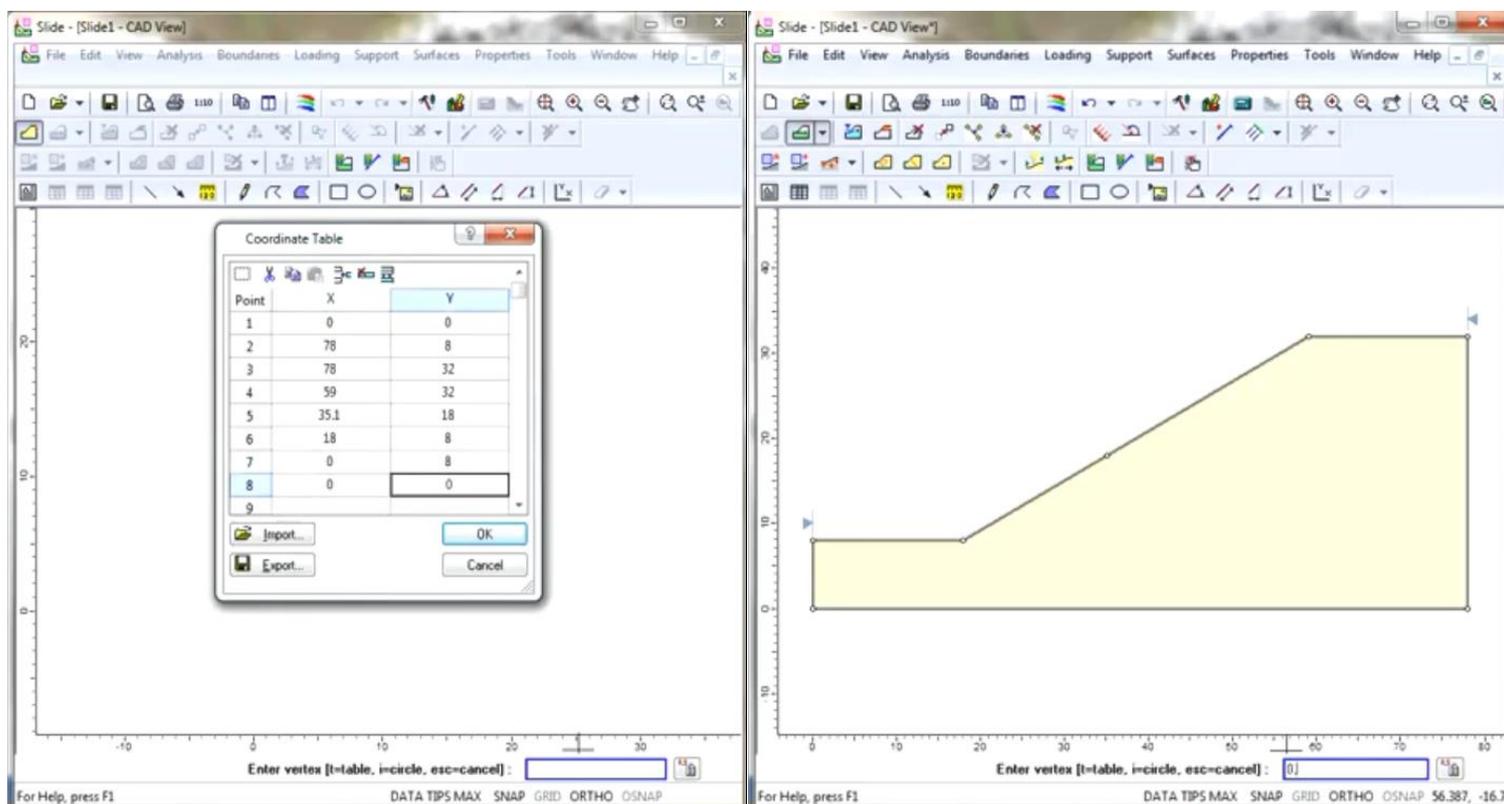
- El área de emplazamiento de la relavera N°6 está conformada principalmente por depósitos morrénicos (material gravo limo arcilloso, aglutinado cantos y bloques) y bofedales (suelos saturados con vegetación, con materia orgánica, bajo los cuales se generaron suelos blandos arcillo limosos, los cuales fueron removidos y reemplazados por suelo granular para servir de base al dique de arranque).
- Los coeficientes de permeabilidad k , para los suelos que conforman el área en estudio y la relavera existente fueron estimados a base de ensayos de permeabilidad in situ y en laboratorio. Estos coeficientes de permeabilidad, mostrados en Tabla 5.1, son representativos de las unidades hidrogeológicas a ser usadas en el análisis de filtraciones desde el depósito.

Anexo 5: PROCESO DEL MODELAMIENTO EN EL SOFTWARE v.6.0

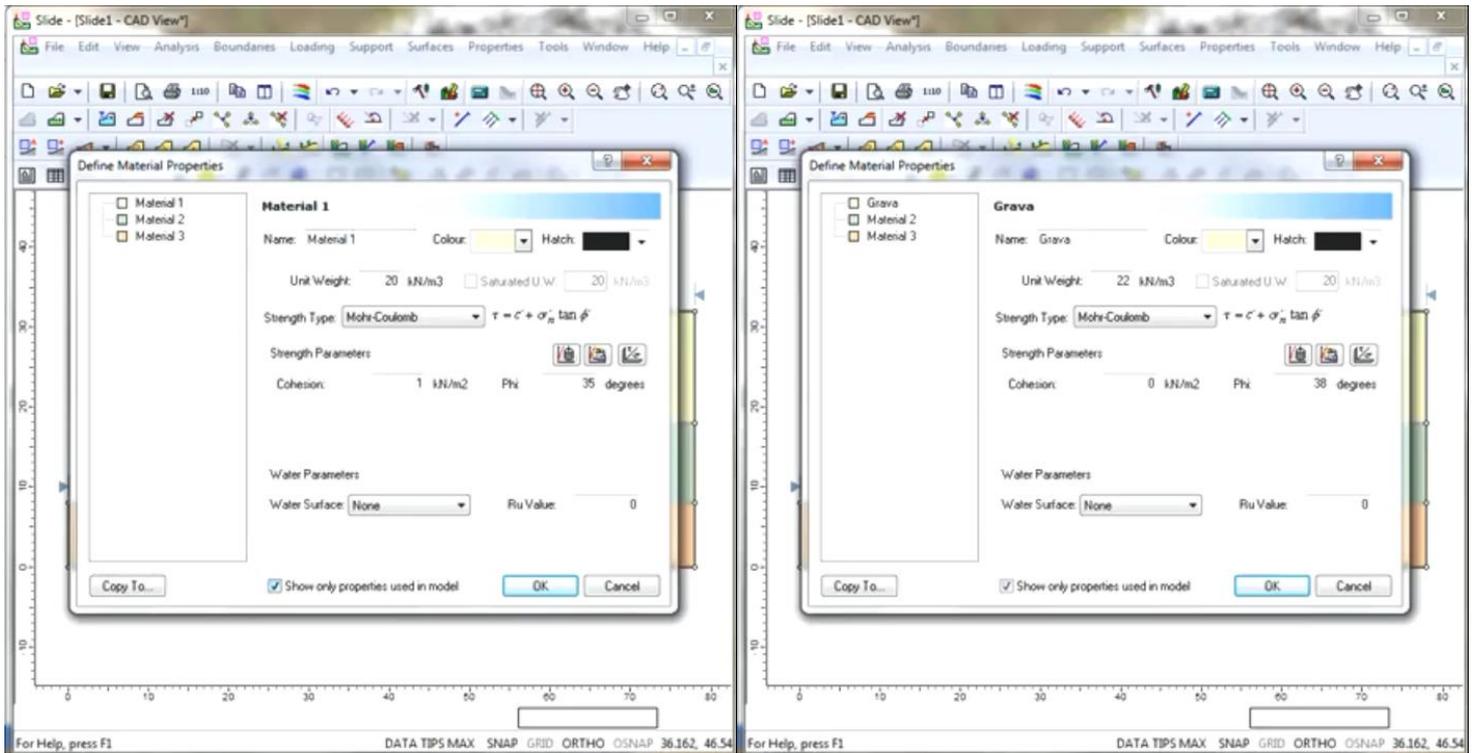
1. Ejecutar el programa Slide v6.0



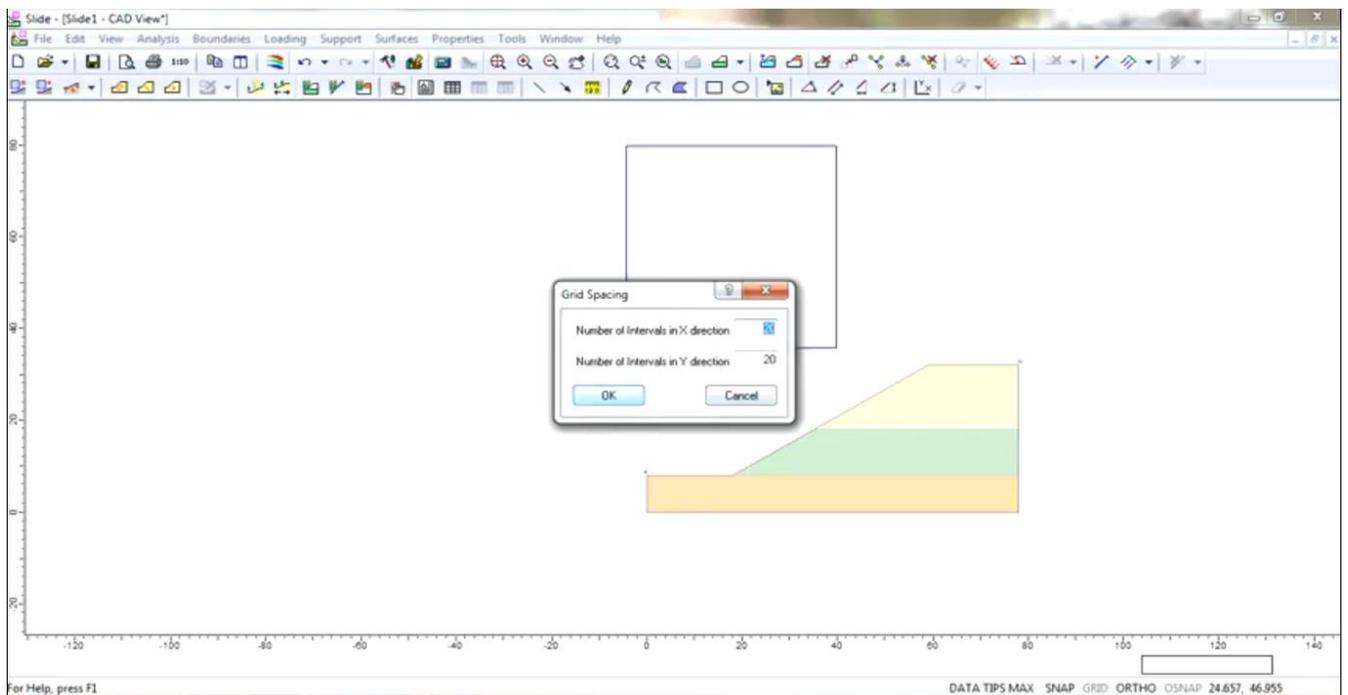
2. Colocación de coordenadas



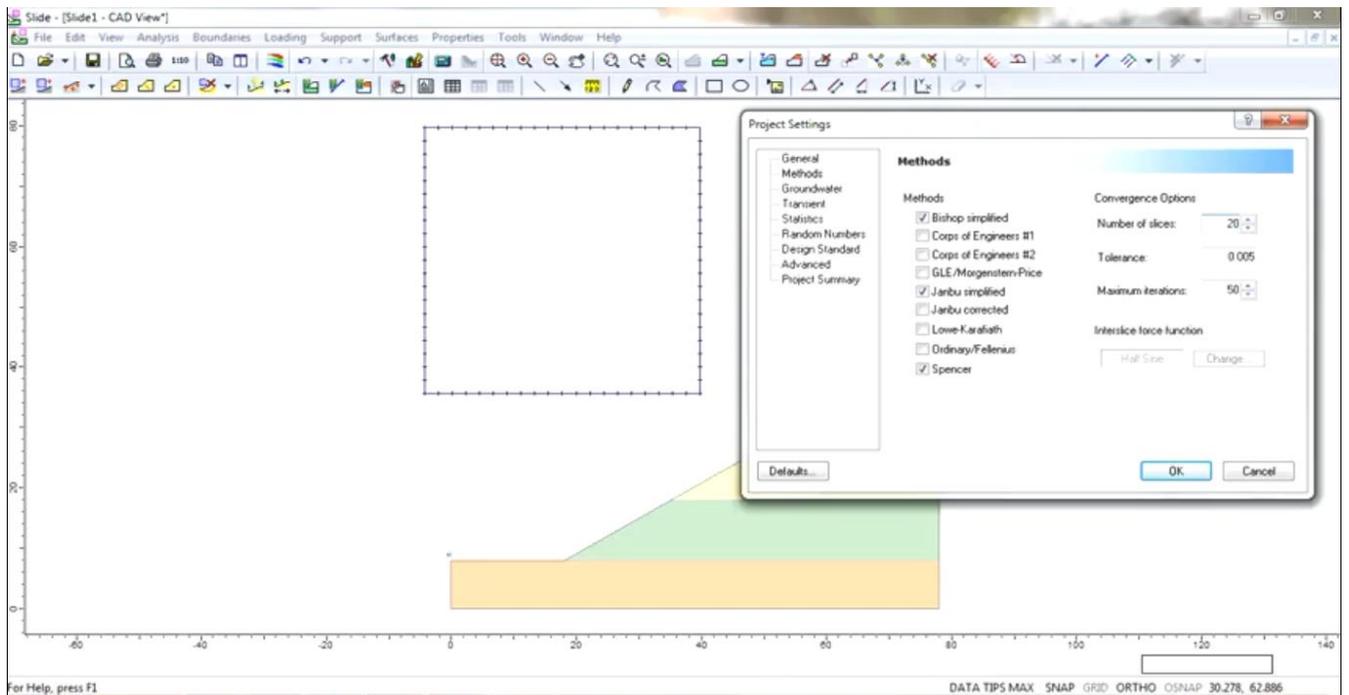
3. Se define las características del material y colocación de datos como el C y ϕ



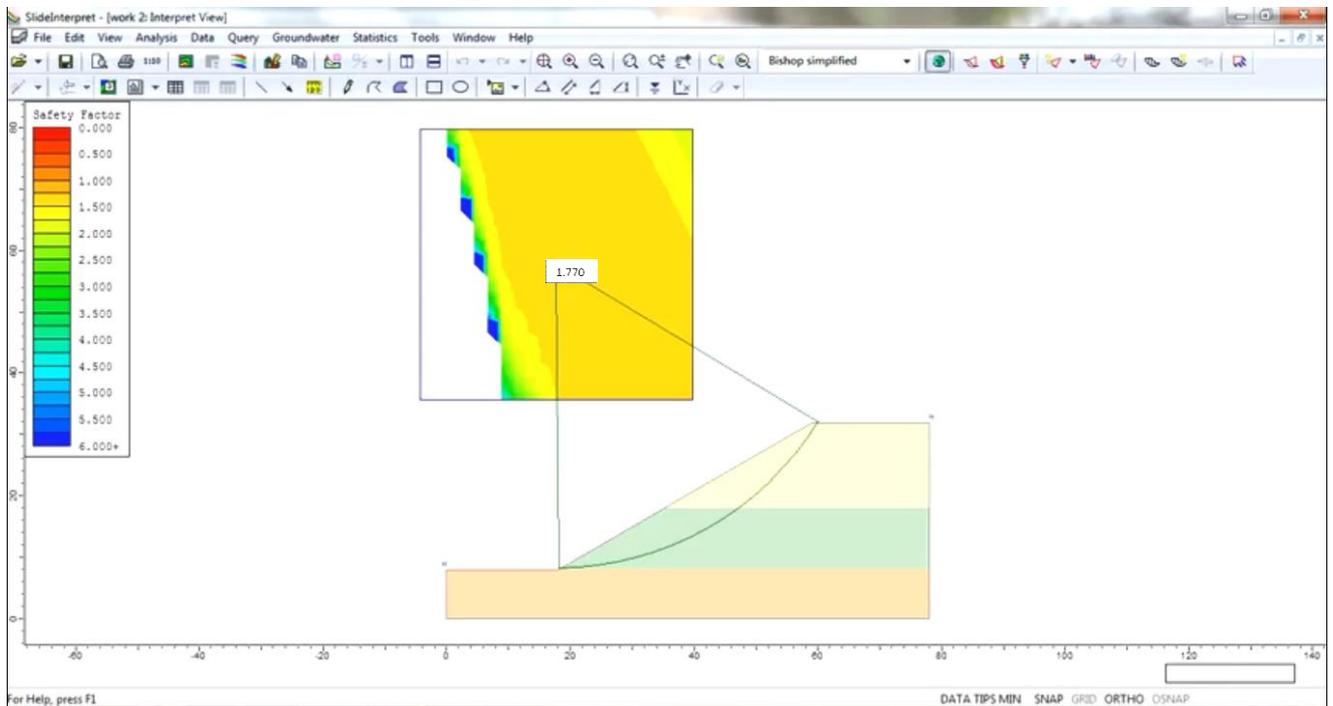
4. Se coloca el número de intervalos en la dirección X,Y



5. Se define el método, en este caso Bishop y también se coloca el número de dovelas



6. Por último se guarda el trabajo y se hace la interpretación (clic) y obtenemos el F.S



7. Se puede visualizar el número de dovelas dadas al programa.

