

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia

**PASADAS DE CAMIONES MINEROS Y COMPACTACIÓN DE
RELLENO ESTRUCTURAL EN EL DIQUE DE LA
PRESA DE RELAVES DE LA MINA
CONSTANCIA**

TESIS

Presentada por:

Bach. Edgard Joel Vargas Huanca

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO

TACNA – PERÚ

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
Faculta de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica-Geotecnia

HOJA DE JURADO

TESIS

“PASADAS DE CAMIONES MINEROS Y COMPACTACIÓN DE RELLENO
ESTRUCTURAL EN EL DIQUE DE LA PRESA DE RELAVES DE LA MINA
CONSTANCIA”


Presentado por el bachiller Edgard Joel Vargas Huanca
Para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo-Geotécnico

Tesis sustentada y aprobada el 13 de julio del 2023 (RF N°423-23-FIAG/UNJBG)
con el siguiente jurado:

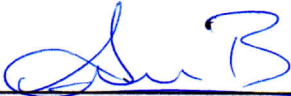
Presidente


: _____
MSc. Ing. CONRADO GABINO BEDOYA JAÉN

Miembro – Secretario


: _____
M.Sc. Ing. GINA MACKLINA CHAMBI TAPAHUASCO

Miembro


: _____
Ing. MIGUEL ANGEL BANDA FLORES

Asesor de Tesis


: _____
Ing. HISMAEL TÍBURCIO RODRÍGUEZ ILLACHURA

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo HISMAEL TIBURCIO RODRIGUEZ ILLACHURA en mi condición de asesor acreditado por la Resolución de Facultad N° 427-2021-FIAG/ de la tesis titulado PASADAS DE CAMIONES MINEROS Y COMPACTACION DE RELLENO ESTRUCTURAL EN EL DIQUE DE LA PRESA DE RELAVES DE LA MINA CONSTANCIA, Presentado por el Bachiller EDGARD JOEL VARGAS HUANCA para optar el título de Ingeniero Geólogo – Geotécnico.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual Antiplagio TURNITIN, cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es 8 % Por lo que CERTIFICO LA SIMILARIDAD de la tesis titulado PASADAS DE CAMIONES MINEROS Y COMPACTACION DE RELLENO ESTRUCTURAL EN EL DIQUE DE LA PRESA DE RELAVES DE LA MINA CONSTANCIA está de acuerdo al nivel PERMITIDO, para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio Institucional.

Se emite el presente certificado con fines de continuar con los trámites respectivos para su obtención del título profesional.


Docente Asesor de Tesis
HISMAEL TIBURCIO RODRIGUEZ ILLACHURA
DNI N° 80027763



DEDICATORIA

A mi familia, mis padres, mi esposa y mis hijos, porque son lo más hermoso de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la vida, a mi asesor de tesis, el Ingeniero Hismael Rodriguez; a mis jurados revisores: Pio Coila Valdez, Gina Chambi Tapahuasco y Miguel Banda Flores.

Muchas gracias.

CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I	3
ASPECTOS GENERALES	3
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1.1. Formulación del problema	3
1.1.2. Preguntas específicas	3
1.2. FUNDAMENTO Y JUSTIFICACIÓN	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
1.4. HIPOTESIS	5
1.5. VARIABLES	5
1.6. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	5
CAPITULO II	9
MARCO TEORICO.....	9

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
2.2. MARCO CONCEPTUAL	14
2.2.1. Presas de Relave	17
2.2.2. Definiciones	24
CAPITULO III	30
MARCO GEOLOGICO	30
3.1. GEOLOGÍA REGIONAL.....	30
3.2. GEOLOGÍA LOCAL	32
CAPITULO IV	35
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	35
4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	35
4.2. UNIDAD DE ESTUDIO.....	35
4.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	36
4.4. POBLACIÓN Y MUESTRA	36
4.5. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	37
CAPITULO V	38
TECNICAS, INSTRUMENTOS Y RECOLECCION DE DATOS.....	38
5.1. EJECUCION DE PLATAFORMAS DE PRUEBA	38
5.2. RECURSOS.....	39
5.3. MATERIAL DE ESTUDIO.	42
5.4. MUESTREO DE MATERIAL.....	43
5.5. CONFORMACIÓN DE PLATAFORMAS DE PRUEBA.....	45

5.6. COMPACTACIÓN DE PLATAFORMAS DE PRUEBA.....	50
CAPITULO VI	53
RESULTADOS Y ANALISIS.....	53
6.1. CONTROLES DE ASENTAMIENTO EN PLATAFORMAS DE PRUEBA.	53
6.2. CONTROLES DE DENSIDAD EN PLATAFORMAS DE PRUEBA.	61
6.2.1. Ensayo de densidad Método Reemplazo por agua (ASTM D5030)	62
6.2.2. Resultado de ensayos de reemplazo por agua.	68
6.2.3. Historial de ensayos de reemplazo por agua a 06 pasadas en las capas de relleno del TMF. 78	
6.3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS MATERIALES.....	85
CAPITULO VII	93
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	93
CAPITULO VIII	98
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
ANEXOS	104

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Plano de Ubicación de La Mina Constancia	7
Figura 2 Plano de Ubicación del Depósito de Relaves (TMF)	8
Figura 3 Sección Típica del Dique del TMF a la cota 4100 msnm.....	16
Figura 4 Diseño Final del Depósito de Relaves (TMF).....	16
Figura 5 Vista Aérea del Depósito de Relaves (TMF).....	17
Figura 6 Método Aguas Arriba.....	21
Figura 7 Método Aguas Abajo.....	23
Figura 8 Método Línea Central.....	24
Figura 9 Muestreo de Material Enrocado Estructural en Tajo Constancia.....	44
Figura 10 Esquema de Conformación de Plataforma de Prueba.....	46
Figura 11 Descarga de Material Enrocado Estructural para Plataforma de Prueba.....	47
Figura 12 Nivelación de Material Enrocado Estructural	47
Figura 13 Sectorización de Plataformas de Prueba IE-EVI-005 y IE-EVI-007.....	48
Figura 14 Sectorización de Plataforma de Prueba IE-EVI-008.....	49
Figura 15 Sectorización de Plataforma de Prueba IE-EVI-010.....	49
Figura 16 Control Topográfico de Plataforma de Prueba.....	50
Figura 17 Camión Minero CAT 793F	51
Figura 18 Proceso de Compactación de Plataforma de Prueba.....	52
Figura 19 Control de Asentamientos en los Puntos de Control.....	54
Figura 20 Curva de Asentamientos en Plataforma de Prueba IE-EVI-005.....	55
Figura 21 Asentamientos en Plataforma de Prueba IE-EVI-007.....	56

Figura 22	Asentamientos en Plataforma de Prueba IE-EVI-008.	57
Figura 23	Asentamientos en Plataforma de Prueba IE-EVI-010.	59
Figura 24	Asentamientos en Plataformas de Prueba (Consolidado).....	59
Figura 25	Asentamiento promedio de plataformas de prueba a 06 pasadas.	61
Figura 26	Nivelación de Marco de Madera y Colocación de Plástico	63
Figura 27	Pesaje de Material Extraído del Hoyo de Prueba.	64
Figura 28	Llenado de agua en el Hoyo de Prueba.....	65
Figura 29	Densidad Seca vs N° Pasadas, Plataforma de Prueba IE-EVI-005.....	69
Figura 30	Densidad seca vs. N° Pasadas, Plataforma de Prueba IE-EVI-007.	70
Figura 31	Densidad seca vs. N° Pasadas, Plataforma de Prueba IE-EVI-008.	72
Figura 32	Densidad seca vs. N° Pasadas, Plataforma de Prueba IE-EVI-010.	73
Figura 33	Densidad Seca Vs N° Pasadas en Profundidad 000-500 mm.....	75
Figura 34	Densidad Seca Vs N° Pasadas en Profundidad 500-1000 mm.....	76
Figura 35	Densidad Seca Vs N° Pasadas en Profundidad 000-1000 mm.....	77
Figura 36	Ensayos de Reemplazo por Agua a 06 pasadas (Profundidad 000-500 mm.).	80
Figura 37	Ensayos de Reemplazo por Agua a 06 Pasadas (Profundidad 500-1000 mm.).....	81
Figura 38	Ensayos de Reemplazo por Agua a 06 Pasadas (Profundidad 000-1000 mm).....	82
Figura 39	Ensayos de Reemplazo por Agua en Plataforma de Prueba N° IE-EVI-005.....	83
Figura 40	Ensayos de Reemplazo por Agua en Plataforma de Prueba N° IE-EVI-007.....	83
Figura 41	Ensayos de Reemplazo por Agua en Plataforma de Prueba N° IE-EVI-008.....	84
Figura 42	Ensayos de Reemplazo por Agua en Plataforma de Prueba N° IE-EVI-010.....	84
Figura 43	Curvas Granulométricas en Plataforma de Prueba N° IE-EVI-005.....	86

Figura 44	Curvas Granulométricas en Plataforma de Prueba N° IE-EVI-007.....	88
Figura 45	Curvas Granulométricas en Plataforma de Prueba N° IE-EVI-008.....	89
Figura 46	Curvas Granulométricas en Plataforma de Prueba N° IE-EVI-010.....	91
Figura 47	Curvas Granulométricas Promedio de Plataforma de Prueba	92

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Plan de Apilamiento Anual de Enrocado Estructural para Dique del TMF.	15
Tabla 2 Huso Granulométrico del Material Enrocado Estructural.....	43
Tabla 3 Características Geológicas y Mecánicas del Material Enrocado Estructural.....	44
Tabla 4 Cuadro de Asentamientos en Plataforma de Prueba IE-EVI-005.....	55
Tabla 5 Cuadro de Asentamientos en Plataforma de Prueba IE-EVI-007.....	56
Tabla 6 Cuadro de Asentamientos en Plataforma de Prueba IE-EVI-008.....	57
Tabla 7 Cuadro de Asentamientos en Plataforma de Prueba IE-EVI-010.....	58
Tabla 8 Cuadro Consolidado de Asentamientos Promedio a 06 pasadas	60
Tabla 9 Volumen de Material Requerido en Base al Tamaño Máximo de Partícula.	62
Tabla 10 Densidad del Agua en Función de la Temperatura	67
Tabla 11 Resultados de Densidades, Plataforma de Prueba IE-EVI-005	68
Tabla 12 Resultados de Densidades, Plataforma de Prueba IE-EVI-007	70
Tabla 13 Resultados de Densidades, Plataforma de Prueba IE-EVI-008	71
Tabla 14 Resultados de Densidades, Plataforma de Prueba IE-EVI-010	73
Tabla 15 Resumen de Densidades de Plataformas de Prueba a 06 pasadas.	74
Tabla 16 Resumen de Densidades Secas promedio, espesor de 1000 mm.....	77
Tabla 17 Historial de Reemplazos por Agua a 06 Pasadas (julio - agosto 2018).....	79
Tabla 18 Clasificación de suelos SUCS, Plataforma de Prueba IE-EVI-005.....	86
Tabla 19 Clasificación de suelos SUCS, Plataforma de Prueba IE-EVI-007.....	87
Tabla 20 Clasificación de suelos SUCS, Plataforma de Prueba IE-EVI-008.....	89
Tabla 21 Clasificación de suelos SUCS, Plataforma de Prueba IE-EVI-010.....	90

INDICE DE PLANOS

Plano 1 Geología Regional.....	31
Plano 2 Geología Local.....	33
Plano 3 Geomorfología Regional.....	34

ANEXOS

Resumen de ensayos realizados a los materiales muestreados en Tajo mina constancia previo a la realización de las plataformas de prueba.

Resumen de ensayos realizados al material muestreado en la plataforma de prueba IE-EVI-005.

Resumen de ensayos realizados al material muestreado en la plataforma de prueba IE-EVI-007.

Resumen de ensayos realizados al material muestreado en la plataforma de prueba IE-EVI-008.

Resumen de ensayos realizados al material muestreado en la plataforma de prueba IE-EVI-010.

Resumen de control de compactación in situ plataforma de prueba IE-EVI-005.

Resumen de control de compactación in situ plataforma de prueba IE-EVI-007.

Resumen de control de compactación in situ plataforma de prueba IE-EVI-008.

Resumen de control de compactación in situ plataforma de prueba IE-EVI-010.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la cantidad de pasadas de camiones mineros CAT 793F sobre las capas de relleno ubicadas en el espaldón del Dique de la Presa de relaves TMF de la mina Constancia, para alcanzar la compactación requerida en base a las Especificaciones Técnicas del Proyecto con el fin de brindar soporte y estabilidad a todo el Dique.

Para determinar los parámetros mencionados se realizaron plataformas de prueba, donde se pudo realizar diversos ensayos para evaluar las propiedades físicas del material de relleno en base a las normas ASTM, los cuales fueron registrados y evaluados.

Se obtuvieron las conclusiones referentes a la influencia de la granulometría y compactación, validando la hipótesis planteada al evidenciar que los parámetros mencionados si afectan en la compactación de los rellenos, se puede concluir que a una granulometría más graduada la compactación mejora, logrando en esta etapa una optimización en cuanto a tiempo, uso de recursos y por ende en el costo.

Palabras clave: Camión minero, compactación, número de pasadas y granulometría.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the number of CAT 793F mining truck passes over the fill layers located in the shoulder of the TMF tailings dam of the Constancia mine, to achieve the required compaction based on the Technical Specifications of the Project in order to provide support and stability to the entire Dam.

To determine the aforementioned parameters, test platforms were carried out, where various tests could be carried out to evaluate the physical properties of the filler material based on ASTM standards, which were registered and evaluated.

The conclusions regarding the influence of the granulometry and compaction were obtained, validating the hypothesis raised by showing that the mentioned parameters do affect the compaction of the fillings, it can be concluded that at a more graduated granulometry the compaction improves, achieving in this stage an optimization in terms of time, use of resources and therefore in cost.

Keywords: Mining truck, compaction, number of passes and granulometry.

INTRODUCCION

Como parte del recrecimiento del Dique de la Presa de Relaves (TMF) de la mina Constancia, ubicada en el departamento de Cusco, provincia de Chumbivilcas, se requiere gran volumen de material denominado Enrocado Estructural; el cual será colocado en capas controladas aguas abajo de la Presa de Relaves como soporte estructural del Dique (espaldón), contrarrestando de esta manera las fuerzas de empuje del propio relave, dándole la estabilidad requerida.

Este material básicamente será extraído de las zonas NAG (no generadoras de drenaje ácido), del Tajo principal de Mina, siendo transportado por los camiones mineros CAT 793F hacia aguas abajo del Dique de la Presa de Relaves TMF, conformado en capas controladas y compactadas con el propio tránsito de los camiones mineros hasta llegar a la densidad requerida en base a las Especificaciones Técnicas del Proyecto.

De acuerdo con los métodos anteriores de evaluación del material enrocado estructural mediante plataformas de prueba (etapa V, año 2015 al 2017), se venían conformando capas de relleno de 1.00 m de espesor, siendo compactadas en un rango de 16 a 20 pasadas de camión minero cargado en toda su extensión, para poder obtener densidades superiores a 2.00 gr/cm³, (densidad especificada).

Ante este escenario, es imprescindible tomar acciones para disminuir el uso de recursos en la conformación y compactación de las capas de relleno para la construcción del Dique de la presa de relaves TMF, etapa VI (año 2018).

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1. Formulación del problema

¿De qué manera influye la cantidad de pasada de camiones mineros en la compactación del Relleno Estructural en el Dique de la Presa de Relaves de la Mina Constancia?

1.1.2. Preguntas específicas

- ¿Cuál será la influencia de la granulometría de los materiales extraídos de tajo minado en la densificación del relleno estructural?
- ¿Cuál es la relación de las curvas de asentamiento con las curvas de compactación del material de relleno?

1.2. FUNDAMENTO Y JUSTIFICACIÓN

Ante la situación preocupante presentada; a pedido de la Gerencia de Construcción de Hudbay; el equipo de Control de Calidad de Stracon S.A, conjuntamente con la Supervisión de Knight Piésold, nos enfocamos en realizar un plan de estudio a mediano plazo (año 2018) del comportamiento del material

enrocado estructural proveniente del tajo minado, en cuanto a sus características físico mecánicas, realizando plataformas de prueba con el fin reducir la cantidad de pasadas de camión minero en la compactación de las capas de relleno, de esta manera se podrá optimizar el uso de recursos y tiempo para el recrecimiento del Dique la Presa de Relaves (TMF) de la Mina Constancia

El desarrollo de la presente Tesis contendrá un análisis detallado del comportamiento de los rellenos de material enrocado estructural de las diferentes fuentes del Tajo Constancia, plasmadas en plataformas de prueba, realizando un análisis de las curvas granulométricas, y cómo éstas influyen en la densificación de las capas de relleno y en el número de pasadas de camión minero necesarias para la compactación de rellenos.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Determinar las Pasadas de Camiones Mineros para la Compactación del Relleno Estructural en el Dique de la Presa de Relaves de la Mina Constancia.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar los controles de asentamiento en las plataformas de prueba y evaluar su comportamiento en la densificación del relleno estructural.
- Realizar un análisis de la granulometría de los materiales extraídos de tajo minado y evaluar su comportamiento e influencia en la densificación del relleno estructural.

1.4. HIPOTESIS

La cantidad de pasadas de camiones mineros influye en la compactación del Relleno Estructural en el Dique de la Presa de Relaves de la Mina Constancia.

1.5. VARIABLES

Las variables serán las siguientes:

Variable independiente (x): Pasadas de Camión Minero

Variable dependiente f(x): Compactación del Relleno estructural.

1.6. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La Mina Constancia se ubica en las localidades de Uchucarcco y Chilloroya distritos de Chamaca y Livitaca respectivamente, provincia de Chumbivilcas,

departamento del Cusco; a 620 km al sur este en línea recta de la ciudad de Lima. Localmente se ubica a 65 km al noroeste de la ciudad de Yauri – Espinar y a 95 km al sur de la ciudad de Cusco, que representan los pueblos más cercanos a la zona del proyecto.

Geográficamente la Mina Constancia, se ubica en la cordillera occidental del sur de Perú, en la unidad geomorfológica superficie puna, del nudo de Vilcanota. Las coordenadas UTM del Proyecto Constancia son: 196,000 E a 207,000 E y 8'393,500 N a 8'402,200 N y la elevación es variable entre 3,950 y 4,500 msnm.

Existen tres opciones para llegar al proyecto:

La primera ruta: desde Cusco - Urcos - Carretera Sicuani - desvío a Yauri, después por la vía Velille - Santo Tomas hasta el desvío a Livitaca con una longitud total de 308 km.

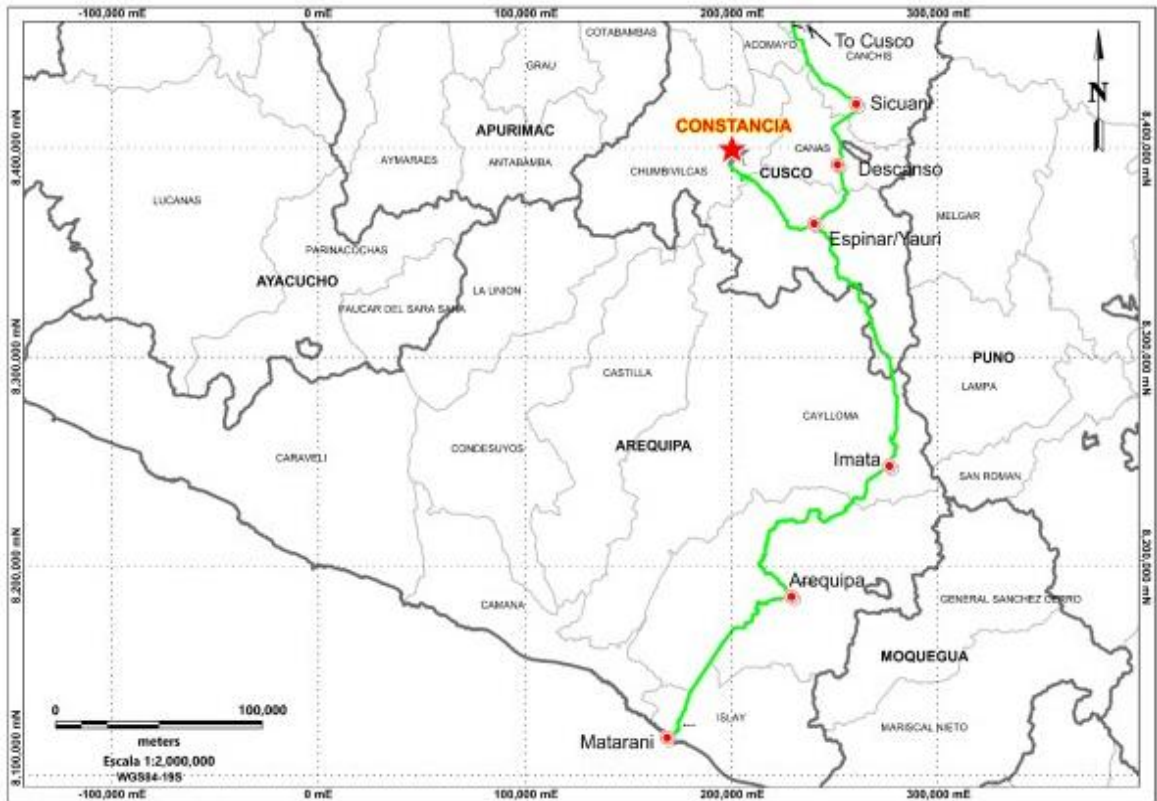
La segunda ruta, desde Cusco, discurre por la vía Cusco – Urcos – Combapata – Yanaoca – Livitaca - Proyecto; con una longitud de 200 km.

La tercera ruta parte desde Arequipa, por la carretera Arequipa – Imata - Yauri, luego recorre el camino Velilla - Santo Tomás hasta el desvío a Livitaca, y de allí al Sitio del Proyecto, la longitud total es de 358 km.

El tiempo de tránsito desde Arequipa hacia el proyecto es de aproximadamente 7 horas en vehículo ligero. Arequipa está conectada por carretera con el puerto de Ilo - Matarani y la ciudad de Lima capital.

Figura 1

Plano de Ubicación de la Mina Constanca

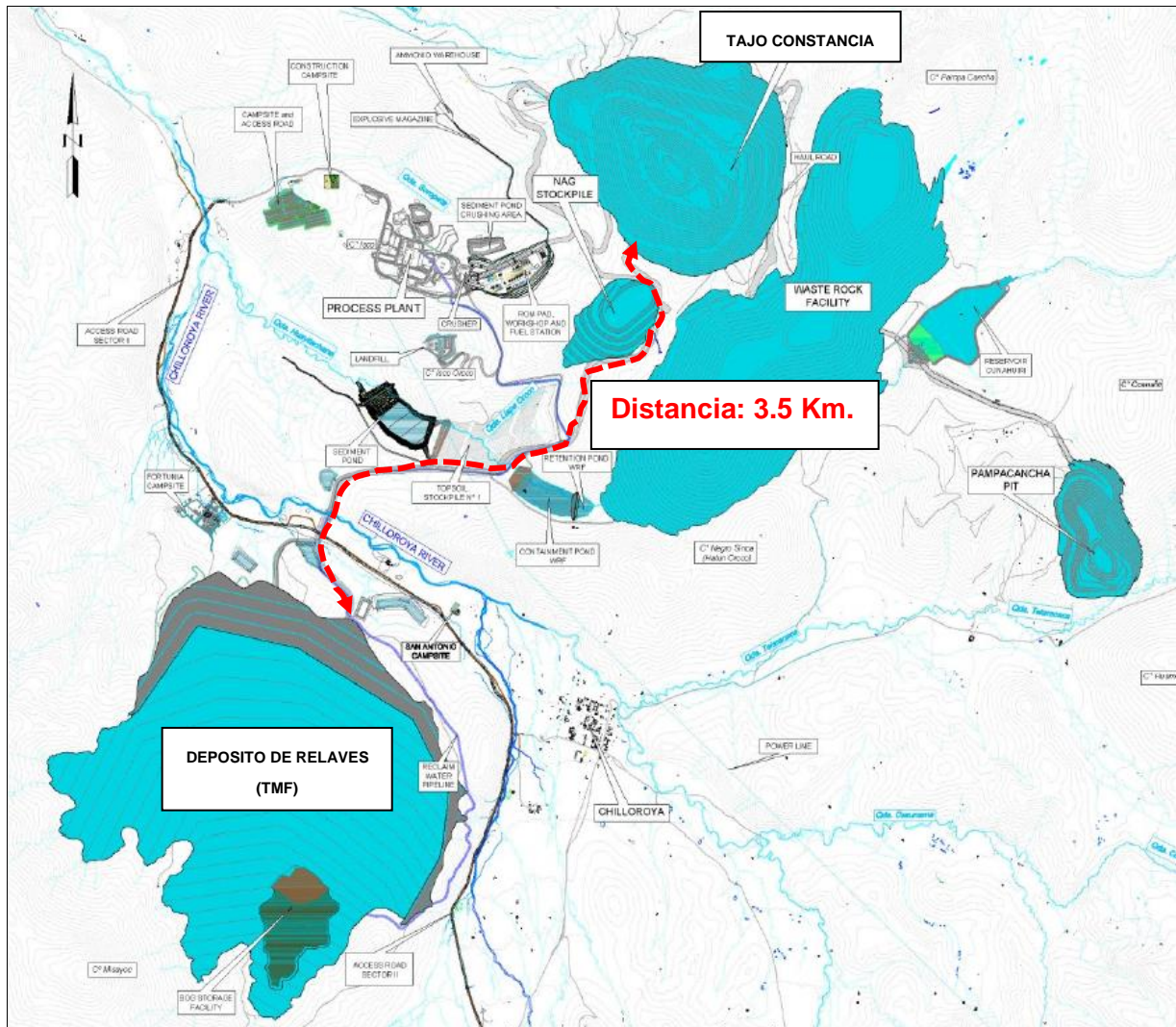


La mina Constanca se ubica en la Provincia de Cusco, La línea verde indica la ruta de tránsito desde el puerto de Matarani hasta llegar a la mina Constanca. Fuente: Reporte Técnico 43-101F1, (HUBBAY, 2018)

Dentro de la mina Constanca, el Depósito de relaves (TMF) se encuentra ubicado a 3,5 km al suroeste del tajo Constanca.

Figura 2

Plano de Ubicación del Depósito de Relaves (TMF)



Ubicación del Depósito de relaves (TMF), dentro de las instalaciones de la Mina Constancia.
Fuente: Reporte Técnico 43-101F1, (HUBBAY, 2018).

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Oscar Manuel Mendoza Azañero (2018) Tesis: “LA INFLUENCIA DEL IP, GRANULOMETRÍA Y EL PORCENTAJE DE COMPACTACIÓN EN LA PERMEABILIDAD DEL MATERIAL TIPO Z1, PARA EL RECRECIMIENTO DEL NÚCLEO DE UNA PRESA DE RELAVES” Su estudio tuvo como objetivo determinar el efecto del índice de plasticidad (IP), el tamaño de grano y la compactación en la permeabilidad del material tipo Z1 (Zona 1), en el recrecimiento del núcleo de la presa de relaves de una mina en Cajamarca. Para determinar los parámetros mencionados en la permeabilidad del material ZONA 1 se realizaron paneles de prueba (Panel Test), se consideraron varios ciclos de pasadas de rodillo compactador, para obtener el porcentaje de compactación con contenidos de humedad óptimos, y porcentajes límites de material retenidos en la malla # 200, índices de plasticidad de acuerdo con lo requerido en las Especificaciones Técnicas (EETT). También se realizaron pruebas de campo y laboratorio según diseño, se recopiló información mediante formatos estandarizados de acuerdo con las normas internacional ASTM. (Mendoza, 2018)

Aguirre Ramos Roberto E. (2017), Tesis: Análisis de la Estabilidad Física de Depósitos de Relaves de la Concesión de Beneficio de la Minera Titán del Perú S.R.L. Concluye: Que antes de hacer cambios en la disposición de los relaves, es necesario realizar un nuevo análisis de estabilidad del depósito de relaves, donde se determine las características geotécnicas de las unidades que se encuentran en la base del depósito de relaves, de los materiales que conforman el terraplén y las características físicas de los relaves que serán depositados. Así también, es necesario tomar medidas de control para evitar el contacto del cuerpo de agua con el dique de contención aguas arriba mediante la formación de una playa de relaves, asimismo se debe tomar en cuenta la construcción de un muro estructural de material de préstamo ubicado hacia aguas abajo del terraplén de contención, de manera que estos cambios en el diseño puedan contribuir positivamente en la estabilidad física del depósito de relaves. (Aguirre, 2017).

Leon Antunez Jerzy Rómulo (2009), Informe Experiencia, presentado a la Universidad Ricardo Palma, sobre: Recrecimiento del dique de relaves Chuspic – Minera Santa Luisa – UEA Huanzala indica: CONDICIONES INICIALES DE LA RELAVERA CHUSPIC. El Depósito de Relaves se desarrolla mediante el método de aguas abajo. En la corona del dique existe un ciclón que separa el material fino del material grueso. Siendo el relave grueso depositado hacia aguas abajo del dique, constituyendo el

cuerpo del dique, y el relave fino siendo depositado hacia aguas arriba del dique, constituyendo el depósito de relaves propiamente dicho.

De acuerdo con un estudio realizado por Buenaventura Ingenieros S.A.-BISA, realizado en octubre de 1997, los relaves gruesos fueron clasificados como arenas limosas de grano fino (SM), indicando que estos materiales se encuentran hasta 10.0 m de profundidad con un ángulo de fricción interno de 26°; por debajo de esta profundidad el ángulo de fricción interno aumenta a 31°. Para propósitos de diseño, los relaves finos fueron clasificados como limos arenosos y arcillas limosas (ML, CL) con un ángulo de fricción interno de 24° y cohesión nula.

El dique de arranque está constituido por suelos granulares extraídos de las cercanías del depósito de relaves, con un ángulo de fricción interno de 32° y sin cohesión.

El muro existente al pie del dique está constituido por rocas y gravas provenientes de la excavación de las galerías, presentando un ángulo de fricción de 38°, siendo no cohesivos. (Leon, 2009).

Rojas Linares Edito Luis (2002), DISEÑO DE PRESAS DE RELAVES, menciona: Después de decidir la ubicación de la presa y seleccionar el tipo de presa, se procede al diseño estructural. El diseño comienza con la selección de materiales de acuerdo con su distribución en la sección de la presa de relaves, realizando un análisis de las condiciones iniciales, que

puedan afectar el desempeño de la estructura. Para el diseño de una presa de relaves se consideran los siguientes aspectos de estabilidad: contra el desbordamiento, contra el flujo incontrolado, contra la erosión interna y contra la licuefacción. En el caso de la presa de Relaves, se puede considerar que el deslizamiento rotacional inicial es el mecanismo que provoca la falla de la mayoría de los taludes (excepto aquellos que son inducidos por licuación); generando después deslizamientos de flujo. Los análisis de estabilidad se realizarán para las siguientes condiciones: al finalizar la construcción, en la construcción por etapas, a largo plazo y por análisis de estabilidad sísmica. (Rojas E. , 2002).

Sixto Ciriaco Apaza Quispe (2019), Tesis Diseño de recrecimiento de la presa de Relaves de La unidad De Producción Untuca-Minera Cori Puno SAC. El proyecto de recrecimiento de la presa de relaves de la unidad de producción Untucaminera Cori Puno SAC, ha sido diseñado para ampliar la capacidad de almacenamiento de relave en un área disponible de 550,000 m³, para minimizar la cantidad de rellenos y no afectar áreas adicionales, debido a que se dispone de espacio reducido, motivo por el cual se propone la construcción de un muro de refuerzo de 11m de altura, (6m para la estructura de recrecimiento y 5m para a la ampliación de la cresta), con el objetivo principal de contener de manera firme y estable los relaves depositados, desde punto de vista físico y químico. (Apaza, 2019)

Rojas Ayca, Alan Facundo (2016), Optimización del sistema de carguío de camiones de transporte de mineral de la unidad minera Pucamarca, empresa MINSUR. El objetivo de este proyecto, que aplica al sector de plantas de chancado, es aumentar la cantidad de mineral chancado en cada turno y optimizar costos tanto en el sector de chancado y reclamo de mineral. Por tal motivo, en los capítulos I, II y III, se menciona la problemática general, el marco teórico, definiendo los términos y detalles del proceso, explotación y producción del oro, proceso de instalación y montaje del proceso de automatización y metodología. En los capítulos IV y V, se da detalles de la empresa MINSUR, su proceso de explotación y producción y proceso de carguío de mineral Ore Bin, resultados obtenidos con el nuevo sistema de automatización, y demás, validando la hipótesis general e hipótesis específicas planteadas al inicio, terminando con las conclusiones y recomendaciones. (Rojas, 2016)

2.2. MARCO CONCEPTUAL

El Depósito de Relaves TMF (TAILINGS MANAGEMENT FACILITY) se ha desarrollado detrás de un relleno sanitario zonificado alineado de este a oeste y una presa de terraplén que atraviesa el valle y se espera que se levante en etapas durante la vida útil de la mina y tiene la capacidad suficiente para acomodar los relaves generados durante el Plan de mina actual. Se espera que los relaves sean almacenados detrás del lado sur del terraplén en una cuenca que contiene dos valles naturales que corren de norte a sur y que están separados por una cresta central.

Los relaves son depositados desde una tubería de distribución ubicada a lo largo de la cresta aguas arriba del terraplén (sistema de Spigots) y se entregan a través de tuberías de barra descendente que corren aguas arriba de la cara del terraplén y por las pendientes perimetrales del valle hacia el TMF. Los puntos de deposición activa se rotan con frecuencia para formar una playa de capas delgadas, drenada y bien consolidada que se alejará del terraplén hacia el lado sur de la cuenca TMF. Se espera que la playa se desarrolle bien contra el terraplén.

Durante la etapa de construcción y durante los primeros dos años de operaciones, el terraplén se construyó por el método de aguas abajo para elevarlo a la altura de 4,090 msnm. La construcción de la línea central convencional comenzó en 2017 a una altura de 4.090 msnm y continuará hasta el final de la vida útil del TMF. Las elevaciones de la línea central

seguirán un método de construcción común con el núcleo, el drenaje del filtro y las zonas de transición elevadas verticalmente por encima, a una altura de 4.090 msnm. Estas zonas están confinadas entre las zonas de enrocado estructural D2 aguas arriba y aguas abajo.

La optimización del Plan de minado podrá asegurar suficiente calidad de roca del tajo para completar la construcción del TMF, de modo que la flota minera será utilizada para transportar, colocar y compactar el relleno estructural sobre la zona aguas abajo y aguas arriba del terraplén.

Al final del embalse, las elevaciones finales de la cresta de la presa llegarán hasta el nivel 4,190 msnm.

El plan de apilamiento del Dique del TMF se ilustra en la Tabla 1 y su diseño final se presenta en la Figura 4.

Tabla 1

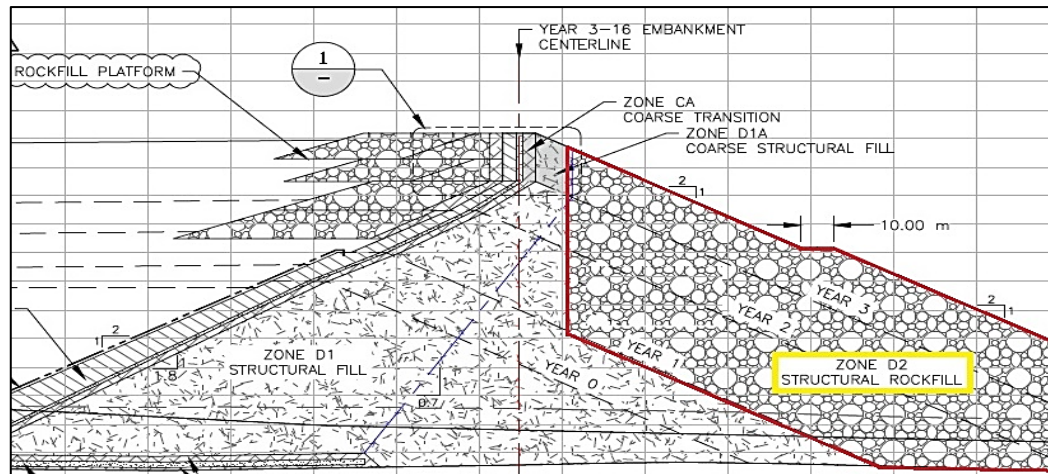
Plan de Apilamiento Anual de Enrocado Estructural para el Dique del TMF.

Plan de Apilamiento TMF	U.M.	Año															Total
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	
Aguas abajo	Mt	12.0	5.3	0.8	3.8	1.7	8.5	0.8	6.2	8.4	10.1	12.1	13.9	14.3	17.2	1.7	116.8
Aguas arriba	Mt	0.0	1.9	3.6	0.0	0.0	2.6	0.0	3.1	0.0	3.3	0.0	3.2	0.0	4.8	4.6	27.1
Total	Mt	12.0	7.2	4.3	3.8	1.7	11.1	0.8	9.3	8.4	13.4	12.1	17.1	14.3	22.0	6.2	143.6

En el sector Aguas abajo del Dique del TMF, para el año 2018 se requiere 12 millones de Toneladas de material Enrocado Estructural y hasta el año 2032 se requerirá 116.8 millones de Toneladas. Fuente: Reporte Técnico 43-101F1, (HUBBAY, 2018)

Figura 3

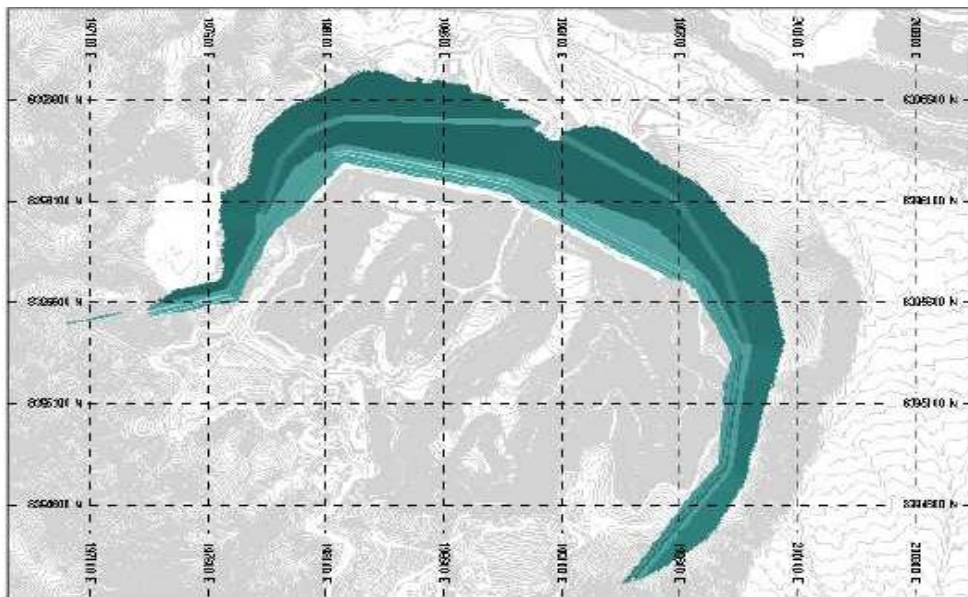
Sección Típica del Dique del TMF a la cota 4100 msnm.



Se aprecia la disposición del material Enrocado Estructural en el cuerpo de Dique del TMF en la zona aguas abajo. (HUDBAY PERU S.A.C., 2017)

Figura 4

Diseño Final del Depósito de Relaves (TMF)



Dique de la Presa de Relaves TMF de la Mina Constancia proyectada a la cota 4190.00 msnm (año 2033). Fuente: Reporte Técnico 43-101F1, (HUDBAY, 2018)

Figura 5

Vista Aérea del Depósito de Relaves TMF.



El Dique del Depósito de Relaves TMF sirve como contrafuerte y contención del relave de la mina Constanca. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constanca (2018)

2.2.1. Presas de Relave

Generalidades

“Las represas son una de las obras de ingeniería más importantes para el desarrollo de un país, en sus diversos fines: para regadío, abastecimiento, control de desbordamientos y generación de energía eléctrica (19% del suministro mundial), entre otros usos, como el almacenamiento de relaves mineros” (González, 2002) p.542

a) Tipos de presa de Relaves

De acuerdo con Gonzales de Vallejos, los tipos de represas se pueden dividir en dos grupos de acuerdo con los materiales de construcción: presas de materiales sueltos y presas de fábrica, siendo nuestro estudio desarrollado en una presa de materiales sueltos. (González, 2002)

- **Presas de materiales sueltos**

La característica principal de estas presas es el tipo de material utilizado para construirlas. En principio, la mayoría de los materiales geológicos son aceptables, excepto aquellos que pueden alterarse, disolverse o evolucionar alterando sus propiedades. El sistema constructivo consiste en materiales compactados dispuestos en capas.

El tipo de presa de nuestro estudio pertenece a las **Presas zonadas con núcleo impermeable de arcilla**, Los tipos más característicos de presas de materiales sueltos se detallan a continuación, según. (Santos, 1992)

- **Presas de sección homogénea.** Toda o casi toda la sección transversal del dique está compuesta por un solo material, conformado por rellenos compactados de baja permeabilidad.
- **Presas zonadas con núcleo impermeable de arcilla.** Están hechos de más de un material. La zona del núcleo de menor

permeabilidad actúa como elemento impermeable. El ancho del núcleo y su posición dentro de la sección del dique, respecto al resto de los materiales, pueden ser variados.

- **Presas de pantalla.** El elemento impermeable consiste en una pantalla o lámina relativamente delgada. Los materiales más utilizados para estos casos son los hormigones asfálticos, hidráulicos, materiales poliméricos o bituminosos, etc.
- **Presas de escollera,** Los materiales que componen el dique son fragmentos de roca de varios tamaños de partículas.

b) Métodos de disposición de relaves

Se detallan 3 métodos de disposición de relaves, siendo el **método de línea central** el utilizado en nuestro proyecto.

- **Método de aguas arriba**

El método de aguas arriba comienza con la construcción de un dique de arranque permeable para facilitar el flujo de agua hacia aguas abajo. Este es uno de los métodos más antiguos, una de sus mayores ventajas es que es el más económico y fácil de ejecutar a comparación de los otros métodos. Uno de los factores más importantes para su implementación es la ubicación del nivel freático para determinar la estabilidad del terraplén y resistencia a la tubificación, ya que, si cuenta con una densidad relativa baja y saturación alta, que es

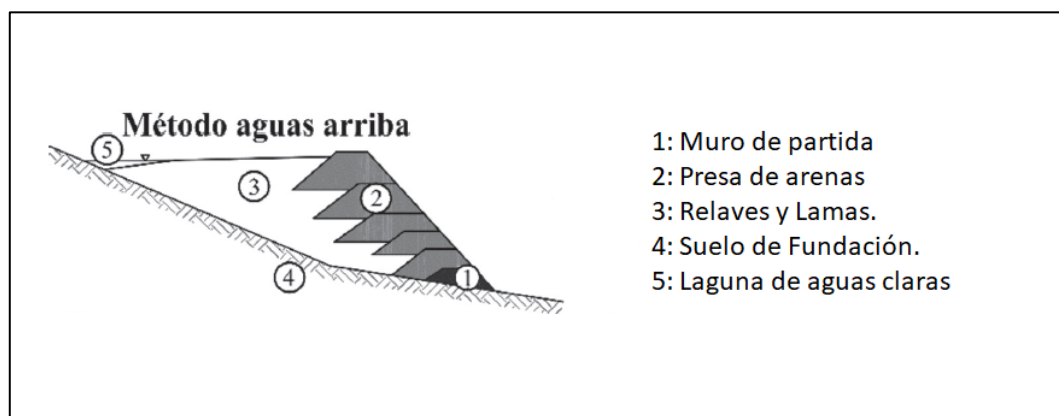
característico de estos depósitos, tiene gran susceptibilidad a la licuefacción, teniendo como consecuencia que este método sea no adecuado en zonas con un alto riesgo sísmico o se presente un tránsito alto de camiones mineros. (Aguirre, 2017) p.52.

Hay factores importantes que se deben detectar antes de determinar la ubicación de la superficie freática siendo: la relación entre la permeabilidad de la base y los relaves, el grado de segregación del tamaño de partícula, la ubicación del agua estancada, respecto con la cresta del dique, saber la variación de la permeabilidad lateral dentro del depósito. El dique de arranque cuando que se descarga, forma una playa compuesta de material grueso unido al dique, sirviendo como base de la siguiente etapa de recrecimiento de la presa, avanzando hacia aguas arriba a medida que la presa es recrecida, formando una cimentación que sea apropiada para el próximo dique, utilizando materiales de préstamo o con material excavado de la playa. Como principio, la descarga no debe contener menos de 40% a 60% de arena. Esto puede impedir que el método aguas arriba se utilice para aquellos relaves de molino que contengan porcentajes muy bajos de arena”. La desventaja es que a cualquier cambio medioambiental que genere la saturación exterior del dique y el aumento del nivel freático, puede provocar a una falla por deslizamiento. con este método

se pueden obtener alturas alrededor de los 25 metros. Además, este método requiere menor cantidad de material arenoso, es un sistema económico, con estabilidad estructural bastante sensible a la ubicación de la superficie freática. (Vick, 1983). La Figura 6 muestra un esquema del método aguas arriba.

Figura 6

Método Aguas Arriba



En el esquema se representa el recrecimiento del terraplén aguas arriba el cual se va asentando sobre la playa de relaves semiconsolidada. (Figueroa et al., 2017).

- **Método de aguas abajo**

El método de aguas abajo al igual con el método de aguas arriba, comienza con un dique de arranque con material grueso, el cual es colocado en la parte exterior del dique de arranque aguas abajo y hacia el talud aguas arriba se depositan las lamas. En el talud aguas abajo el material debe componerse de

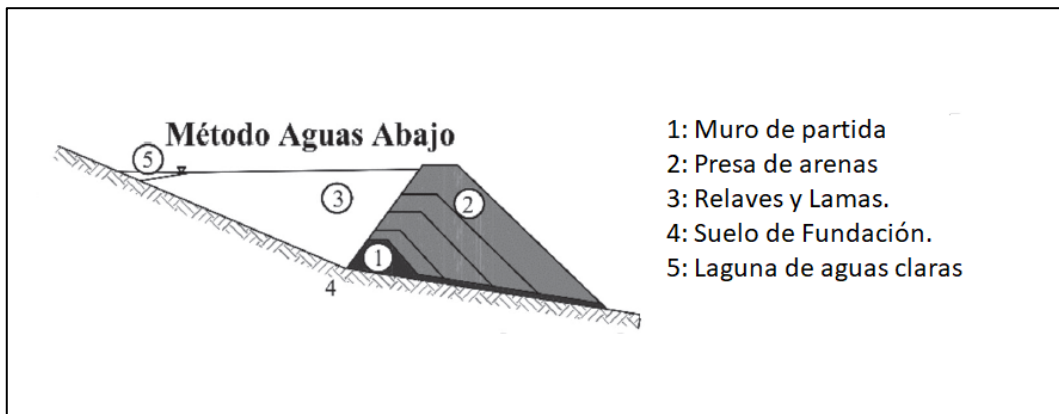
gravas con arcillas, arenas permeables y limos para aliviar el proceso de filtración a través del dique. Este método permite que conforme se recrece la presa se pueda incorporar sistemas de drenaje para controlar la superficie freática y el aumento de la presión de poros, reduciendo la resistencia al corte y aumentando la estabilidad de la presa.

Si la altura del dique supera los 50 pies, las ampliaciones de relleno aguas abajo deben ser compactadas para obtener una densidad relativa alta y se reduzca el riesgo de licuefacción. Se permite también la colocación de geomembranas impermeables al interior de la presa a medida que aumenta la altura de la presa.

La desventaja de este método es que requiere de una gran cantidad de material de relleno y mayor espacio para la expansión a medida que se recrece el dique, se debe contar con un área de terreno bastante amplio debido a que la presa crece en dirección opuesta al depósito. (Aguirre, 2017). Se observa en la figura 7 el esquema del método de aguas abajo.

Figura 7

Método Aguas Abajo



En el esquema se representa el recrecimiento del terraplén aguas abajo el cual requiere mayor extensión para la colocación de rellenos. (Figuroa et al., 2017)

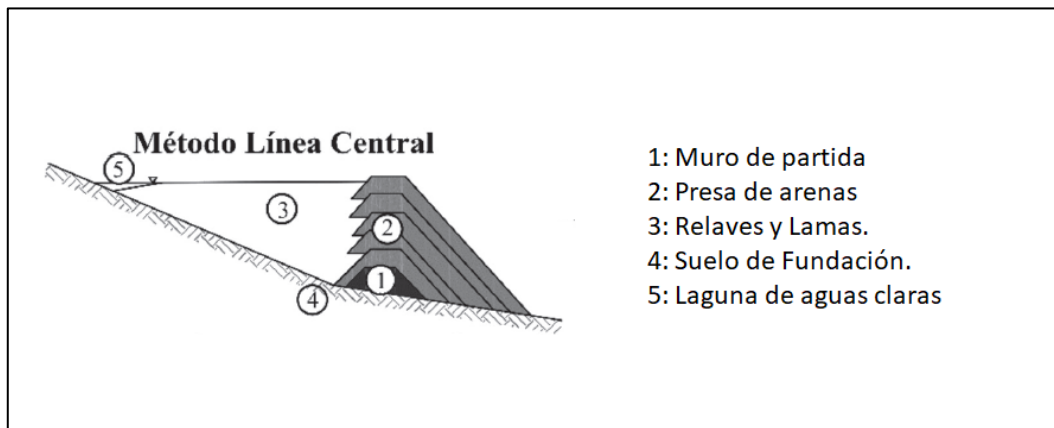
- **Método de línea central**

Este es un método intermedio entre el método de aguas arriba y el método aguas abajo. Comienza con un dique de arranque, En el proceso de recrecimiento, se coloca rellenos sobre de la playa y se mantiene la línea del eje central a medida que recrece el relave. En este método es necesario considerar sistemas de drenaje interno dentro del cuerpo del dique, para controlar el nivel freático, siendo un factor que afecta la estabilidad de la presa, como el caso del método de aguas arriba. Este método no puede ser utilizado como depósito de profundidades considerables de agua, pudiendo provocar la licuefacción en la zona de la playa, pudiendo originar fallas

pequeñas. Se observa en la figura 8 el esquema del método de Línea Central.

Figura 8

Método Línea Central



En el esquema se representa el recrecimiento del terraplén mediante línea central, el terraplén crece en altura y ancho manteniendo su eje central. (Figueroa et al., 2017)

2.2.2. Definiciones

- Compactación

La compactación es el proceso realizado generalmente por medios mecánicos, por el cual se produce la densificación del suelo, disminuyendo su relación de vacíos. El objetivo de la compactación es el mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas del suelo, de tal manera que presente un comportamiento mecánico adecuado.

Un objetivo importante de la investigación de suelos compactados es proponer modelos de comportamiento que permitan la simulación de la construcción de terraplenes y su evolución en el tiempo. (Alonso, 2008)

La compactación de suelos es una de las actividades más comunes en la Ingeniería Geotécnica. Entre otras funciones, los rellenos compactados son realizados para la construcción de presas de tierra, terraplenes de caminos y carreteras, y terrenos de fundación para estructuras. La compactación de un suelo influye en sus propiedades mecánicas (resistencia, rigidez) e hidráulicas (permeabilidad). (Salcedo, 2019)

- **Plataformas de prueba (Panel Test)**

Es un relleno de prueba para determinar el espesor de capa y el número mínimo de pasadas de los camiones de acarreo cargados para cumplir con los criterios de resistencia al corte y de asentamiento como base para el diseño.

Se deberá preparar un relleno de prueba al inicio de la colocación para determinar el número de pasadas que debe hacer el equipo de compactación para lograr la densidad especificada. Una vez determinado el número de pasadas, se efectuará como mínimo dicho número de pasadas para compactar el relleno. Si los resultados de la prueba de densidad de campo indican que la

densidad lograda con la colocación de relleno en marcha se encuentra por encima o por debajo de aquella especificada, el relleno de prueba deberá repetirse y se reconsiderará el número de pasadas según corresponda.

Los rellenos de prueba se pueden ejecutar como parte de la operación de colocación de relleno en marcha y si cumplen con los requisitos de la especificación, estos quedarán incorporados en el relleno como parte de los trabajos culminados. (HUDBAY PERU S.A.C., 2017)

- **Camión minero**

Es el equipo de construcción con llantas de caucho, se espera que la conducción sistemática del equipo de construcción con llantas de caucho contribuya significativamente al esfuerzo de compactación. Todos los camiones de acarreo y otros equipos de construcción con llantas de caucho usados para la compactación contarán con llantas infladas a presiones máximas prácticas de las llantas definidas por el fabricante y con un mínimo de 552 kPa en todo momento. Se puede demostrar la idoneidad del equipo de acarreo con llantas de caucho como los camiones de acarreo de mina de gran tamaño mediante un relleno de prueba o evaluación de rendimiento en la primera capa como el único medio para

compactar relleno general, relleno estructural grueso, relleno de roca estructural y relleno de roca estructural de capas gruesas.

- **Pasada**

Se define como “pasada” al tránsito de un equipo pesado sobre una sección a compactar. También se puede considerar como pasada el tránsito de camiones mineros.

- **Ciclo**

Se define como “ciclo” al tránsito de pasada de ida y vuelta de un equipo (rodillo) sobre la capa que se está compactando.

- **Densidad de campo**

Es la relación de la masa entre el volumen de un material, definido in situ (en terreno). El método de trabajo se determina en función del material a ser empleado.

- **Densidad de campo por el método densímetro nuclear ASTM D6938**

Los métodos nucleares para hallar la densidad del suelo pueden realizarse hasta profundidades entre 50 y 300 mm (2in. y 12in.) y para tamaños máximos de 3in. a 4 in. (76.2 mm a 101.6 mm).

- **Densidad de campo mediante método del cono de arena ASTM D1556**

Este método es utilizado para suelos con contenido máximo de 30% retenido por la malla de $\frac{3}{4}$ in. con partículas de tamaños máximos menor o igual a $1\frac{1}{2}$ in. (50.8 mm).

- **Densidad de campo mediante método Reemplazo por Agua ASTM D5030**

Este método de prueba cubre la determinación de la densidad en el lugar y el peso unitario del suelo y la roca usando agua para llenar un pozo de prueba revestido para determinar el volumen del pozo de prueba, implica material de prueba que contienen partículas de más de 3 pulgadas (75 mm).

- **Material de préstamo**

Material proveniente de trabajos de explotación de canteras u otras zonas de extracción que no sea la zona donde se realizan los rellenos.

- **Material propio**

Material extraído del corte en la zona interior del proyecto.

- **Movimiento de tierras**

Son todas las actividades que involucren al suelo como material de relleno o corte ya sea propio o de préstamo.

- **Relaves**

Residuo fino de roca que se genera luego de separar la mena de los minerales durante el procesamiento de explotación de los recursos. Es posible que contengan cantidades de metales traza encontradas en el mineral huésped, así como compuestos añadidos utilizados para extraer los minerales.

- **Desmonte de roca**

Es el material extraído por la actividad minera que carece de valor económico. Se maneja en el sitio conforme a estrictos reglamentos ambientales y normas de la industria. Se puede reutilizar como relleno en trabajos subterráneos, rehabilitaciones del sitio y recrecimiento de la Presa de Relaves.

- **Granulometría por tamizado ASTM D6913**

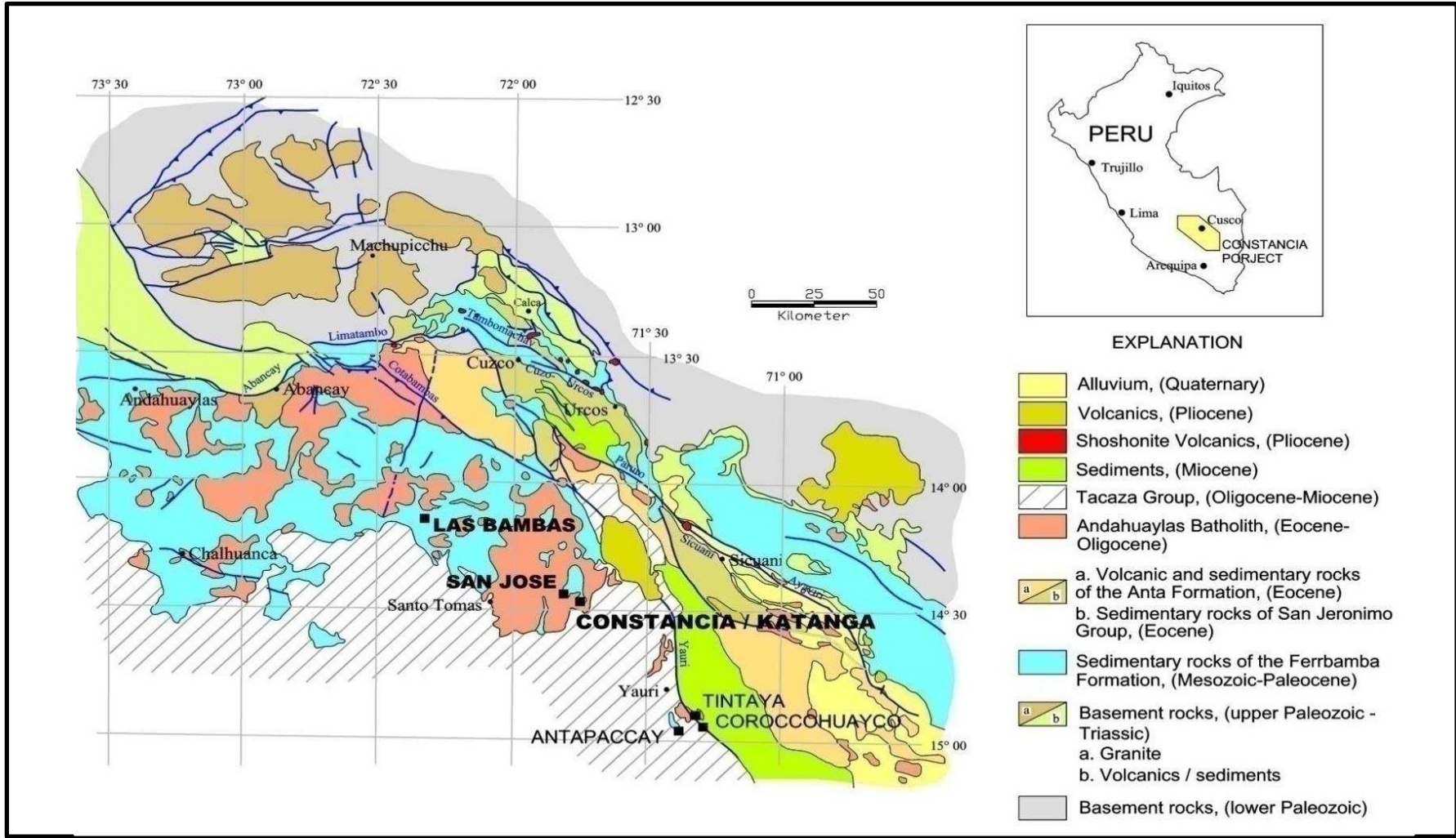
Consiste en realizar una curva granulométrica de una muestra representativa de la distribución de los tamaños de las partículas. Para ello se hace pasar la muestra de suelo seca por diversos tamices dispuestos de mayor a menor abertura, que van desde los 75 mm hasta aberturas de 0,075 mm (tamiz N° 200).

CAPITULO III

MARCO GEOLOGICO

3.1. GEOLOGÍA REGIONAL

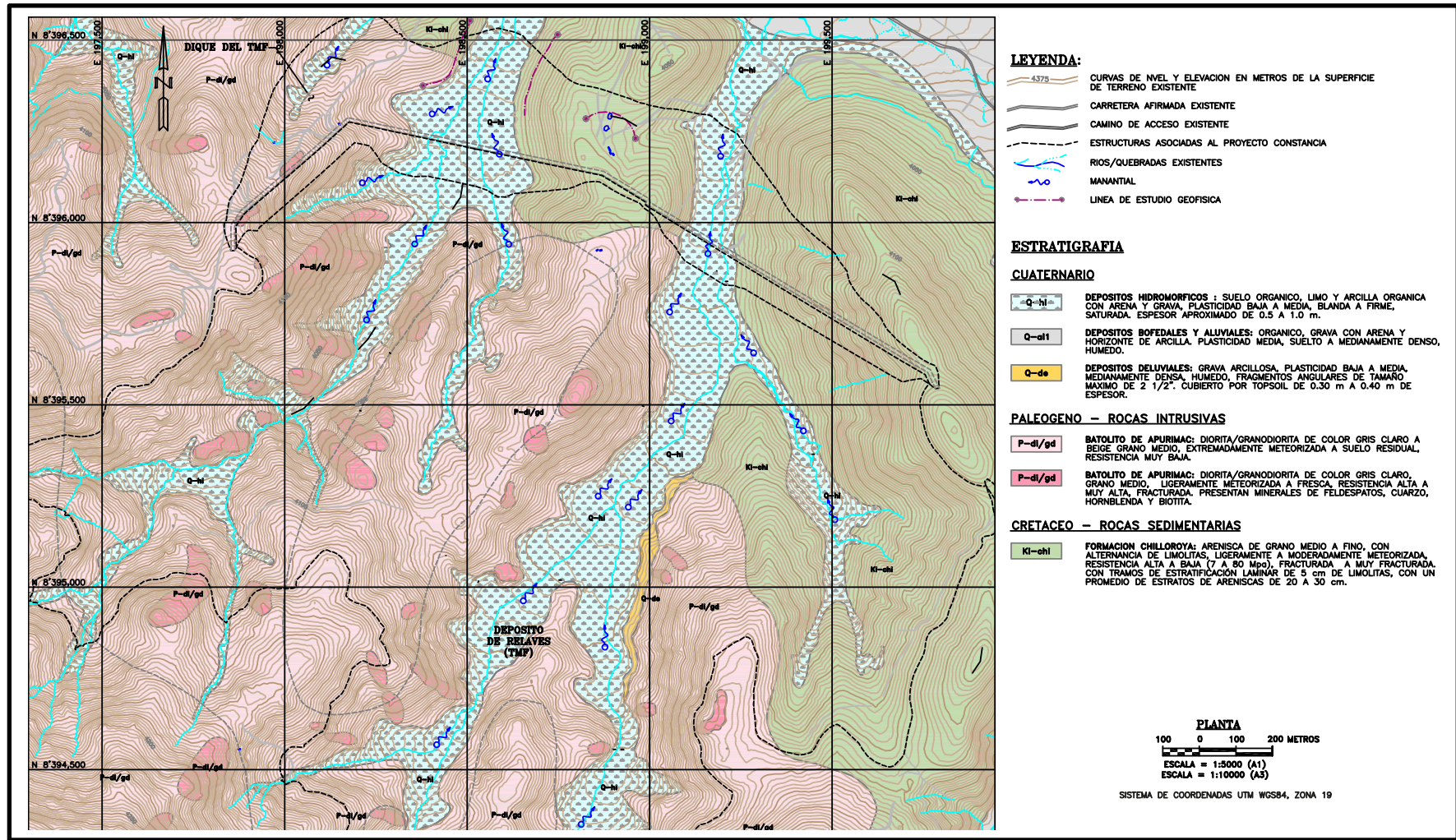
Geomorfológicamente el distrito de Katanga-Constancia tiene un relieve moderado con valles glaciares poco profundos en elevaciones más altas y colinas bajas y onduladas, de aproximadamente 400 a 500 m de altura. Se pueden distinguir dos superficies de erosión: una superficie más antigua cubierta por los volcanes de Tacaza, y una superficie más joven que forma el actual paisaje con presencia de drenaje dendrítico incipiente que indica el comienzo de un intenso ciclo de erosión. Estratigráficamente, en la zona investigada, las rocas más antiguas del área corresponden a una secuencia de areniscas, de grano medio con intercalaciones de lutitas de la Formación Chilloroya del Cretácico Inferior. La Formación Sedimentaria Arcurquina se superpone discordantemente a la Formación Chilloroya y se correlaciona con la Formación Ferrobamba del Cretácico Superior. Estructuralmente Estas rocas son intruídas por rocas plutónicas del Batolito Andahuaylas - Yauri del Oligoceno. El batolito varía en composición de diorítico a granodiorítico. Varias intrusiones de roca ígnea monzoníticas, diques o lacolitos intrusionan y cortan transversalmente todas las litologías mencionadas.



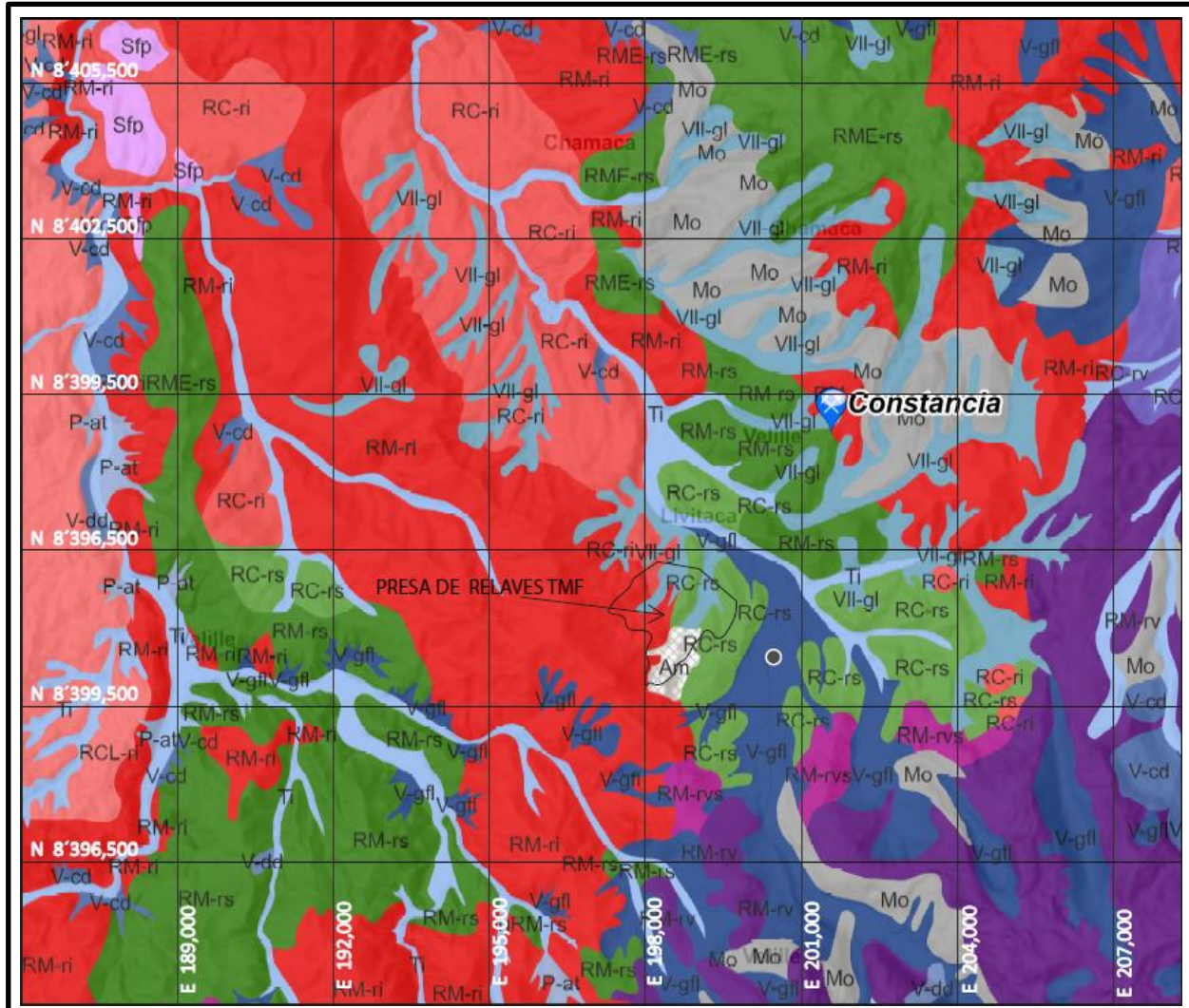
PLANO 01: GEOLOGÍA REGIONAL	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN	ESCUELA PROF. DE INGENIERIA GEOLOGICA - GEOTECNIA
Fuente: Informe Técnico del formulario 43-101F1 (HUBBAY, 2018)	Facultad De Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia	Bach. Edgard Joel Vargas Huanca

3.2. GEOLOGÍA LOCAL

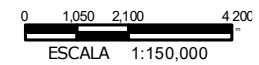
Geomorfológicamente, si bien las elevaciones más altas de la región contienen muchos restos de actividad glacial pasada, estos están presentes en la zona del Depósito de Relaves TMF con presencia de lomadas morrénicas, colinas valles y quebradas aluviales asociadas a la erosión e influenciados por los efectos de las bajas temperaturas en ambientes periglaciares históricos. Estratigráficamente, el lecho rocoso en la zona del TMF consiste en rocas ígneas intrusivas del Batolito de Apurímac (P-di) principalmente diorita y granodiorita, rocas sedimentarias como arenisca y limolita de la formación Chilloroya (Ki-chi). Las edades van desde el Cretácico hasta el Paleógeno y Depósitos cuaternarios como los Aluviales (Q-al) que comprende arenas limosas con grava y Depósitos de pantanos (Q-bog) que consisten en materia orgánica, suelos o turba. Los rasgos estructurales en el área del TMF corresponden a sistemas de estratificación, fallamiento y fracturamiento de los estratos de rocas sedimentarias de la Formación Chilloroya, resultado de una serie de eventos magmáticos (Batolito Apurimac) que se han intruido dentro de las rocas sedimentarias de la Formación Chilloroya, provocando un lecho inclinado y plegado. Se han identificado sistemas de fallas cerca del sitio TMF que tienen varios cientos de metros de longitud, también hay fallamientos menores, consideradas inactivas, por lo tanto, no tienen efecto en el terraplén del TMF.



<p>PLANO 02: GEOLOGÍA LOCAL</p>	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN</p>	<p>ESCUELA PROF. DE INGENIERIA GEOLOGICA - GEOTECNIA</p>
<p>Fuente: (Knight Piésold Consultores S.A., 2013)</p>	<p>Facultad De Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia</p>	<p>Bach. Edgard Joel Vargas Huanca</p>



Simbología	Descripción
RM-ri	Montaña en roca intrusiva
RM-rv	Montaña en roca volcánica
RM-rvs	Montaña en roca volcánico-sedimentaria
RM-rs	Montaña en roca sedimentaria
RME-rs	Montaña estructural en roca sedimentaria
RC-ri	Colina en roca intrusiva
RC-rs	Colina en roca sedimentaria
RCL-ri	Colina y lomada en roca intrusiva
VII-gl	Valle glaciar
VII-gl/l	Valle glaciar con laguna
Mo	Morrenas
V-gfl	Vertiente glacio-fluvial
V-cd	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial
V-dd	Vertiente con depósito de deslizamiento
P-at	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial
Am	Actividad minera



Sistema De Coordenadas UTM WGS84, Zona 19

PLANO 03: GEOMORFOLOGIA REGIONAL	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN	ESCUELA PROF. DE INGENIERIA GEOLOGICA - GEOTECNIA
Fuente: Elaboración propia	Facultad De Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia	Bach. Edgard Joel Vargas Huanca

CAPITULO IV

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Es un tipo de investigación **Experimental**, debido a que se manipulan de manera intencionada una o varias variables, vinculadas a las causas, para medir los efectos en otra variable de interés, se empleó un nivel **Descriptivo – Correlacional**. (Bernal, 2010)

4.2. UNIDAD DE ESTUDIO

La unidad de estudio para esta tesis será la **Cantidad de pasadas de Camiones mineros** en la compactación del Relleno Estructural, debido a que es la unidad de la cual se necesita información, de donde se obtienen los datos y por ende será objeto de medición, por lo cual es de interés en nuestra investigación.

4.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es **Longitudinal**, que recoge datos cualitativos y cuantitativos, tomados de forma continua y repetitiva para darle seguimiento durante un período de tiempo. (Bernal, 2010)

4.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

Población

Para (Bernal, 2010), “Esta es una colección de todos los elementos que cubre la investigación. También se define como un conjunto de todas las unidades de muestreo.” (p.161).

Por lo tanto, en nuestra investigación se tomará como población a todo el Material de **Relleno Estructural** que proviene del tajo minado.

Muestra:

(Bernal, 2010) lo define así:

“La muestra forma parte de una población seleccionada de la cual se obtiene información efectiva para el desarrollo del estudio y sobre ésta se realizan mediciones y la observación de las variables objeto de estudio.” (p.161).

Entonces, de acuerdo con estos criterios, se tomaría como muestra las **Plataformas de Prueba** realizadas para determinar el número de pasada de camión minero.

4.5. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de datos se hará mediante llenado de formatos de pruebas, tanto en campo, como en laboratorio.

CAPITULO V

TECNICAS, INSTRUMENTOS Y RECOLECCION DE DATOS

5.1. EJECUCION DE PLATAFORMAS DE PRUEBA

Para lograr los resultados requeridos en la investigación se realizaron plataformas de prueba con el material estructural denominado Enrocado Estructural, con el fin de obtener información importante como el número de pasadas de camión minero CAT 793F sobre los rellenos necesario para obtener la densidad seca especificada, el espesor y asentamiento de capa, procedencias de los materiales extraídos del Tajo de la Mina Constancia y propiedades físicas de los materiales.

Para este estudio se consideraron 04 plataformas de prueba que fueron ejecutadas en fechas y lugares diferentes, donde se realizaron los ensayos de densidad en campo por el método de reemplazo por agua, granulometría y demás ensayos realizados en laboratorio. A continuación, se describe el lugar y las fechas de realización de las plataformas de prueba.

- **Plataforma de Prueba IE-EVI-005** Dique del Depósito de Relaves TMF Etapa VI (Lado Este) Cota = 4028.00 m.s.n.m. (20 de abril del 2018)

- **Plataforma de Prueba IE-EVI-007** Dique del Depósito de Relaves TMF Etapa VI (Lado Este) Cota = 4033.00 m.s.n.m. (20 de mayo del 2018)
- **Plataforma de Prueba IE-EVI-008** Dique del Depósito de Relaves TMF Etapa VI (Lado Oeste) Cota = 4051.00 m.s.n.m. (23 de junio del 2018)
- **Plataforma de Prueba IE-EVI-010** Dique del Depósito de Relaves TMF Etapa VI (Lado Este) Cota = 4057.00 m.s.n.m. (21 de julio del 2018)

5.2. RECURSOS

Equipos de Operaciones Mina

- Tractor D8T/D10T (o similar).
- Motoniveladora CAT 160K
- Camión minero CAT 793F o similar de 390.0 T cargado.

Equipos IME (Inspección, Medición y Ensayo)

- Equipo de reemplazo por agua (marco de madera, membrana de revestimiento).
- Balanzas de 150 Kg. y 20 kg.

- Cilindros para depósito de agua (con capacidad de 200 l c/u).
- Tamiz 3 in (76.20 mm).
- GPS R8 GNSS. marca Trimble
- Nivel automático Pentax.
- Equipo de carga puntual básico.
- Horno de Secado — Ventilado, controlado termostáticamente, preferentemente del tipo de ventilación forzada, que cumpla con los requerimientos de la Norma ASTM E 145 y capaz de mantener una temperatura uniforme de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ en toda la cámara de secado.
- El sistema de medición de distancia, un sistema electrónico o vernier escala de lectura directa.

Herramientas

- Conos de seguridad.
- Cinta de señalización.
- Cíncel.
- Comba.
- Barreta.

- Brochas.
- Palas.
- Sacos.
- Bandejas.
- Wincha de 5 m.

Equipos de Protección Personal Básico

- Casco de seguridad.
- Lentes de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Zapatos de seguridad.
- chaleco reflectivo.

Cuadrilla Típica

- Supervisor de Control de Calidad.
- Técnico de Laboratorio.
- Auxiliares de Laboratorio.
- Topógrafo
- Oficial de Topografía

5.3. MATERIAL DE ESTUDIO.

El material utilizado para la ejecución de las Plataformas de Prueba es denominado “Enrocado Estructural”, el cual se obtiene del material de desmonte no generador de acidez (NAG) extraído durante las operaciones de minado en el Tajo de la Mina Constancia; este material viene siendo utilizado para el recrecimiento del Dique de la Presa de Relaves TMF, agua abajo.

De acuerdo con las Especificaciones técnicas de Construcción. El material Enrocado Estructural no deben presentar una pérdida mayor del 40 % cuando se someta a pruebas de resistencia a la abrasión, de conformidad con la norma ASTM C 131 (Prueba de desgaste por abrasión Los Ángeles). Se llevarán a cabo ensayos de carga puntual, en partículas mayores de 25 mm (1 pulgada) de conformidad con la norma ASTM D 5731, de tal manera que el UCS (Resistencia a la Compresión Uniaxial) no sea menos de 30 MPa. La gradación del material deberá cumplir con los límites de distribución granulométrica establecidos (huso granulométrico), de conformidad con la norma ASTM D 6913 (Ver Tabla 2).

Tabla 2

Huso Granulométrico del Material Enrocado Estructural

Tamaño del tamiz (Abertura cuadrada)	Porcentaje pasante (por masa)	
	Máximo	Mínimo
24" (609 mm)	100	100
12"(304 mm)	100	85
6" (152 mm)	100	70
3" (75 mm)	100	55
1 ½" (37.5 mm)	78	40
No. 4 (4.75 mm)	45	0
No. 10 (2.00 mm)	30	0
No. 200 (75 µm)	8	0

El Huso granulométrico del Enrocado Estructural es bastante amplio con un tamaño máximo de 24" (no superará las 2/3 partes del espesor de capa). (HUDBAY PERU S.A.C., 2017)

5.4. MUESTREO DE MATERIAL.

El muestreo del material Enrocado Estructural se realizó en el Tajo de la mina Constancia el cual esta sectorizado en Fases, Bancos y Polígonos. Una vez designados los polígonos a muestrear por parte de Planeamiento Mina, personal del Area de Calidad de Stracon con el apoyo de una Excavadora proceden a realizar calicatas a profundidades de hasta 5m aproximadamente (Ver Figura 9), de donde se obtiene muestras de material representativo de los polígonos seleccionados, para luego realizar los ensayos anteriormente mencionados para la aprobación respectiva del material en base a los resultados obtenidos y así poder ser utilizados como rellenos para el recrecimiento del Dique de la Presa de Relaves TMF y para la ejecución de las Plataformas de Prueba motivo de este estudio (Ver tabla 3).

Figura 9

Muestreo de Material Enrocado Estructural en Tajo Constancia



Se utilizó una excavadora para extraer material representativo de material Enrocado Estructural (NAG) de los polígonos designados en el Tajo Minado. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constancia (2018)

Tabla 3

Características Geológicas y Mecánicas del Material Enrocado Estructural

Plataforma de prueba	Ubicación en Tajo Constancia			Características geológicas de la roca		Propiedades mecánicas de la muestra de roca	
	Fase	Banco	Polígono	Alteración	Litología	Compresión uniaxial (MPa)	Abrasión (%)
IE-EVI-005	7	4245	04 NAG	Fresh	Arenisca / Cuarzo Arenizca	40	18
IE-EVI-007	2	4305	45 NAG	Propilítica	Pórfido de Cuarzo Monzonita	61	26
	2	4305	55 NAG	Propilítica	Pórfido de Cuarzo Monzonita	61	25
IE-EVI-008	2	4215	13 NAG	Propilítica	Pórfido de Cuarzo Monzonita	80	23
IE-EVI-010	2	4215	28 NAG	Fresh	Caliza	83	23
	2	4215	30 NAG	Propilítica	Pórfido de Cuarzo Monzonita	109	29

El material NAG muestreado en el Tajo Constancia, cumple con las propiedades mecánicas de compresión y abrasión para la realización de las Plataformas de Prueba. Fuente: Elaboración propia.

5.5. CONFORMACIÓN DE PLATAFORMAS DE PRUEBA

Una vez establecida la zona de prueba dentro del Dique de la Presa de Relaves TMF aguas abajo, se prepararon las superficies donde se realizarán las plataformas de prueba, las cual deben tener como mínimo 13 m de ancho por 60 m de longitud, esto con el fin de que los equipos tengan el espacio suficiente para la ejecución de las maniobras de conformación y compactación. El personal de Topografía realizó un levantamiento previo de toda la superficie para posteriormente realizar el control de los asentamientos en las plataformas de pruebas conformadas.

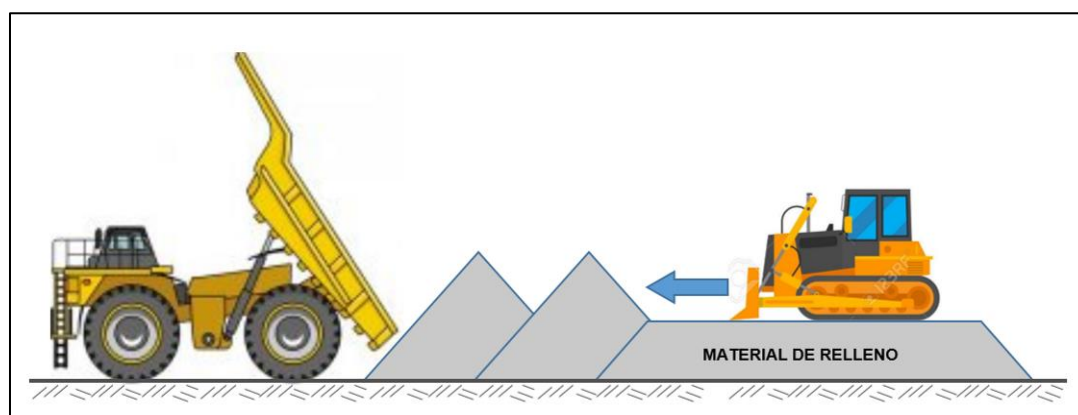
Sobre las superficies mencionadas del Dique del Depósito de Relaves TMF, lado este y oeste, aguas abajo, se han conformado plataformas de prueba de la siguiente manera:

- **Plataforma de prueba IE-EVI-005:** Dimensión: 40.00 m x 40.00 m, con un espesor de 1100 mm sin compactar, dividido en 06 carriles.
- **Plataforma de prueba IE-EVI-007:** Dimensión: 40.00 m x 40.00 m, con un espesor de 1100 mm sin compactar, dividido en 06 carriles.
- **Plataforma de prueba IE-EVI-008:** Dimensión: 40.00 m x 65.00 m con un espesor de 1100 mm sin compactar, dividido en 05 carriles.
- **Plataforma de prueba IE-EVI-010:** Dimensión: 60.00 m x 15.00 m, con un espesor de 1100 mm sin compactar, para 01 carril.

El proceso de conformación de las plataformas de prueba se realizó mediante la descarga de material Enrocado Estructural con camiones mineros CAT 793F sobre la superficie previamente designada y señalizada, la descarga de material se realizó en forma de retirada, es decir el camión minero inicia la descarga del material desde la parte más lejana de la plataforma y se retira sin transitar en ningún momento sobre la plataforma de prueba (Ver Figura 10 y 11), el material es expandido y nivelado mediante un tractor CAT D10T, hasta obtener una plataforma con espesor esponjado de 1100 mm. (Ver Figura 12). El control del espesor de las plataformas de prueba se realizó con personal de topografía usando plantillas de referencia (Ver Figura 16).

Figura 10

Esquema de Conformación de Plataforma de Prueba



Proceso de conformación de las Plataformas de Prueba, con la descarga de material con camión minero CAT 793F en retirada y nivelación de capa con Tractor CAT D10T a un espesor de 1100 mm. (Suelto). Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constancia (2018)

Figura 11

Descarga de Material Enrocado Estructural para Plataforma de Prueba



Descarga de material Enrocado Estructural con camión minero CAT 793F en retirada. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constancia (2018)

Figura 12

Nivelación de Material Enrocado Estructural

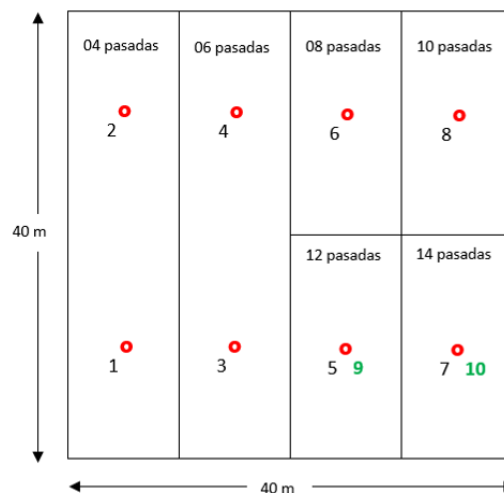


Proceso de empuje y nivelación de rellenos con Tractor CAT D10T, para las Plataformas de Prueba e=1100mm. (suelto). Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constancia (2018)

Luego de conformadas las plataformas de prueba, estas fueron sectorizadas en carriles para 04, 06, 08, 10, 12 y 14 pasadas (Ver Figuras 13, 14 y 15), se establecieron puntos de control por cada carril, teniendo en cuenta que estos se encuentren ubicados en la zona de tránsito del camión minero, es decir por donde se prevé que pasarán los neumáticos del camión minero. Los puntos de control contienen coordenadas y niveles iniciales, para luego verificar el asentamiento de las plataformas de prueba en base a la cantidad de pasadas después de la compactación con el camión minero CAT 793F cargado.

Figura 13

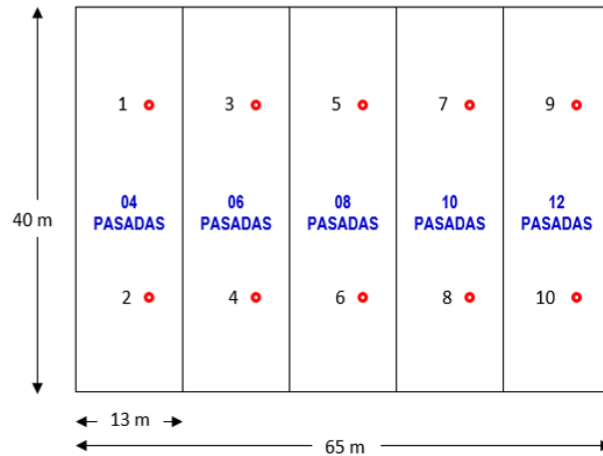
Sectorización de Plataformas de Prueba IE-EVI-005 y IE-EVI-007



Esquema de sectorización de Plataformas de Prueba IE-EVI-005 y IE-EVI-007, con 8 puntos de control topográfico (Plataforma de 40.00 m x 40.00 m), dividida en 06 carriles para 4, 6, 8, 10, 12 y 14 pasadas. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constancia (2018)

Figura 14

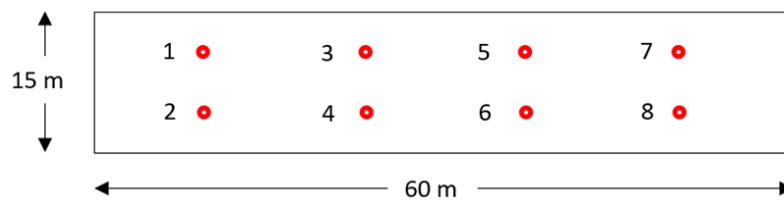
Sectorización de Plataforma de Prueba IE-EVI-008



Esquema de sectorización de Plataforma de Prueba IE-EVI-008, con 10 puntos de control topográfico (Plataforma de 40.00 m x 65.00 m), dividida en 05 carriles para 4, 6, 8, 10 y 12 pasadas. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constancia (2018)

Figura 15

Sectorización de Plataforma de Prueba IE-EVI-010.



Esquema de Plataforma de Prueba IE-EVI-010, con 08 puntos de control topográfico (Plataforma de 60.00 m x 15.00 m), en un solo carril para 0, 4, 6, 8, 10 y 12 pasadas. Fuente: Area de Calidad Stracon – Mina Constancia (2018)

Figura 16

Control Topográfico de Plataforma de Prueba



Se verifican niveles iniciales de la Plataforma de Prueba de espesor 1100 mm (suelto) y se toman datos para el proceso de asentamiento. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constancia (2018)

5.6. COMPACTACIÓN DE PLATAFORMAS DE PRUEBA

Para la compactación de los carriles de las plataformas de prueba se utilizó el camión minero CAT 793F cargado (Ver figura 17), de 13.702 m. de longitud y 7.626 m de ancho, el cual cuenta con una capacidad de carga útil de 227 t. y un peso total cargado aproximado de 430 t., su potencia bruta es de 2.650 HP, puede alcanzar una velocidad máxima de 60 Km/h, y en vías con pendientes de 10% como las del TMF, se desplazan a una velocidad de 12,9 km/h, es capaz de desplazarse en pendientes de hasta 28% conteniendo carga y requiere un ángulo de giro de 36°.

Figura 17

Camión Minero CAT 793F



Camión minero CAT 793F cargado (peso de carga 228 t.) Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constancia (2018)

El proceso de compactación en el caso de las plataformas de prueba IE-EVI-005, IE-EVI-007 y IE-EVI-008, se realizó mediante el tránsito del camión minero CAT 793F (cargado) sobre cada carril de prueba (Ver Figura 18), cumpliendo el número de pasadas determinado (4, 6, 8, 10, 12 y 14 pasadas). Se considera como “pasada” al tránsito tanto frontal o en retroceso del camión minero sobre un tramo de superficie. Luego se procede al registro de asentamientos en los puntos de control de cada carril de prueba. En el caso de la plataforma de prueba IE-EVI-010, solo se tuvo un solo carril de prueba, por lo que el camión minero tuvo que transitar sobre ella a 4, 6, 8, 10 y 12

pasadas, registrándose los asentamientos al término de la cada etapa de compactación. En todo momento se verifica que los neumáticos del camión transiten por encima de los puntos de control determinados anteriormente, esto es importante para realizar posteriormente el control de asentamientos en cada plataforma de prueba.

Figura 18

Proceso de Compactación de Plataforma de Prueba



Compactación de Plataforma de Prueba mediante camión minero CAT 793F cargado en los carriles designados. Fuente: Area de Calidad Stracon – Mina Constanca (2018)

CAPITULO VI

RESULTADOS Y ANALISIS

6.1. CONTROLES DE ASENTAMIENTO EN PLATAFORMAS DE PRUEBA.

El comportamiento de la capa de prueba del material Enrocado Estructural en sus diferentes carriles designados (Ver Figuras 13, 14 y 15), se fue asentando gradualmente en base a la cantidad de pasadas realizadas por el camión minero CAT 793F (cargado), Los asentamientos se obtuvieron controlando los niveles en los puntos de control de cada carril de prueba, una vez cumplidos la cantidad de pasadas de camión minero (a 4, 6, 8, 10, 12 y 14 pasadas según corresponda).

Los valores de asentamiento se obtienen tomando como referencia el **Nivel Inicial** de los puntos de control de cada carril de prueba (sin compactación). Luego de realizar la compactación de estos carriles con el tránsito del camión minero CAT 793F (cargado) de acuerdo con el número de pasadas determinado, se toma la lectura del **Nivel Final** en los mismos puntos de control (Ver Figura 19). Luego por diferencia de niveles se obtiene el **Asentamiento y Espesor de capa Final** de capa. En base a esta información se grafican las curvas de asentamiento.

Figura 19 Control de Asentamientos en los Puntos de Control.

Control de Asentamientos en los Puntos de Control



Personal de topografía realizando lecturas de los niveles finales en los puntos de control de cada carril de prueba. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constancia (2018)

En base a la información obtenida en campo de los asentamientos en las plataformas de prueba IE-EVI-005, IE-EVI-007, IE-EVI-008 y IE-EVI-010, se hicieron tablas y gráficos de asentamiento para analizar el comportamiento de los rellenos en base a la cantidad de pasadas realizadas por los camiones mineros los cuales se muestran a continuación.

Tabla 4

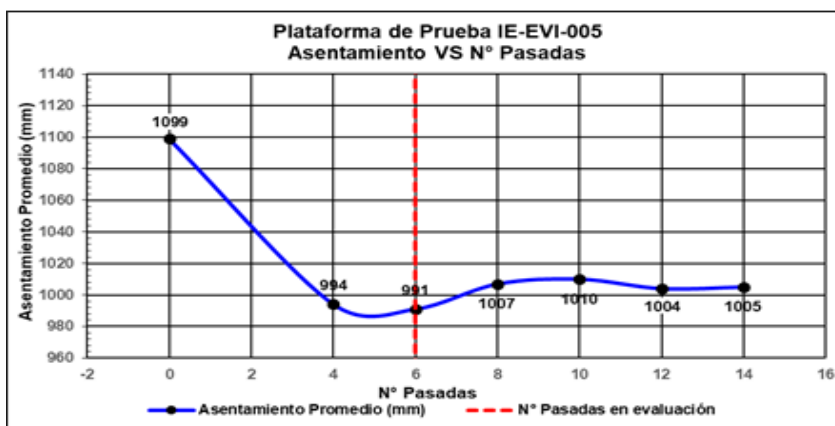
Cuadro de Asentamientos en Plataforma de Prueba IE-EVI-005

Punto de Control	Superficie subyacente			N° de pasadas camión	Plataforma de Prueba IE-EVI-005						
	Norte	Este	Cota		Nivel inicial	Nivel final	Asent. (mm)	Espesor inicial (mm)	Espesor final (mm)	Espesor final prom. (mm)	
1	8396224.24	199242.91	4027.87	4	4028.97	4028.90	71	1098	1027	994	
2	8396217.25	199254.32	4027.87		4028.97	4028.83	142	1102	960		
3	8396215.72	199237.69	4027.87	6	4028.97	4028.89	81	1103	1022	991	
4	8396208.77	199249.10	4027.87		4028.97	4028.83	145	1105	960		
5	8396207.13	199232.55	4027.87	8	4028.97	4028.90	79	1101	1022	1007	
6	8396200.34	199243.87	4027.88		4028.98	4028.87	106	1098	992		
7	8396198.69	199227.31	4027.88	10	4028.97	4028.89	80	1095	1015	1010	
8	8396191.72	199238.62	4027.88		4028.98	4028.88	96	1101	1005		
9	8396207.13	199232.55	4027.88	12	4028.97	4028.88	92	1096	1004	1004	
10	8396191.72	199238.62	4027.88	14	4028.97	4028.88	90	1095	1005	1005	
Prom. (0 PASADAS)								1099			

Se designaron 06 carriles para 4, 6, 8, 10, 12 y 14 pasadas de compactación, se obtuvieron los espesores finales promedio. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constanca (2018)

Figura 20

Curva de Asentamientos en Plataforma de Prueba IE-EVI-005



Se aprecia un asentamiento importante entre 4 a 6 pasadas, evidenciándose en el espesor de capa que es menor al resto. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constanca (2018)

Tabla 5

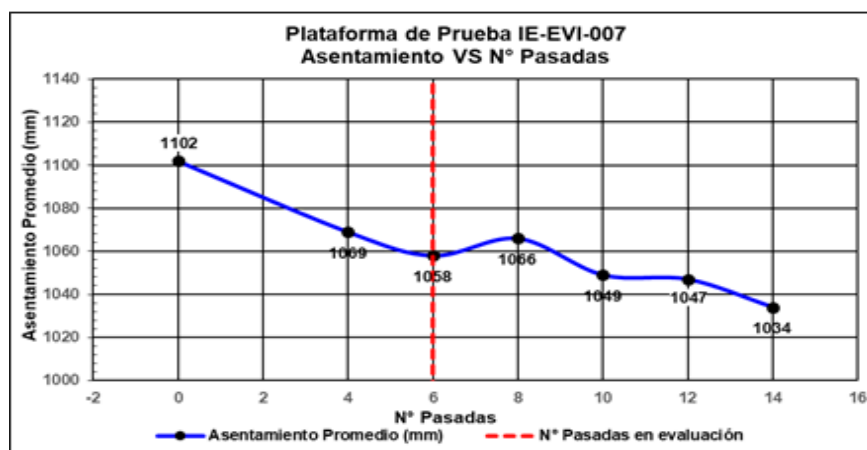
Cuadro de Asentamientos en Plataforma de Prueba IE-EVI-007

Punto de Control	Superficie subyacente			N° de pasadas camión	Plataforma de Prueba IE-EVI-007						
	Norte	Este	Cota		Nivel inicial	Nivel final	Asent. (mm)	Espesor inicial (mm)	Espesor final (mm)	Espesor final prom. (mm)	
1	8396182.90	199301.98	4032.98	4	4034.09	4034.05	36	1107	1071	1069	
2	8396172.60	199319.16	4032.94		4034.05	4034.01	39	1105	1066		
3	8396174.27	199296.79	4033.01	6	4034.10	4034.06	41	1091	1050	1058	
4	8396164.03	199314.02	4032.96		4034.06	4034.02	37	1102	1065		
5	8396165.69	199291.72	4033.04	8	4034.15	4034.12	31	1108	1077	1066	
6	8396155.45	199308.88	4033.04		4034.13	4034.09	38	1092	1054		
7	8396157.14	199286.56	4032.99	10	4034.09	4034.03	63	1104	1041	1049	
8	8396146.85	199303.75	4033.01		4034.12	4034.06	59	1115	1056		
9	8396165.66	199291.76	4033.04	12	4034.13	4034.09	43	1090	1047	1047	
10	8396157.05	199286.56	4032.99	14	4034.10	4034.02	75	1109	1034	1034	
Prom. (0 PASADAS)								1102			

Se designaron 06 carriles para 4, 6, 8, 10, 12 y 14 pasadas de compactación, se obtuvieron los espesores finales promedio. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constanca (2018)

Figura 21

Asentamientos en Plataforma de Prueba IE-EVI-007



Se presenta un mayor asentamiento a las 6 pasadas respecto a las 8 pasadas debido al acomodo de partículas internas. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constanca (2018)

Tabla 6

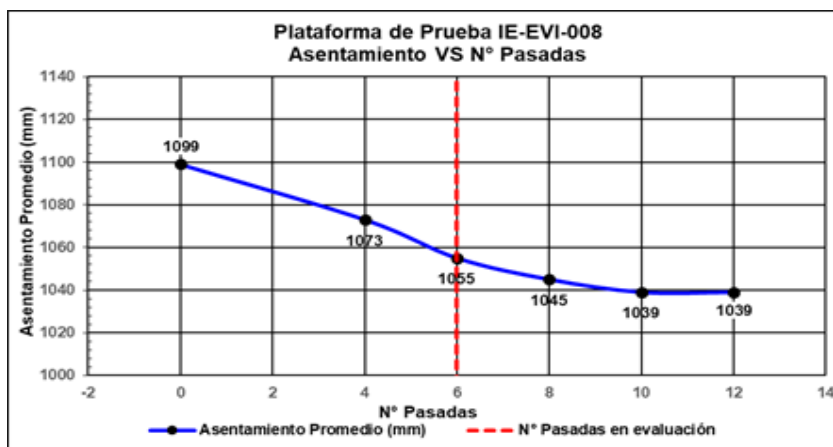
Cuadro de Asentamientos en Plataforma de Prueba IE-EVI-008

Punto de Control	Superficie subyacente			N° de pasadas camión	Plataforma de Prueba IE-EVI-008						
	Norte	Este	Cota		Nivel inicial	Nivel final	Asent. (mm)	Espesor inicial (mm)	Espesor final (mm)	Espesor final prom. (mm)	
1	8396505.28	198262.50	4051.00	4	4052.10	4052.07	27	1103	1076	1073	
2	8396509.49	198242.95	4051.04		4052.14	4052.11	29	1100	1071		
3	8396492.58	198259.74	4051.11	6	4052.21	4052.17	44	1100	1056	1055	
4	8396496.78	198240.19	4051.14		4052.24	4052.19	47	1101	1054		
5	8396479.86	198257.00	4051.17	8	4052.26	4052.21	49	1095	1046	1045	
6	8396484.08	198237.46	4051.16		4052.25	4052.20	50	1094	1044		
7	8396463.16	198254.26	4050.96	10	4052.06	4052.00	56	1098	1042	1039	
8	8396471.38	198234.70	4051.05		4052.15	4052.09	64	1101	1037		
9	8396454.44	198251.51	4050.91	12	4052.01	4051.96	52	1096	1044	1039	
10	8396458.66	198231.96	4050.94		4052.04	4051.98	64	1098	1034		
Prom. (0 PASADAS)								1099			

Se designaron 05 carriles para 4, 6, 8, 10 y 12 pasadas de compactación, se obtuvieron los espesores finales promedio. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constancia (2018)

Figura 22

Asentamientos en Plataforma de Prueba IE-EVI-008



Se aprecia un asentamiento graduado a medida que aumentan la cantidad de pasadas en la plataforma de prueba. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constancia (2018)

Tabla 7

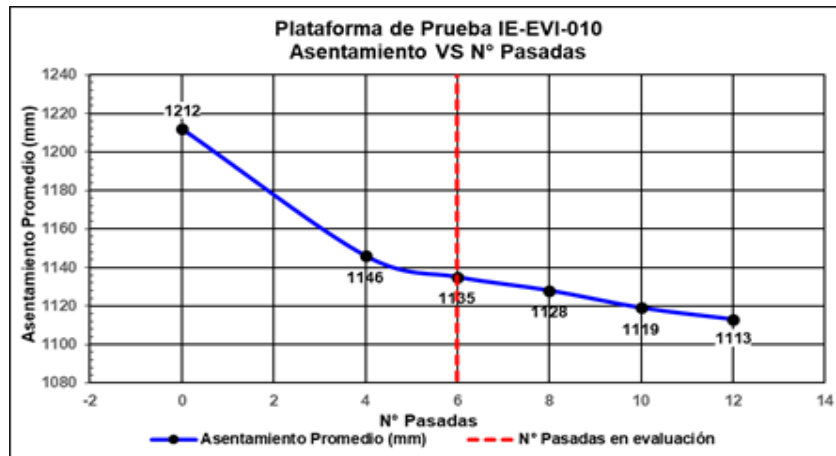
Cuadro de Asentamientos en Plataforma de Prueba IE-EVI-010

Punto de Control	Superficie subyacente			N° de pasadas camión	Plataforma de Prueba IE-EVI-010					
	Norte	Este	Cota		Nivel inicial	Nivel final	Asent. (mm)	Espesor inicial (mm)	Espesor final (mm)	Espesor final prom. (mm)
1	8396057.81	199335.05	4056.90	0	4058.16	4058.16	0	1256	1256	1212
2	8396053.51	199332.47	4056.92		4058.14	4058.14	0	1226	1226	
3	8396047.35	199342.77	4056.90		4058.09	4058.09	0	1186	1186	
4	8396051.64	199345.35	4056.97		4058.14	4058.14	0	1176	1176	
5	8396045.47	199355.63	4056.98		4058.18	4058.18	0	1204	1204	
6	8396041.18	199353.05	4056.85		4058.19	4058.19	0	1339	1339	
7	8396035.02	199363.35	4056.90		4058.09	4058.09	0	1189	1189	
8	8396039.32	199365.93	4057.03		4058.16	4058.16	0	1124	1124	
1	8396057.81	199335.05	4056.90	4	4058.16	4058.08	81	1256	1175	1146
2	8396053.51	199332.47	4056.92		4058.14	4058.11	35	1226	1191	
3	8396047.35	199342.77	4056.90		4058.09	4058.05	38	1186	1148	
4	8396051.64	199345.35	4056.97		4058.14	4058.07	74	1176	1102	
5	8396045.47	199355.63	4056.98		4058.18	4058.08	100	1204	1104	
6	8396041.18	199353.05	4056.85		4058.19	4058.11	82	1339	1257	
7	8396035.02	199363.35	4056.90		4058.09	4058.05	44	1189	1145	
8	8396039.32	199365.93	4057.03		4058.16	4058.08	80	1124	1044	
1	8396057.81	199335.05	4056.90	6	4058.16	4058.07	87	1256	1169	1135
2	8396053.51	199332.47	4056.92		4058.14	4058.10	40	1226	1186	
3	8396047.35	199342.77	4056.90		4058.09	4058.04	54	1186	1132	
4	8396051.64	199345.35	4056.97		4058.14	4058.06	79	1176	1097	
5	8396045.47	199355.63	4056.98		4058.18	4058.08	105	1204	1099	
6	8396041.18	199353.05	4056.85		4058.19	4058.09	99	1339	1240	
7	8396035.02	199363.35	4056.90		4058.09	4058.04	54	1189	1135	
8	8396039.32	199365.93	4057.03		4058.16	4058.06	101	1124	1023	
1	8396057.81	199335.05	4056.90	8	4058.16	4058.07	88	1256	1168	1128
2	8396053.51	199332.47	4056.92		4058.14	4058.09	50	1226	1176	
3	8396047.35	199342.77	4056.90		4058.09	4058.03	59	1186	1127	
4	8396051.64	199345.35	4056.97		4058.14	4058.06	84	1176	1092	
5	8396045.47	199355.63	4056.98		4058.18	4058.06	119	1204	1085	
6	8396041.18	199353.05	4056.85		4058.19	4058.09	105	1339	1234	
7	8396035.02	199363.35	4056.90		4058.09	4058.03	60	1189	1129	
8	8396039.32	199365.93	4057.03		4058.16	4058.05	108	1124	1016	
1	8396057.81	199335.05	4056.90	10	4058.16	4058.06	102	1256	1154	1119
2	8396053.51	199332.47	4056.92		4058.14	4058.09	54	1226	1172	
3	8396047.35	199342.77	4056.90		4058.09	4058.03	63	1186	1123	
4	8396051.64	199345.35	4056.97		4058.14	4058.05	92	1176	1084	
5	8396045.47	199355.63	4056.98		4058.18	4058.05	135	1204	1069	
6	8396041.18	199353.05	4056.85		4058.19	4058.08	116	1339	1223	
7	8396035.02	199363.35	4056.90		4058.09	4058.03	65	1189	1124	
8	8396039.32	199365.93	4057.03		4058.16	4058.04	118	1124	1006	
1	8396057.81	199335.05	4056.90	12	4058.16	4058.04	114	1256	1142	1113
2	8396053.51	199332.47	4056.92		4058.14	4058.08	60	1226	1166	
3	8396047.35	199342.77	4056.90		4058.09	4058.02	67	1186	1119	
4	8396051.64	199345.35	4056.97		4058.14	4058.04	98	1176	1078	
5	8396045.47	199355.63	4056.98		4058.18	4058.04	140	1204	1064	
6	8396041.18	199353.05	4056.85		4058.19	4058.07	121	1339	1218	
7	8396035.02	199363.35	4056.90		4058.09	4058.02	70	1189	1119	
8	8396039.32	199365.93	4057.03		4058.16	4058.03	124	1124	1000	

Se designó un solo carril para 0, 4, 6, 8, 10 y 12 pasadas de compactación, se obtuvieron los espesores finales promedio. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constancia (2018)

Figura 23

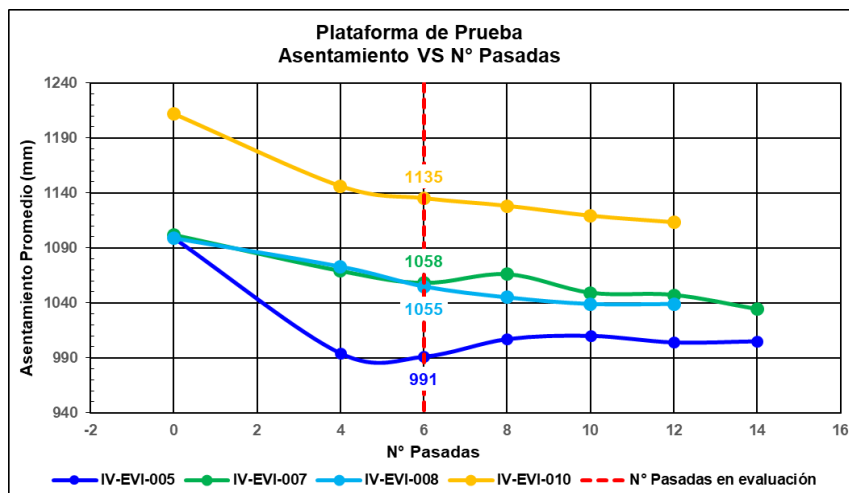
Asentamientos en Plataforma de Prueba IE-EVI-010



Se aprecia un asentamiento graduado a medida que aumentan la cantidad de pasadas en la plataforma de prueba. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constancia (2018)

Figura 24

Asentamientos en Plataformas de Prueba (Consolidado)



Asentamientos en Plataforma de Prueba IE-EVI-005, IE-EVI-007, IE-EVI-008 y IE-EVI-010 (en base al espesor de capa). Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constancia (2018)

De acuerdo con la Figura 24, se puede apreciar que las curvas de asentamiento en promedio hacen un descenso importante hasta las 06 pasadas, luego se puede apreciar que los asentamientos disminuyen a medida que se va aumentando el número de pasadas de camión minero, adoptando una cierta tendencia hacia la horizontalidad hasta las 12 y 14 pasadas.

Se puede ver también que la curva de asentamiento de la Plataforma de Prueba IE-EVI-005 tiene un mayor asentamiento en comparación a las otras curvas, esto es debido a que presenta una granulometría con tendencia fina con clasificación SUCS: GP-GC (Grava mal gradada con arcilla). (Ver Figura 43).

Tabla 8

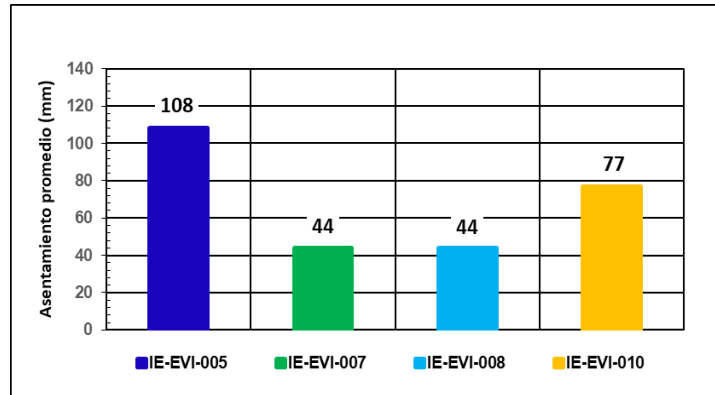
Cuadro Consolidado de Asentamientos Promedio a 06 Pasadas

Plataforma de prueba	Espesor de capa inicial a 6 pasadas (mm)	Espesor de capa final a 6 pasadas (mm)	Asentamiento a 6 pasadas (mm)
IE-EVI-005	1099	991	108
IE-EVI-007	1102	1058	44
IE-EVI-008	1099	1055	44
IE-EVI-010	1212	1135	77

Asentamientos promedio obtenida de las curvas de asentamiento de las Plataformas de Prueba a 6 pasadas (Figura 24). Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constancia (2018)

Figura 25

Asentamiento promedio de plataformas de prueba a 06 pasadas



Consolidado de asentamientos promedio para las diferentes plataformas de prueba a las 06 pasadas. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constancia (2018)

De acuerdo con la Tabla 8 y Figura 25, se puede observar al igual que la Figura 24, que en la plataforma de prueba IE-EVI-005 se produce mayor asentamiento que en las otras plataformas de prueba.

6.2. CONTROLES DE DENSIDAD EN PLATAFORMAS DE PRUEBA.

Una vez determinados y registrados los asentamientos para las plataformas de prueba de 1100 mm. de espesor, de acuerdo con el número de pasadas; se procedió a ejecutar los ensayos de Reemplazo por Agua en base a la norma ASTM D5030-13, para determinar la densidad seca de las plataformas de prueba, en cada uno de los carriles de 4, 6, 8, 10, 12 y 14 pasadas (según corresponda), a profundidades de 0.0 a 0.50 m. y 0.50 a 1.0 m.

6.2.1. Ensayo de densidad Método Reemplazo por agua (ASTM D5030)

Este método de prueba cubre la determinación de la densidad en el lugar y el peso unitario del suelo y la roca usando agua para llenar un pozo de prueba revestido para determinar el volumen; implica material que contengan partículas de más de 3 pulgadas (75 mm). Este método es adecuado para pozos de prueba con un volumen entre 3 y 100 ft³ (0,08 y 2,83 m³). En general, los materiales probados tienen tamaños de partículas de más de 5 pulgadas (125 mm). Se puede utilizar para excavaciones de mayor tamaño si se desea. Se utiliza plantillas metálicas circulares con diámetros inferiores de 3 pies (0,9 m). Se pueden usar otras formas o materiales (ejemplo: marcos de madera) siempre que cumplan con los requisitos de este método de prueba y las pautas para el volumen mínimo del pozo de prueba (Ver Tabla 9).

Tabla 9

Volumen de Material Requerido en Base al Tamaño Máximo de Partícula

Tamaño máximo de la partícula de suelo (pulgadas)	Volumen mínimo requerido (litros)	Plantilla Sugerida	Profundidad mínima requerida (pulgadas)
3 (0.076 m.)	28 (0.028 m ³)	Cuadrada, L = 0.610 m.	12 (0.305 m.)
5 (0.127 m.)	56 (0.056 m ³)	Cuadrada, L = 0.762 m.	18 (0.457 m.)
8 (0.203 m.)	225 (0.225 m ³)	Circular, D = 1.200 m.	24 (0.610 m.)
12 (0.305 m.)	760 (0.760 m ³)	Circular, D = 1.800 m.	24 (0.610 m.)
18 (0.457 m.)	2500 (2.500 m ³)	Circular, D = 2.700 m.	36 (0.914 m.)
24 (0.610 m.)	2780 (2.780 m ³)	Cuadrada, L = 3.000 m.	40 (1.016 m.)

En base al tamaño máximo de partícula se selecciona la plantilla y profundidad de excavación.

Fuente: (ASTM D5030M-13, 2013)

- **Procedimiento de ensayo:**

- Se coloca la plantilla o marco, sobre la superficie designada y preparada para la prueba, asegurando firmemente el marco al suelo.
- Se coloca un plástico de 0.1 a 0.15 mm de espesor, dándole forma para cubrir superficie entre el suelo y el marco. (ver Figura 26).

Figura 26

Nivelación de Marco de Madera y Colocación de Plástico



Colocación del marco de madera sobre la superficie, con el plástico y la regla con el indicador de nivel de agua de referencia. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constanca (2018)

- Se coloca la regla de madera con el indicador de nivel de agua para el control de referencia, se vierte agua limpia para llenar el espacio entre la superficie del suelo hasta alcanzar el nivel del indicador de la regla de

madera y se registra como lectura inicial (o lectura de calibración del indicador de nivel de agua, denominada:

M1= Masa de agua usada para llenar la marco (g).

- Se retira el agua y el plástico y con una retroexcavadora, se excava el hoyo de prueba, extrayendo el material a un recipiente adecuado, se pesa y anota cuantas veces sea necesario hasta el término de la extracción del material del hoyo de prueba, (ver figura 27), de esta manera se obtiene la masa del material húmedo del hoyo de prueba denominada:

M2 = Masa del material húmedo retirado del hoyo de prueba (g).

Figura 27

Pesaje de Material Extraído del Hoyo de Prueba

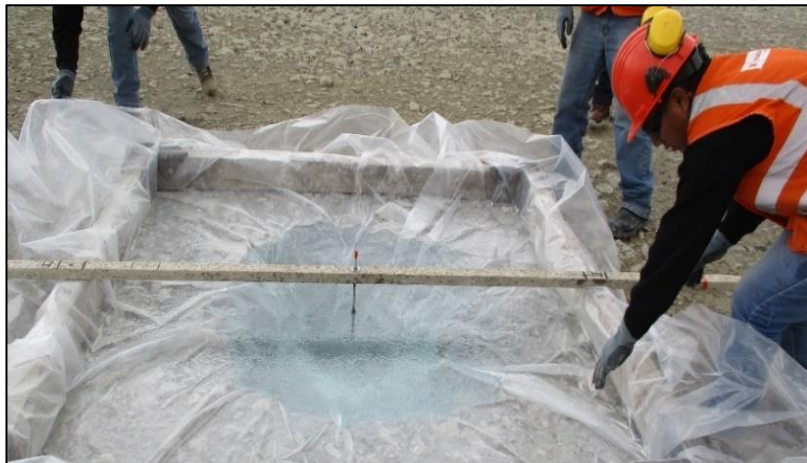


Extracción de material húmedo del hoyo de prueba y pesaje en la balanza, se registran los valores. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constanca (2018)

- Se coloca en un recipiente hermético parte de la muestra que sea necesaria para el ensayo de contenido de humedad (w)
- Se coloca un plástico de 0.1 mm a 0.15 mm de espesor sobre el marco, dándole forma para cubrir toda la superficie entre el suelo y el marco.
- Se vierte la cantidad necesaria de agua, para cubrir la excavación del hoyo de prueba más el espacio entre la superficie del suelo y la plantilla con la regla de indicador del nivel de agua. (ver Figura N°28)

Figura 28

Llenado de Agua en el Hoyo de Prueba



Se vierte el agua hasta el nivel de referencia de la regla. El agua usada es previamente pesada y registrada. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constancia (2018)

- Se registra la cantidad total de agua utilizada para llenar el pozo de prueba hasta la regla con el indicador del nivel de agua, denominada:

M3 = Masa del agua usada para llenar el hoyo de prueba y el marco (g).

- Se calcula y se registra la masa de agua utilizada para rellenar el hoyo de prueba, restando la masa de calibración del indicador de referencia del nivel de agua requerido. como sigue:

$$\mathbf{M4 = M3 - M1}$$

Donde:

M4 = Masa del agua en el hoyo de prueba (g),

M3 = Masa del agua para llenar el hoyo de prueba y el marco (g).

M1 = Masa del agua para llenar la marco (g).

- Se calcula el volumen del agua usada para llenar el hoyo de prueba como sigue:

$$\mathbf{V4 = M4 / Pw}$$

Donde:

V4 = Volumen del agua en el hoyo de prueba (cm3).

M4 = Masa del agua en el hoyo de prueba (g).

Pw = Densidad del agua (g/cm3) (Ver Tabla 10).

Tabla 10

Densidad del Agua en Función de la Temperatura

Temperatura (°C)	Densidad (g /cm3)	Temperatura (°C)	Densidad (g /cm3)	Temperatura (°C)	Densidad (g /cm3)
0	0,99987	11	0,99963	22	0,99780
1	0,99993	12	0,99952	23	0,99756
2	0,99997	13	0,99940	24	0,99732
3	0,99999	14	0,99927	25	0,99707
4	100,000	15	0,99913	26	0,99681
5	0,99999	16	0,99897	27	0,99654
6	0,99997	17	0,99880	28	0,99626
7	0,99993	18	0,99862	29	0,99597
8	0,99988	19	0,99843	30	0,99565
9	0,99981	20	0,99823	-	-
10	0,99973	21	0,99802	-	-

La Densidad del agua varía en función de la temperatura. Fuente: Norma ASTM D854

- **Cálculo de la densidad seca:**

- Se calcula primeramente la densidad húmeda del material retirado del hoyo de prueba como sigue:

$$\rho_{\text{húmeda}} = M2 / V4$$

Donde:

$\rho_{\text{húmeda}}$ = Densidad húmeda del material retirado del hoyo de prueba (g/cm3).

M2 = Masa del material húmedo retirado del hoyo de prueba (g).

V4 = Volumen del hoyo de prueba (cm3).

- Se calcula la densidad seca del material retirado del hoyo de prueba como sigue:

$$\rho_{\text{seca}} = \rho_{\text{húmeda}} / (1 + w/100)$$

Dónde:

ρ_{seca} = Densidad seca del material retirado del hoyo de prueba (g/cm³)

$\rho_{húmeda}$ = Densidad húmeda del material retirado el hoyo de prueba (g/cm³)

w = Contenido de humedad del material retirado del hoyo de prueba (%)

6.2.2. Resultado de ensayos de reemplazo por agua.

En las siguientes tablas se muestran los resultados de los ensayos de densidad por el método de reemplazo por agua obtenidas en las plataformas de prueba de acuerdo con el número de pasadas, de las cuales se obtuvieron las curvas de compactación.

Tabla 11

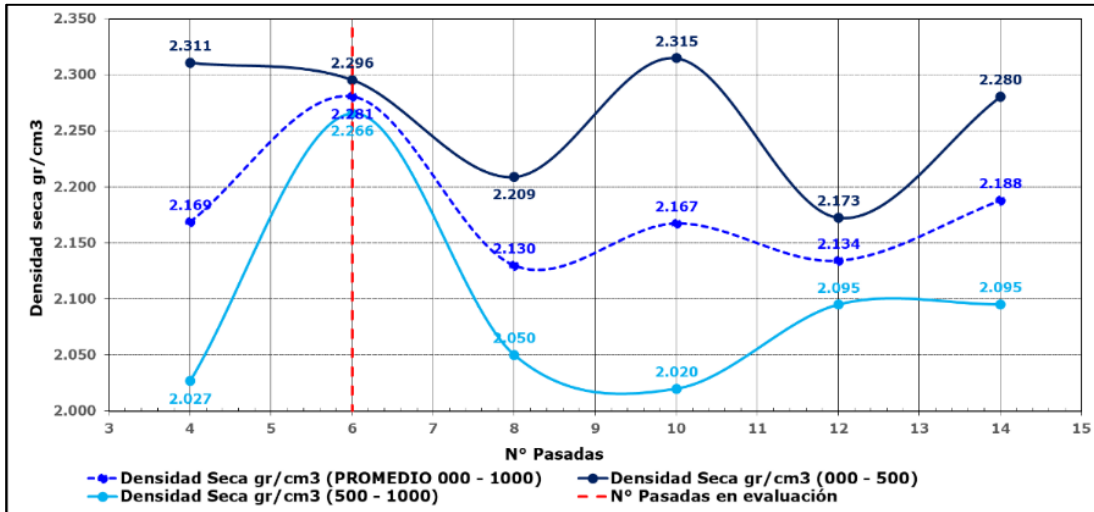
Resultados de Densidades, Plataforma de Prueba IE-EVI-005

Nº Pasadas	Nivel de prueba m.s.n.m.	Profundidad (m)	Ensayo de Reemplazo por agua (ASTM D - 5030)			
			Densidad Húmeda (g/cm ³)	Densidad Seca (g/cm ³)	Densidad Seca Promedio (g/cm ³)	Porcentaje Humedad (%)
4	4029.00	0.0 - 0.5	2.424	2.311	2.169	4.9
	4028.50	0.5 - 1.0	2.120	2.027		4.6
6	4029.00	0.0 - 0.5	2.408	2.296	2.281	4.9
	4028.50	0.5 - 1.0	2.363	2.266		4.3
8	4029.00	0.0 - 0.5	2.326	2.209	2.130	5.3
	4028.50	0.5 - 1.0	2.149	2.050		4.8
10	4029.00	0.0 - 0.5	2.456	2.315	2.167	6.1
	4028.50	0.5 - 1.0	2.137	2.020		5.8
12	4029.00	0.0 - 0.5	2.279	2.173	2.134	4.9
	4028.50	0.5 - 1.0	2.192	2.095		4.6
14	4029.00	0.0 - 0.5	2.415	2.280	2.188	5.9
	4029.00	0.0 - 1.0	2.225	2.095		6.2

Densidades obtenidas por el Método de Reemplazo por Agua en Plataforma de Prueba IE-EVI-005, Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constancia (2018)

Figura 29

Densidad Seca vs N° Pasadas, Plataforma de Prueba IE-EVI-005



Curvas de densidades a profundidades de 000 a 500 mm. y 500 a 1000 mm. y profundidad promedio de 000 a 1000 mm. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constanca (2018)

De acuerdo con la Tabla 11 y Figura 29, se aprecia una mayor densificación promedio a las 6 pasadas de camión minero CAT 793F (2.281 g/cm³), cumpliendo con la densidad especificada de 2.00 g/cm³. Desde las 8 pasadas hasta las 14 pasadas se aprecia variabilidad en los asentamientos en las curvas de 000 a 500 mm y 500 a 1000 mm, ocurriendo descensos de las densidades (debido posiblemente a un reacomodo de las partículas internas de la capa, presencia de segregación o fracturamiento de las partículas ocasionada por el peso ejercido de los camiones mineros en la compactación).

Tabla 12

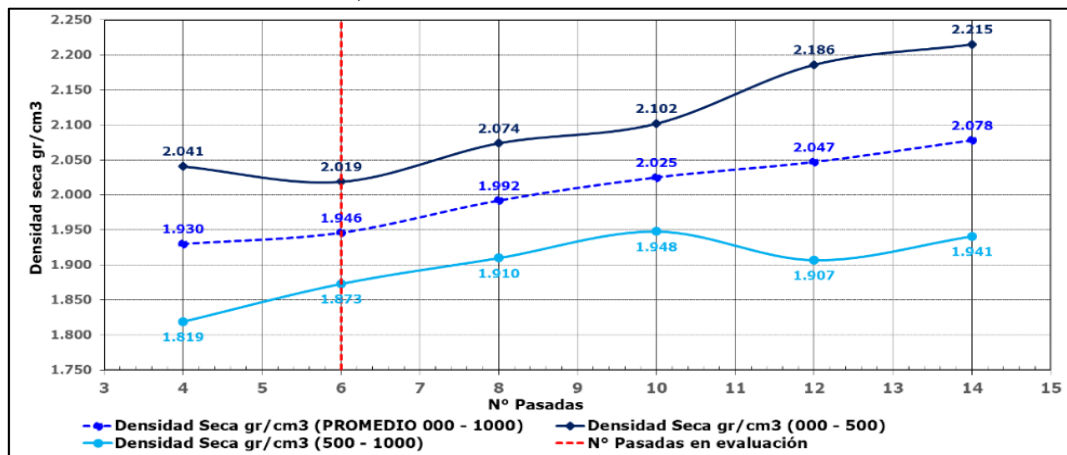
Resultados de Densidades, Plataforma de Prueba IE-EVI-007

N° Pasadas	Nivel de prueba m.s.n.m.	Profundidad (m)	Ensayo de Reemplazo por agua (ASTM D - 5030)			
			Densidad Húmeda (g/cm ³)	Densidad Seca (g/cm ³)	Densidad Seca Promedio (g/cm ³)	Porcentaje Humedad (%)
4	4034.00	0.0 - 0.5	2.147	2.041	1.930	5.2
	4033.50	0.5 - 1.0	1.915	1.819		5.3
6	4034.00	0.0 - 0.5	2.112	2.019	1.946	4.6
	4033.50	0.5 - 1.0	1.965	1.873		4.9
8	4034.00	0.0 - 0.5	2.173	2.074	1.992	4.8
	4033.50	0.5 - 1.0	2.003	1.910		4.9
10	4034.00	0.0 - 0.5	2.194	2.102	2.025	4.4
	4033.50	0.5 - 1.0	2.029	1.948		4.2
12	4034.00	0.0 - 0.5	2.298	2.186	2.047	5.0
	4033.50	0.5 - 1.0	2.006	1.907		5.2
14	4034.00	0.0 - 0.5	2.321	2.215	2.078	4.8
	4033.50	0.5 - 1.0	2.036	1.941		4.9

Densidades obtenidas por el Método de Reemplazo por Agua en Plataforma de Prueba IE-EVI-007. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constanca (2018)

Figura 30

Densidad seca vs. N° Pasadas, Plataforma de Prueba IE-EVI-007



Curvas de densidades, a profundidades de 000 a 500 mm. y 500 a 1000 mm. y profundidad promedio de 000 a 1000 mm. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constanca (2018)

De acuerdo con la Tabla 12 y Figura 30, se aprecia una mayor densificación promedio a medida que se aumenta el número de las pasadas de camión minero CAT 793F. Se aprecia una buena densificación promedio a las 6 pasadas de camión minero CAT 793F (1.946 g/cm³), con un margen de 0.054 por debajo de la densidad especificada de 2.00 g/cm³.

Tabla 13

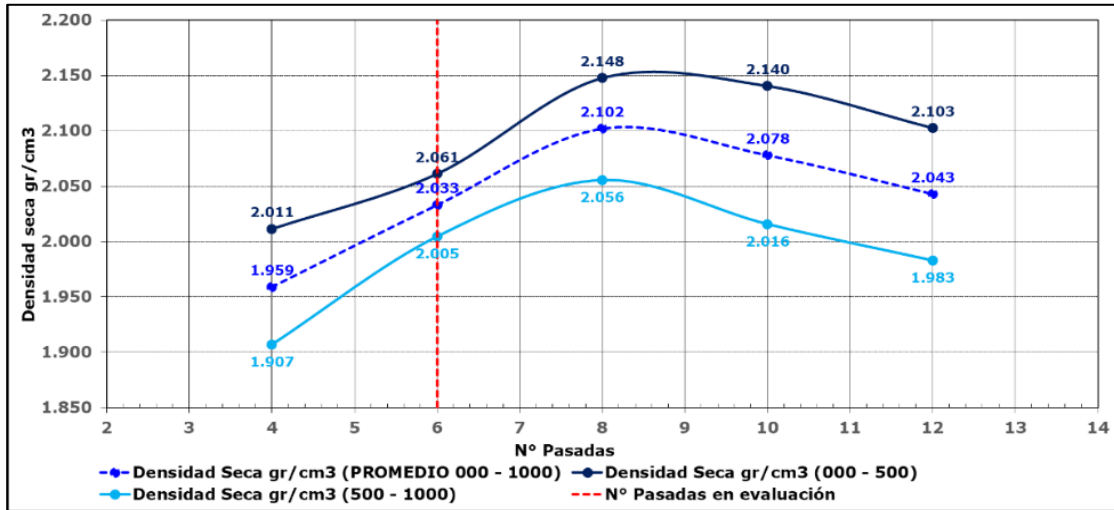
Resultados de Densidades, Plataforma de Prueba IE-EVI-008

Nº Pasadas	Nivel de prueba m.s.n.m.	Profundidad (m)	Ensayo de Reemplazo por agua (ASTM D - 5030)			
			Densidad Húmeda (g/cm ³)	Densidad Seca (g/cm ³)	Densidad Seca Promedio (g/cm ³)	Porcentaje Humedad (%)
4	4052.05	0.0 - 0.5	2.114	2.011	1.959	5.1
	4051.55	0.5 - 1.0	2.012	1.907		5.5
6	4052.11	0.0 - 0.5	2.172	2.061	2.033	5.4
	4051.61	0.5 - 1.0	2.107	2.005		5.1
8	4052.11	0.0 - 0.5	2.264	2.148	2.102	5.4
	4051.61	0.5 - 1.0	2.169	2.056		5.5
10	4052.09	0.0 - 0.5	2.26	2.14	2.078	5.6
	4051.59	0.5 - 1.0	2.125	2.016		5.4
12	4051.99	0.0 - 0.5	2.218	2.103	2.043	5.5
	4051.49	0.5 - 1.0	2.086	1.983		5.2

Densidades obtenidas por el Método de Reemplazo por Agua en Plataforma de Prueba IE-EVI-008, Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constancia (2018)

Figura 31

Densidad seca vs. N° Pasadas, Plataforma de Prueba IE-EVI-008



Curvas de densidades a profundidades de 000 a 500 mm. y 500 a 1000 mm. y profundidad promedio de 000 a 1000 mm. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constanca (2018)

De acuerdo con la Tabla 13 y Figura 31, se aprecia que en todos los casos se cumple con la densidad especificada de 2.00 g/cm³. A 6 pasadas se obtiene una densidad seca promedio de 2.033 g/cm³, cumpliendo con la densidad especificada de 2.00 g/cm³. Desde las 8 pasadas hasta las 12 pasadas se aprecia un descenso de las curvas de densidades (debido posiblemente a un reacomodo de las partículas internas de la capa, presencia de segregación o fracturamiento de las partículas ocasionada por el peso ejercido de los camiones mineros en la compactación).

Tabla 14

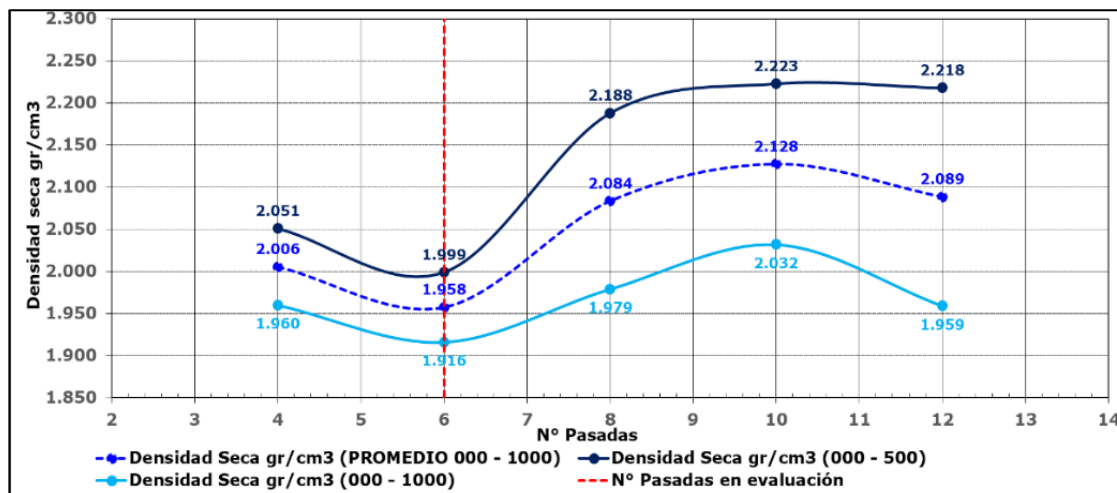
Resultados de Densidades, Plataforma de Prueba IE-EVI-010

N° Pasadas	Nivel de prueba m.s.n.m.	Profundidad (m)	Ensayo de Reemplazo por agua (ASTM D - 5030)			
			Densidad Húmeda (g/cm ³)	Densidad Seca (g/cm ³)	Densidad Seca Promedio (g/cm ³)	Porcentaje Humedad (%)
4	4058.03	0.0 - 0.5	2.14	2.051	2.006	4.3
	4057.53	0.5 - 1.0	2.041	1.960		4.1
6	4058.01	0.0 - 0.5	2.079	1.999	1.958	4.0
	4057.51	0.5 - 1.0	1.991	1.916		3.9
8	4058.05	0.0 - 0.5	2.276	2.188	2.084	4.0
	4057.55	0.5 - 1.0	2.054	1.979		3.8
10	4058.10	0.0 - 0.5	2.317	2.223	2.128	4.2
	4057.60	0.5 - 1.0	2.111	2.032		3.9
12	4058.07	0.0 - 0.5	2.296	2.218	2.089	3.5
	4057.57	0.5 - 1.0	2.032	1.959		3.7

Densidades obtenidas por el Método de Reemplazo por Agua a una profundidad de 000 a 500 mm. y 500 a 1000 mm. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constancia (2018)

Figura 32

Densidad seca vs. N° Pasadas, Plataforma de Prueba IE-EVI-010



Curvas de densidades a profundidades de 000 a 500 mm. y 500 a 1000 mm. y profundidad promedio de 000 a 1000 mm. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constancia (2018)

De acuerdo con la Tabla 14 y Figura 32, se aprecia que de 4 pasadas a una densidad promedio de 2.006 g/cm³, ocurre una caída en la densificación de 1.958 g/cm³ a las 6 pasadas de camión minero CAT 793F (debido posiblemente a un reacomodo de las partículas internas de la capa, presencia de segregación o fracturamiento de las partículas ocasionada por el peso ejercido de los camiones mineros en la compactación), luego se aprecia un aumento de las densidades desde las 8 pasadas hasta las 10 pasadas, posteriormente se puede ver un ligero descenso de las densidades promedio a las 12 pasadas.

Tabla 15

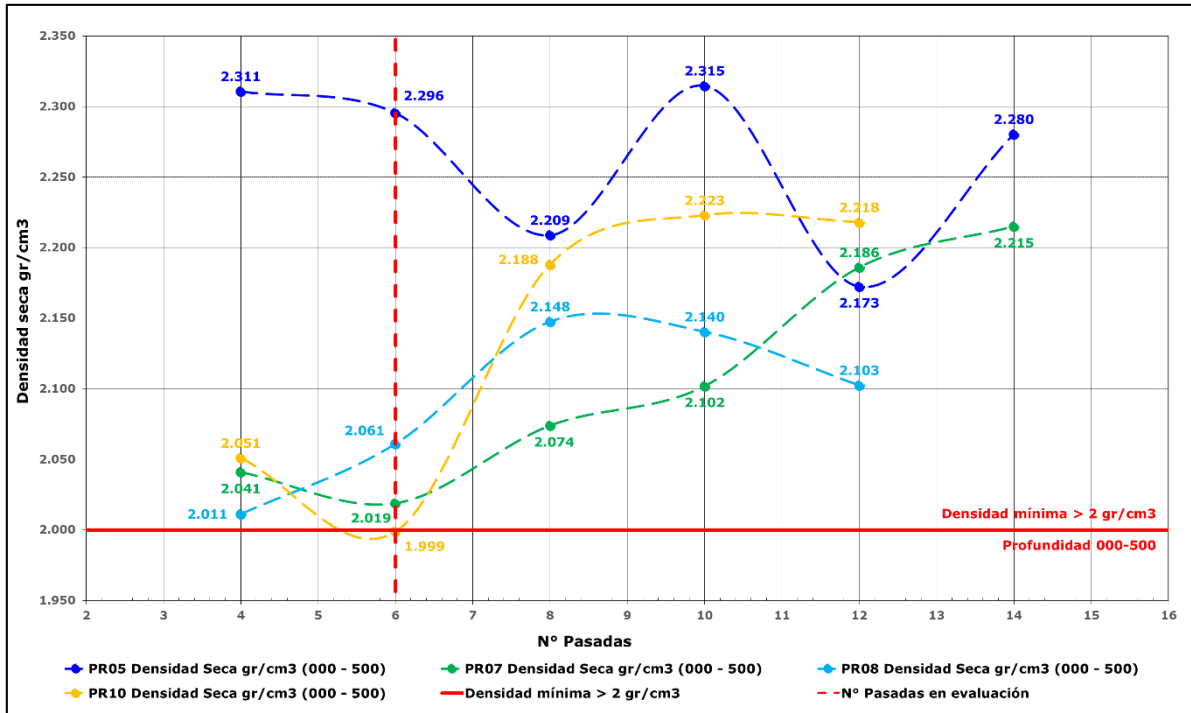
Resumen de Densidades de Plataformas de Prueba a 06 pasadas

Plataforma de Prueba	Nº Pasadas	Nivel de prueba m.s.n.m.	Profundidad (m)	Ensayo de Reemplazo por agua (ASTM D - 5030)		
				Densidad Húmeda (g/cm ³)	Densidad Seca (g/cm ³)	Porcentaje humedad (%)
IE-EVI-005	6	4029	0.0 - 0.5	2.408	2.296	4.9
		4028.5	0.5 - 1.0	2.363	2.266	4.3
IE-EVI-007	6	4034	0.0 - 0.5	2.112	2.019	4.6
		4033.5	0.5 - 1.0	1.965	1.873	4.9
IE-EVI-008	6	4052.11	0.0 - 0.5	2.172	2.061	5.4
		4051.61	0.5 - 1.0	2.107	2.005	5.1
IE-EVI-010	6	4058.03	0.0 - 0.5	2.079	1.999	4.0
		4057.51	0.5 - 1.0	1.991	1.916	3.9

Densidades Secas obtenidas mediante ensayos de Reemplazo por Agua en las Plataformas de Prueba IE-EVI-005, IE-EVI-007, IE-EVI-008, IE-EVI-010 a 06 Pasadas. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constancia (2018)

Figura 33

Densidad Seca Vs N° Pasadas en Profundidad 000-500 mm.

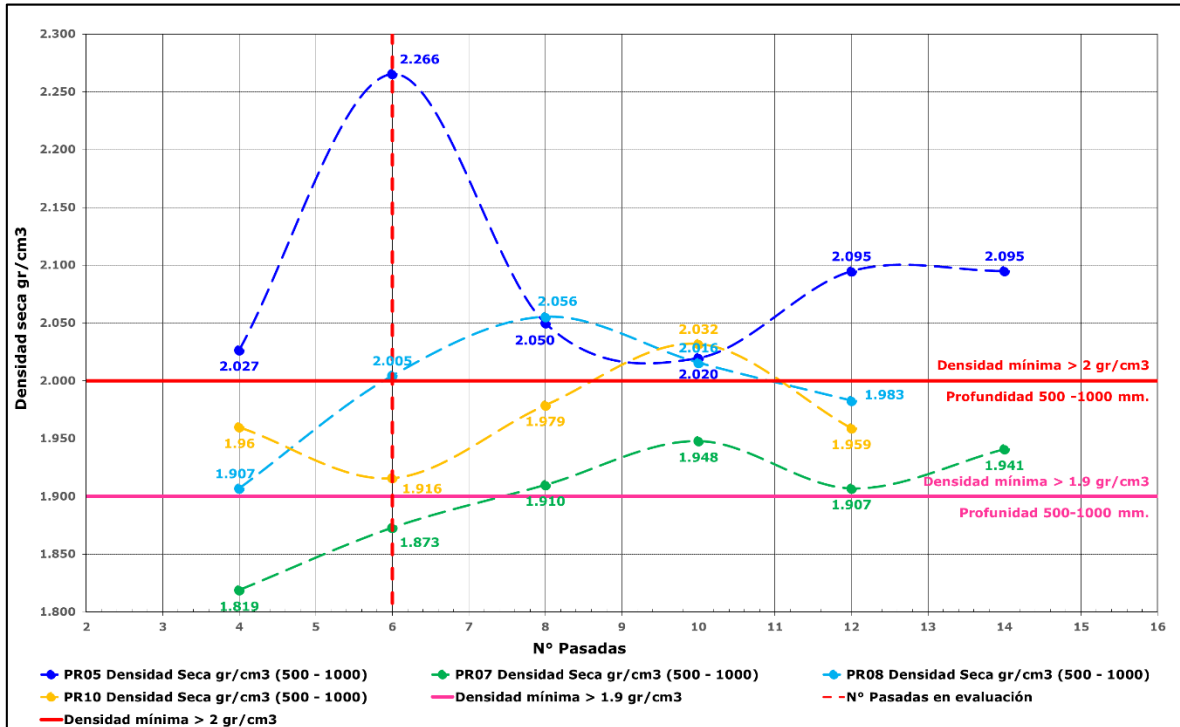


Consolidado de Curvas de densidades secas de las Plataformas de Prueba IE-EVI-005, IE-EVI-007, IE-EVI-008, IE-EVI-010, a una profundidad de 000 a 500 mm. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constanca (2018)

De acuerdo con la Figura 33, se aprecia que tomando como referencia las 06 pasadas de camión minero CAT 793F cargado, del total de las densidades secas obtenidas en las plataformas de prueba, **el 80% de ellas son mayores a 2.00 g/cm3, a una profundidad de 000 – 500 mm.**

Figura 34

Densidad Seca Vs N° Pasadas en Profundidad 500-1000 mm.

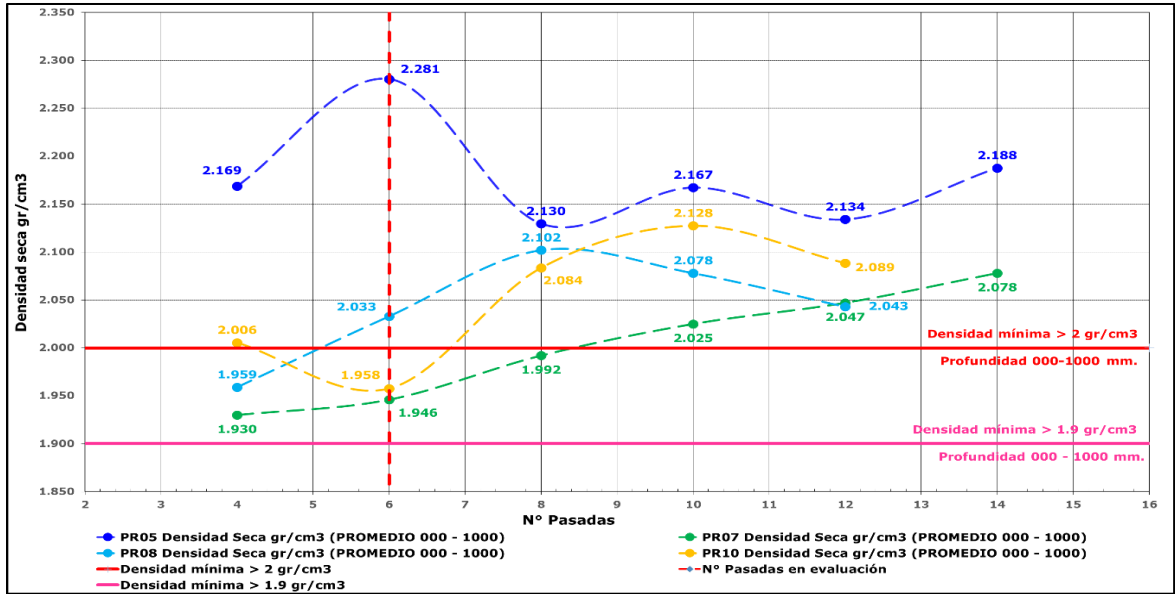


Consolidado de Curvas de densidades secas de las Plataformas de Prueba IE-EVI-005, IE-EVI-007, IE-EVI-008, IE-EVI-010, a una profundidad de 500 a 1000 mm. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constanca (2018)

De acuerdo con la Figura 34, se aprecia que tomando como referencia las 06 pasadas de camión minero CAT 793F cargado, del total de las densidades secas obtenidas en las plataformas de prueba, **el 50% de ellas son mayores a 2.00 g/cm³**, a una profundidad de 500 – 1000 mm. Sin embargo, **el 75% de ellas son mayores a 1.90 g/cm³**.

Figura 35

Densidad Seca Vs N° Pasadas en Profundidad 000-1000 mm.



Consolidado de Curvas de densidades de todas las Plataformas de Prueba, a una profundidad de 000 a 1000 mm. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constanca (2018)

Tabla 16

Resumen de Densidades Secas promedio, espesor de 1000 mm.

Plataforma de Prueba	N° Pasadas	Profundidad (m)	Densidad Seca Promedio (g/cm³)
IE-EVI-005	6	1.00	2.281
IE-EVI-007	6	1.00	1.946
IE-EVI-008	6	1.00	2.033
IE-EVI-010	6	1.00	1.958

Densidades Secas promedio de todas las Plataformas de Prueba a 06 Pasadas. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la Figura 35 y Tabla 16, se aprecia que tomando como referencia las 06 pasadas de camión minero CAT 793F cargado, del total de las densidades secas obtenidas en las plataformas de prueba, **el 50% de ellas son mayores a 2.00 g/cm³, a una profundidad promedio de 000 – 1000 mm. Sin embargo, el 100 % de ellas son mayores a 1.90 g/cm³.**

6.2.3. Historial de ensayos de reemplazo por agua a 06 pasadas en las capas de relleno del TMF.

Para poder realizar un mejor análisis y validar los resultados obtenidos en las plataformas de prueba, se realizó una etapa verificación, conformando capas de material Enrocado Estructural de espesor 1000 mm, ubicados en el lado Este y Oeste del Dique del Depósito de Relaves (TMF), entre el 05/07/2018 al 03/08/2018. Estas capas fueron compactadas con el tránsito de los camiones mineros CAT 793F en toda su extensión a 06 pasadas como mínimo, posteriormente se ubicaron los puntos de ensayo de Reemplazo por Agua donde se haya cumplido con la compactación de 06 pasadas de camión minero CAT 793F (9 puntos), Los ensayos de reemplazo por agua se realizaron en dos etapas, la primera etapa a profundidades de 000 mm a 500 mm. (Ver figura 36) y la segunda etapa a profundidades de 500 a 1000 mm. (Ver figura 37) En total se realizaron 18 ensayos de Reemplazo por agua, (Ver Tabla 17).

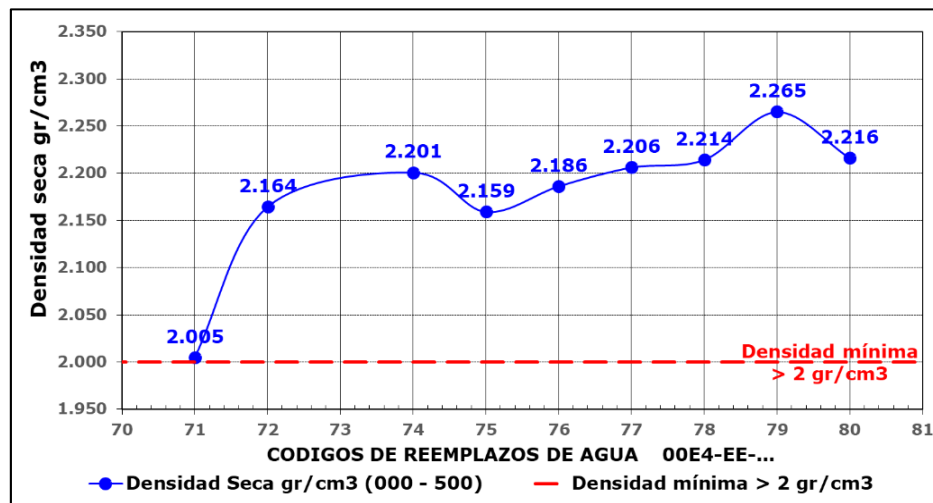
Tabla 17*Historial de Reemplazos por Agua a 06 Pasadas (julio - agosto 2018)*

N° de Registro de ensayo	Fecha	Ubicación de Ensayo		Profund. Muestra (mm)	N° de Pasadas	Ensayo de Reemplazo por agua (ASTM D - 5030)		
		Zona	Elev. (msnm)			Densidad Seca (g/cm ³)	D. Seca Promedio (g/cm ³)	Contenido Humedad (%)
00E4-EE-071	5/07/2018	TMF Oeste	4053.00	000 - 500	6	2.005	1.976	4.7
			4052.50	500 - 1000		1.947		4.4
00E4-EE-072	6/07/2018	TMF Oeste	4053.00	000 - 500	6	2.164	2.036	4.1
			4052.50	500 - 1000		1.907		3.6
00E4-EE-074	13/07/2018	TMF Oeste	4054.00	000 - 500	6	2.201	2.129	6.1
			4053.50	500 - 1000		2.056		5.7
00E4-EE-075	16/07/2018	TMF Oeste	4055.00	000 - 500	6	2.159	2.061	5.1
			4054.50	500 - 1000		1.962		5.0
00E4-EE-076	18/07/2018	TMF Oeste	4056.00	000 - 500	6	2.186	2.072	4.8
			4055.50	500 - 1000		1.957		4.2
00E4-EE-077	21/07/2018	TMF Este	4057.00	000 - 500	6	2.206	2.108	4.2
			4056.50	500 - 1000		2.010		4.3
00E4-EE-078	27/07/2018	TMF Oeste	4057.00	000 - 500	6	2.214	2.140	4.4
			4056.50	500 - 1000		2.066		4.2
00E4-EE-079	31/07/2018	TMF Oeste	4058.00	000 - 500	6	2.265	2.111	3.9
			4057.50	500 - 1000		1.956		3.5
00E4-EE-080	3/08/2018	TMF Este	4059.00	000 - 500	6	2.216	2.063	3.6
			4058.50	500 - 1000		1.909		3.8

Resultados de Ensayos de Reemplazo por agua obtenidas de las capas de Relleno de material Enrocado Estructural conformadas en el Depósito de Relaves (TMF), a 06 Pasadas de camión minero CAT 793F, a profundidades de 000 a 500 mm. y 500 a 1000 mm. y profundidad promedio de 000 a 1000 mm., periodo: julio - agosto 2018. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constanca (2018)

Figura 36

Ensayos de Reemplazo por Agua a 06 pasadas (Profundidad 000-500 mm.)

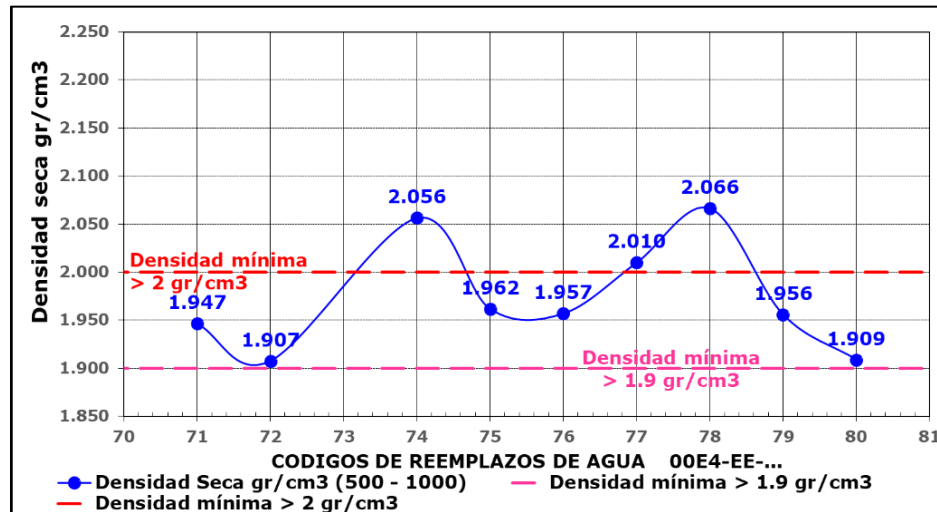


Historial de Ensayos de Reemplazo por Agua a 06 pasadas, profundidad de **000-500 mm.** realizados en el Dique del Depósito de Relaves (TMF), periodo: julio - agosto 2018. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constanca (2018)

De acuerdo con la Figura 36, se aprecia que a una profundidad de 000 – 500 mm., **el 100% de las densidades secas obtenidas en las capas de relleno son mayores a 2.00 g/cm3.**

Figura 37

Ensayos de Reemplazo por Agua a 06 Pasadas (Profundidad 500-1000 mm.)

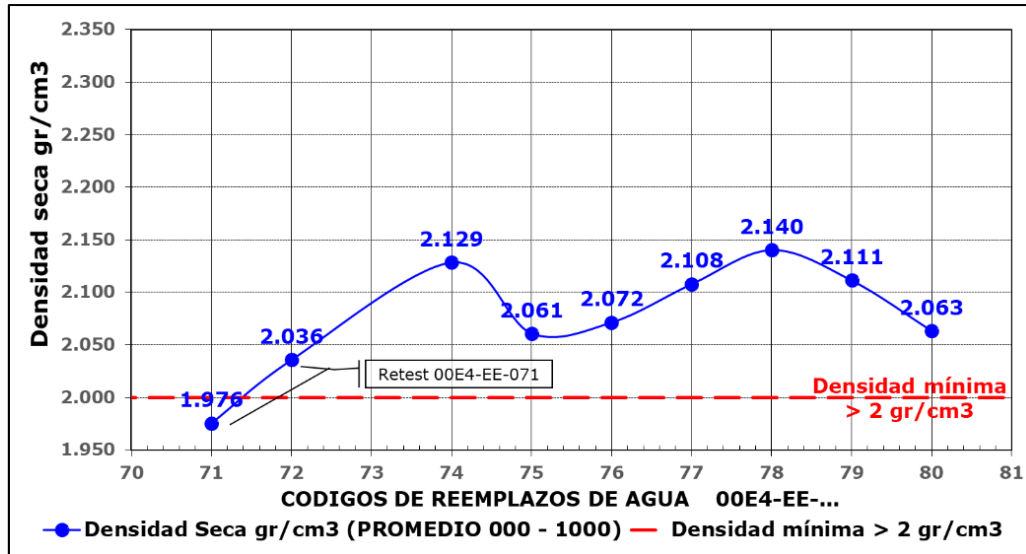


Historial de Ensayos de Reemplazo por Agua a 06 pasadas, profundidad de **500-1000 mm.** realizados en el Dique del Depósito de Relaves (TMF), periodo: julio - agosto 2018. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constanca (2018)

De acuerdo con la Figura 37, se aprecia que a una profundidad de 500 – 1000 mm., **el 33% de las densidades secas obtenidas en las capas de relleno son mayores a 2.00 g/cm3.** Sin embargo, **el 100 % de las densidades obtenidas en las capas de relleno son mayores a 1.90 g/cm3.**

Figura 38

Ensayos de Reemplazo por Agua a 06 Pasadas (Profundidad 000-1000 mm.)



Historial de Ensayos de Reemplazo por Agua a 06 pasadas, profundidad de **000-1000 mm.** realizados en el Dique del Depósito de Relaves (TMF), periodo: julio - agosto 2018. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constanca (2018)

De acuerdo con la Figura 38, se aprecia que a una profundidad de 000 – 1000 mm., **el 89% de las densidades secas promedio obtenidas en las capas de relleno son mayores a 2.00 g/cm3.**

Figura 39

Ensayos de Reemplazo por Agua en Plataforma de Prueba N° IE-EVI-005



Ensayos de Reemplazo por Agua (ASTM D5030-13) profundidad de 000 - 500 mm y 500 – 1000 mm, (06 pasadas), en Plataforma de prueba N° IE-EVI-005. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constancia (2018)

Figura 40

Ensayos de Reemplazo por Agua en Plataforma de Prueba N° IE-EVI-007



Ensayos de densidad por el Método de Reemplazo por Agua (ASTM D5030-13) profundidad de 000 - 500 mm y 500 – 1000 mm, (06 pasadas), en Plataforma de prueba N° IE-EVI-007. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constancia (2018)

Figura 41

Ensayos de Reemplazo por Agua en Plataforma de Prueba N° IE-EVI-008



Ensayos de densidad por el Método de Reemplazo por Agua (ASTM D5030-13) profundidad de 000 - 500 mm y 500 – 1000 mm, (06 pasadas), en Plataforma de prueba N° IE-EVI-008. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constancia (2018)

Figura 42

Ensayos de Reemplazo por Agua en Plataforma de Prueba N° IE-EVI-010



Ensayos de densidad por el Método de Reemplazo por Agua (ASTM D5030-13) profundidad de 000 - 500 mm y 500 – 1000 mm, (06 pasadas), en Plataforma de prueba N° IE-EVI-010. Fuente: Area de Calidad Stracon – Mina Constancia (2018)

6.3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS MATERIALES

Se obtuvieron muestras de material Enrocado Estructural representativas de cada plataforma de prueba, las cuales fueron ensayadas en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto de Stracon S.A., ubicado en la Mina Constancia, de acuerdo con las Especificaciones Técnicas del Proyecto y normas vigentes ASTM D422. Las curvas granulométricas obtenidas de las plataformas de prueba tienen diferentes tendencias debido a que el material obtenido en el Tajo Minado no es homogéneo. Asimismo, se realizaron ensayos de Contenido de Humedad ASTM D2216, Límites de Atterberg ASTM D4318, y clasificación de suelos SUCS ASTM D2487. En los siguientes cuadros y figuras se puede apreciar los resultados obtenidos.

Tabla 18

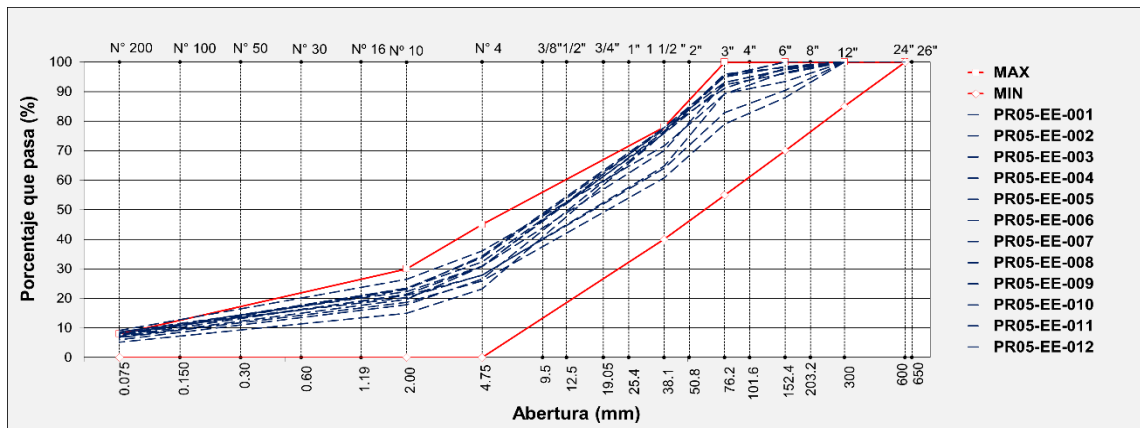
Clasificación de Suelos SUCS, Plataforma de Prueba IE-EVI-005

Registro N°	Procedencia (Material)	N° de Pasadas	Profund. Muestra (mm)	Análisis Granulométrico (% que pasa Tamiz)								W (%)	LL	IP	Clasif. SUCS
				24"	12"	6"	3"	1 1/2"	N°4	N°10	N°200				
PR05-EE-001	Tajo Minado, Fase 7, Banco 4245, Polígono 4 (NAG)	4	000 - 500	100.0	100.0	90.4	82.9	64.1	27.9	20.3	8.7	4.9	27	9	GP - GC
PR05-EE-002			500 - 1000	100.0	100.0	93.4	89.3	64.8	27.8	21.0	8.2	4.6	26	7	GP - GC
PR05-EE-003		6	000 - 500	100.0	100.0	96.6	89.2	71.7	36.1	26.5	9.2	4.9	26	8	GP - GC
PR05-EE-004			500 - 1000	100.0	100.0	88.0	79.0	60.8	25.9	18.7	6.7	4.3	27	9	GP - GC
PR05-EE-005		8	000 - 500	100.0	100.0	98.5	94.9	77.8	30.8	19.7	6.9	5.3	28	10	GP - GC
PR05-EE-006			500 - 1000	100.0	100.0	98.2	95.9	76.6	30.9	22.3	8.6	4.8	27	8	GP - GC
PR05-EE-007		10	000 - 500	100.0	100.0	100.0	95.2	76.0	23.2	15.0	5.2	6.1	26	7	GP - GC
PR05-EE-008			500 - 1000	100.0	100.0	100.0	95.5	76.0	26.6	17.9	6.0	5.8	28	10	GP - GC
PR05-EE-009		12	000 - 500	100.0	100.0	97.8	91.1	77.2	33.8	23.5	7.6	4.9	26	7	GP - GC
PR05-EE-010			500 - 1000	100.0	100.0	96.1	92.3	75.8	32.4	23.4	7.9	4.6	26	7	GP - GC
PR05-EE-011		14	000 - 500	100.0	100.0	97.4	93.1	77.8	34.4	23.0	7.5	5.9	26	8	GP - GC
PR05-EE-012			500 - 1000	100.0	100.0	97.6	93.0	70.0	30.8	21.4	7.2	6.2	27	8	GP - GC

Resultados de Ensayos de Granulometría, Contenido de Humedad, Limite Líquido e Índice Plástico para la Clasificación de suelos SUCS, Plataforma de Prueba IE-EVI-005. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constanca (2018)

Figura 43

Curvas Granulométricas de Plataforma de Prueba N° IE-EVI-005



Consolidado de curvas granulométricas de Plataforma de prueba N° IE-EVI-005. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constanca (2018)

De acuerdo con la Tabla 18, el material Enrocado Estructural proveniente de la Plataforma de Prueba IE-EVI-005, en su totalidad tienen una clasificación de suelos SUCS de GP - GC (Grava mal gradada con arcilla). En la Figura 43 se puede apreciar que las curvas granulométricas tienden a apearse a la banda superior de huso granulométrico (mayor porcentaje pasante) adoptando una tendencia fina.

Tabla 19

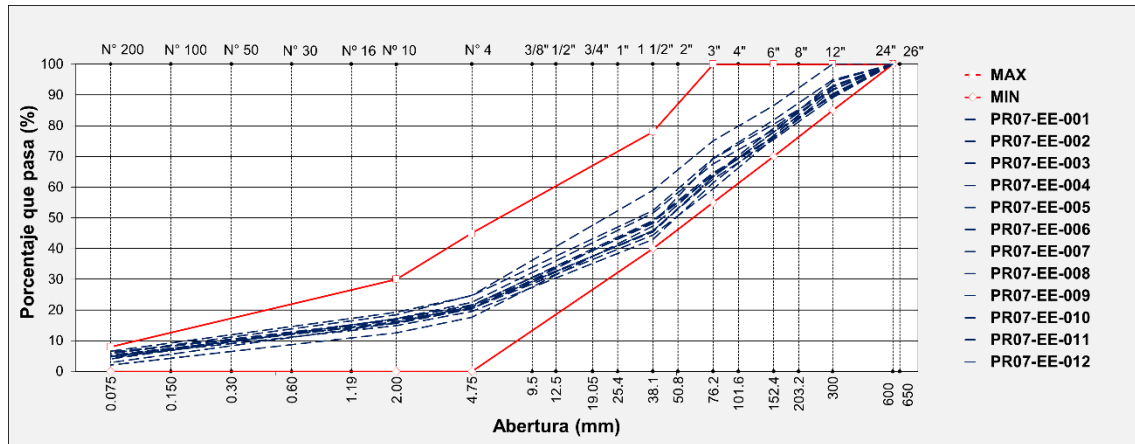
Clasificación de Suelos SUCS, Plataforma de Prueba IE-EVI-007

Registro N°	Procedencia (Material)	N° de Pasadas	Profund. Muestra (mm)	Análisis Granulométrico (% que pasa Tamiz)								W (%)	LL	IP	Clasif. SUCS
				24"	12"	6"	3"	1 1/2"	N°4	N°10	N°200				
PR07-EE-001	Tajo Minado, Fase 2, Banco 4305, Polígonos 45 y 55 (NAG)	4	000 - 500	100.0	91.7	80.5	69.2	48.2	21.6	17.2	4.4	5.2	33	10	GP
PR07-EE-002			500 - 1000	100.0	89.1	75.5	62.6	45.9	20.6	16.7	5.0	5.3	32	10	GP - GC
PR07-EE-003		6	000 - 500	100.0	93.0	79.2	63.9	48.8	20.4	15.7	6.3	4.6	29	9	GP - GC
PR07-EE-004			500 - 1000	100.0	90.4	76.1	64.2	47.3	17.6	12.6	2.1	4.9	29	9	GP
PR07-EE-005		8	000 - 500	100.0	89.5	78.1	63.4	45.4	21.7	16.9	5.9	4.8	33	9	GP - GM
PR07-EE-006			500 - 1000	100.0	91.5	75.9	59.4	44.4	20.5	15.9	5.3	4.9	33	10	GP - GC
PR07-EE-007		10	000 - 500	100.0	94.3	77.9	63.4	45.8	21.1	16.2	5.1	4.4	33	11	GP - GC
PR07-EE-008			500 - 1000	100.0	92.5	76.8	61.4	43.0	19.5	14.9	4.8	4.2	33	10	GP
PR07-EE-009		12	000 - 500	100.0	100.0	86.6	75.1	59.0	24.8	18.5	5.9	5.0	33	10	GP - GC
PR07-EE-010			500 - 1000	100.0	90.0	76.3	64.7	49.1	21.4	15.8	2.9	5.2	32	8	GP
PR07-EE-011		14	000 - 500	100.0	94.9	81.9	69.4	52.4	24.7	19.3	6.6	4.8	32	10	GP - GC
PR07-EE-012			500 - 1000	100.0	91.8	78.6	67.6	51.6	22.5	17.2	4.1	4.9	33	10	GP

Resultados de Ensayos de Granulometría, Contenido de Humedad, Limite Líquido e Índice Plástico para la Clasificación de suelos SUCS, Plataforma de Prueba IE-EVI-007. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constanca (2018)

Figura 44

Curvas Granulométricas en Plataforma de Prueba N° IE-EVI-007



Consolidado de curvas granulométricas de Plataforma de prueba N° IE-EVI-007. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constanca (2018)

De acuerdo con la Tabla 19, el material Enrocado Estructural proveniente de la Plataforma de Prueba IE-EVI-007, tienen una clasificación de suelos SUCS más variable: GP (grava mal gradada), GP - GC (Grava mal gradadas con arcilla) y GP – GM (Grava mal gradada con limo). En la Figura 44 se puede apreciar que las curvas granulométricas tienden a apegarse a la banda inferior del huso granulométrico (menor porcentaje pasante) adoptando una tendencia gruesa.

Tabla 20

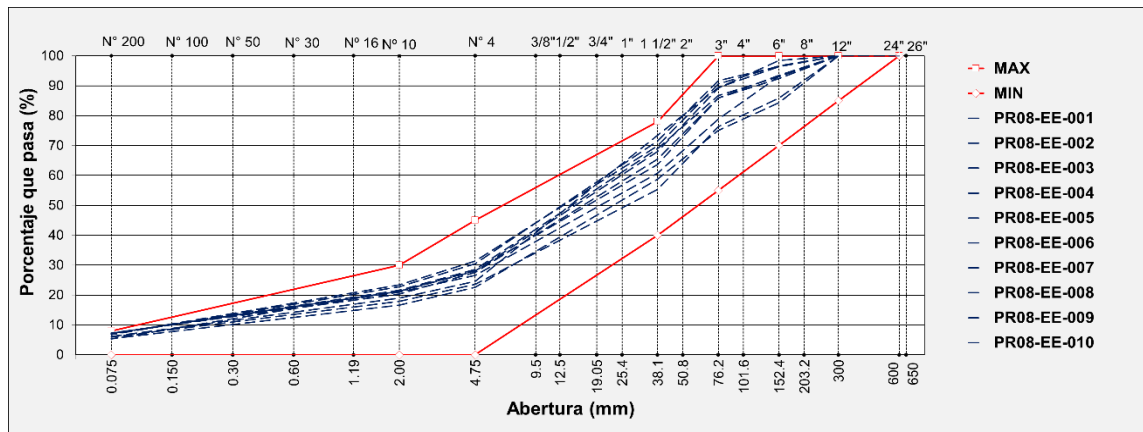
Clasificación de Suelos SUCS, Plataforma de Prueba IE-EVI-008

Registro N°	Procedencia (Material)	N° de Pasadas	Profund. Muestra (mm)	Análisis Granulométrico (% que pasa Tamiz)								W (%)	LL	IP	Clasif. SUCS
				24"	12"	6"	3"	1 1/2"	N°4	N°10	N°200				
PR08-EE-001	Tajo Minado, Fase 2, Banco 4215, Polígono 13 (NAG)	4	000 - 500	100.0	100.0	92.4	85.9	65.5	27.6	20.3	7.3	5.1	30	10	GP - GC
PR08-EE-002			500 - 1000	100.0	100.0	96.7	90.6	69.9	31.4	23.4	6.9	5.5	29	10	GP - GC
PR08-EE-003		6	000 - 500	100.0	100.0	98.5	89.3	68.0	28.0	21.2	7.2	5.4	32	13	GP - GC
PR08-EE-004			500 - 1000	100.0	100.0	93.2	78.9	60.8	26.6	21.0	7.1	5.1	30	10	GP - GC
PR08-EE-005		8	000 - 500	100.0	100.0	93.1	86.7	69.0	28.6	21.6	7.1	5.4	36	13	GP - GC
PR08-EE-006			500 - 1000	100.0	100.0	96.5	91.7	71.5	30.5	22.8	6.8	5.5	37	15	GP - GC
PR08-EE-007		10	000 - 500	100.0	100.0	93.5	85.9	63.7	28.1	21.3	5.3	5.6	38	14	GP - GC
PR08-EE-008			500 - 1000	100.0	100.0	85.9	76.3	55.3	23.6	17.9	6.0	5.4	37	14	GP - GC
PR08-EE-009		12	000 - 500	100.0	100.0	96.4	89.4	73.4	24.6	19.0	6.1	5.5	31	9	GP - GC
PR08-EE-010			500 - 1000	100.0	100.0	84.4	75.1	58.8	22.6	16.6	5.4	5.2	30	9	GP - GC

Resultados de Ensayos de Granulometría, Contenido de Humedad, Limite Líquido e Índice Plástico para la Clasificación de suelos SUCS, Plataforma de Prueba IE-EVI-008. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constanca (2018)

Figura 45

Curvas Granulométricas en Plataforma de Prueba N° IE-EVI-008



Consolidado de curvas granulométricas de Plataforma de prueba N° IE-EVI-008. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constanca (2018)

De acuerdo con la Tabla 20, el material Enrocado Estructural proveniente de la Plataforma de Prueba IE-EVI-008, en su totalidad tienen una clasificación de suelos SUCS de GP - GC (Grava mal gradada con arcilla), En la Figura 45 se puede apreciar que las curvas granulométricas tienden a apearse a la banda superior de huso granulométrico (mayor porcentaje pasante) adoptando una tendencia fina.

Tabla 21

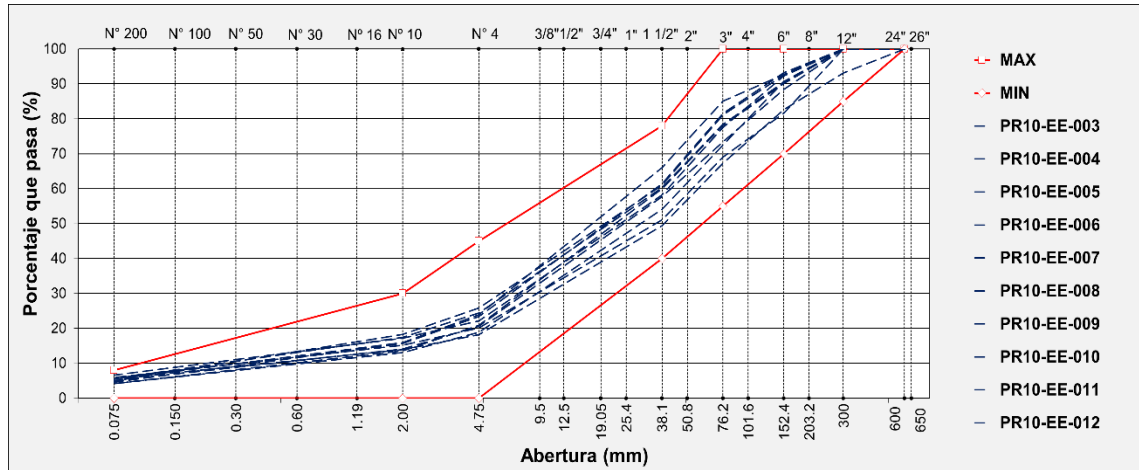
Clasificación de Suelos SUCS, Plataforma de Prueba IE-EVI-010

Registro N°	Procedencia (Material)	N° de Pasadas	Profund. Muestra (mm)	Análisis Granulométrico (% que pasa Tamiz)								W (%)	LL	IP	Clasif. SUCS
				24"	12"	6"	3"	1 1/2"	N°4	N°10	N°200				
PR10-EE-003	Fase 2, banco 4215, polígonos 28 y 30 (NAG)	4	000 - 500	100.0	100.0	93.2	81.5	61.4	23.4	15.7	4.6	4.3	31	11	GP
PR10-EE-004			500 - 1000	100.0	100.0	90.7	72.5	54.1	18.9	13.1	4.2	4.1	29	11	GW
PR10-EE-005		6	000 - 500	100.0	100.0	81.6	69.0	51.1	20.1	15.2	5.9	4.0	31	11	GP - GC
PR10-EE-006			500 - 1000	100.0	100.0	88.4	73.4	57.7	20.6	14.1	5.0	3.9	29	9	GP - GC
PR10-EE-007		8	000 - 500	100.0	100.0	90.1	78.1	60.0	20.9	13.6	4.2	4.0	29	8	GW
PR10-EE-008			500 - 1000	100.0	100.0	90.5	78.4	60.3	24.4	17.4	5.6	3.8	30	10	GP - GC
PR10-EE-009		10	000 - 500	100.0	100.0	92.7	85.1	66.0	23.9	15.9	5.4	4.2	29	9	GW GC
PR10-EE-010			500 - 1000	100.0	100.0	92.5	81.1	61.0	25.8	18.3	4.9	3.9	29	10	GW
PR10-EE-011		12	000 - 500	100.0	93.1	82.6	67.3	49.4	18.2	13.9	5.5	3.5	27	9	GP - GC
PR10-EE-012			500 - 1000	100.0	100.0	92.3	77.5	58.2	22.1	17.2	6.6	3.7	28	10	GP - GC

Resultados de Ensayos de Granulometría, Contenido de Humedad, Limite Líquido e Índice Plástico para la Clasificación de suelos SUCS, Plataforma de Prueba IE-EVI-010. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constanca (2018)

Figura 46

Curvas Granulométricas en Plataforma de Prueba N° IE-EVI-010

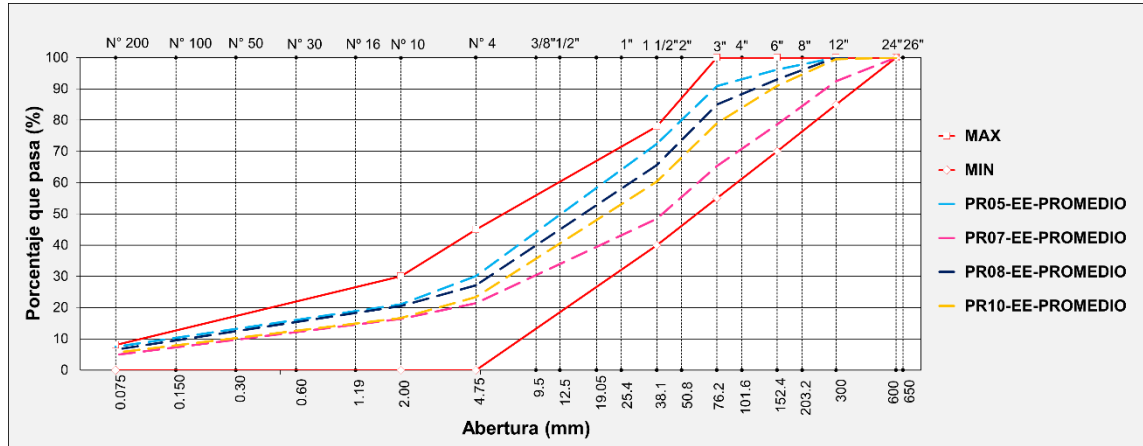


Consolidado de curvas granulométricas de Plataforma de prueba N° IE-EVI-010. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constanca (2018)

De acuerdo con la Tabla 21, el material Enrocado Estructural proveniente de la Plataforma de Prueba IE-EVI-010, tienen una clasificación de suelos SUCS variable: GP - GC (Grava mal gradadas con arcilla), GP (grava mal gradada), GW (Grava bien gradada). En la Figura 46 se puede apreciar que las curvas granulométricas tienden a ubicarse al centro del huso granulométrico, adoptando una tendencia media.

Figura 47

Curvas Granulométricas Promedio de Plataformas de Prueba



Promedio de curvas granulométricas de Plataforma de prueba N° IE-EVI-005, IE-EVI-007, IE-EVI-008 y IE-EVI-010. Fuente: Área de Calidad Stracon – Mina Constanca (2018)

En un análisis granulométrico más general, se realizó un promedio entre los porcentajes pasantes de las curvas granulométricas de cada Plataforma de Prueba, producto de ello se obtiene la Figura 47, donde se puede apreciar claramente que las granulometrías de las Plataformas de prueba IE-EVI-005 y IE-EVI-008 tienen una tendencia fina; por el contrario, la Plataforma de prueba IE-EVI-007 tiene una tendencia gruesa y la Plataforma de prueba IE-EVI-010 se mantiene en la zona media del huso.

CAPITULO VII

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

ASENTAMIENTO

- De acuerdo con los resultados obtenidos de asentamiento de las Plataformas de Prueba, (Ver Figura 24), se puede ver que las curvas de asentamiento en una primera instancia hacen un descenso importante de las 0 pasadas hasta las 06 pasadas en promedio, produciéndose un mayor asentamiento de los rellenos (es decir el espesor de capa disminuye) adoptando una pendiente negativa pronunciada, produciéndose en este caso un acomodo importante de las partículas en la estructura interna de los rellenos, provocando una mayor disminución de vacíos. En una segunda instancia se aprecia que la pendiente es más suave desde las 6 pasadas hasta las 12 y 14 pasadas, proyectándose hacia una tendencia horizontalidad, en esta etapa los asentamientos son cada vez menores que la primera etapa.
- En el caso de la plataforma de prueba IE-EVI-005 de acuerdo con la Figura 25, presenta un mayor asentamiento a las 06 pasadas (108 mm) en comparación a las otras plataformas de prueba, esto es debido a que presenta una granulometría con tendencia fina, con clasificación SUCS:

GP-GC (Grava mal gradada con arcilla). Verificando de esta manera que la granulometría influye directamente en el asentamiento de los rellenos (Ver Figuras 43 y 47).

DENSIDADES

- De acuerdo con los resultados de densidad seca obtenidos de los ensayos de reemplazo por agua (ver Tabla 15) tomando como referencia las 06 pasadas de camión minero CAT 793F cargado, se obtuvo el siguiente análisis:
 - A una profundidad de 000 – 500 mm., el 80% de las densidades secas son mayores a 2.00 g/cm³.
 - A una profundidad de 500 – 1000 mm., el 50% de las densidades secas son mayores a 2.00 g/cm³; sin embargo, el 75% de ellas son mayores a 1.90 g/cm³.
 - A una profundidad promedio de 000 – 1000 mm, el 50% de las densidades secas son mayores a 2.00 g/cm³,. Sin embargo, el 100% de ellas son mayores a 1.90 g/cm³.
- De acuerdo con los ensayos de densidad por el método de reemplazo por agua realizadas a las capas de relleno de 1000 mm de espesor (compactado) en la etapa de verificación (julio y agosto del 2018),

tomando como referencia las 06 pasadas de camión minero CAT 793F cargado, se obtuvo el siguiente análisis:

- A una profundidad de 000 – 500 mm., el 100% de las densidades secas son mayores a 2.00 g/cm³.
- A una profundidad de 500 – 1000 mm., el 33% de las densidades secas son mayores a 2.00 g/cm³. Sin embargo, el 100 % de ellas son mayores a 1.90 g/cm³.
- Promediando a una profundidad de 000 – 1000 mm., el 89% de las densidades secas son mayores a 2.00 g/cm³.
- En base al análisis realizado, se puede ver que la mayor densificación de las capas de relleno de 1000 mm de espesor se da en la parte superior de la capa, a profundidades de 000 mm a 500 mm, donde los valores de las densidades son más altos y estas disminuyen en la parte inferior a profundidades de 500 mm a 1000 mm.
- En base a toda la información obtenida de las plataformas de prueba y de la etapa de validación se verifica que en promedio a las 06 pasadas de compactación con camión minero CAT-793F cargado en capas de espesor 1000 mm, se cumplen la densidad especificada de 2.00 gr/cm³.

GRANULOMETRIA

- Respecto a la Plataforma de Prueba IE-EVI-005, cuenta con una gradación promedio del material con tendencia a la banda fina (SUCS: GP – GC), reflejándose el comportamiento del material, al obtener valores asentamiento y densidad altos a comparación de las demás plataformas de prueba.
- Respecto a la Plataforma de Prueba IE-EVI-007, cuenta con una gradación promedio del material con tendencia a la banda gruesa (SUCS: GP, GP – GC, GP – GM), reflejándose el comportamiento del material, al obtener valores asentamiento y densidad bajos a comparación de las demás plataformas de prueba. debido a un mayor volumen de vacíos.
- Respecto a la Plataforma de Prueba IE-EVI-008, cuenta con una gradación promedio del material con tendencia a la banda fina, (SUCS: GP, GP – GC, GW), similar al material de la Plataforma de Prueba IE-EVI-005 pero con un menor porcentaje de pasantes, reflejándose el comportamiento del material en la densificación del mismo, al obtener valores de densidad intermedios y presentando un buen comportamiento durante el proceso constructivo.
- Respecto a la Plataforma de Prueba IE-EVI-010, cuenta con una gradación promedio del material con tendencia hacia el centro del huso granulométrico (SUCS: GP, GP – GC, GW), reflejándose el

comportamiento del material en la densificación de este, al obtener valores de densidad y sentamientos intermedios, presentando un buen comportamiento durante el proceso constructivo.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- La cantidad de pasadas de camión minero CAT 793F (cargado) aplicadas sobre las capas Relleno Estructural del Dique de la Presa de Relaves de la Mina Constancia, influye directamente en la compactación es estas, ya que se produce una densificación de los rellenos producto de la presión a la que se somete por el tránsito de camión mineros, produciéndose un acomodo de sus partículas internas y disminución de vacíos.
- La granulometría influye en la densificación del relleno estructural, ya que en rellenos con clasificación GP – GC en su mayoría se logran obtener densidades superiores a 2.00 g/cm³ a las 06 pasadas de compactación, a diferencia de un material clasificado como GP, GP – GM donde se obtuvieron valores bajos de hasta 1.946 g/mc³ a las 06 pasadas de compactación, por lo que la cantidad de pasadas de camiones mineros influye de acuerdo al tipo de granulometría del relleno estructural en el Dique de la Presa de Relaves de la mina Constancia.
- La relación que existe entre las curvas de asentamiento y las curvas de compactación es directamente proporcional, es decir que a mayor

Asentamiento aumenta también la Compactación de los rellenos en el Dique de la presa de Relaves TMF de la mina Constancia, por lo que el número de pasadas óptimo de camión minero para alcanzar la densidad especificada de 2.00 g/cm³, es de 06 pasadas para suelos con clasificación GC, GP-GC GP-GW y GP-GM. a un espesor de capa 1000 mm.

- En base al estudio realizado al comportamiento de material Enrocado Estructural mediante Plataformas de Prueba, se ha logrado una optimización importante en cuanto al tiempo y uso de recursos para la compactación de los rellenos y por ende una aminoración en cuanto a costos, para la construcción del Dique de la Presa de Relaves TMF.

RECOMENDACIONES

- Durante el proceso de ejecución de las plataformas de prueba falto realizar ensayos de densidad iniciales antes de que se realice la compactación con camión minero, para poder realizar una mejor evaluación y comparación del comportamiento del material Enrocado Estructural a medida que se va densificando.
- En el proceso de conformación de las plataformas de Prueba se recomienda homogeneizar mejor el material para así evitar la segregación del material o anidamiento de rocas que generan vacíos importantes en el interior de estructura de las capas de relleno, de esta manera se evitaría la variabilidad de resultados en cuanto a asentamiento y densidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, R. E. (2017). *Análisis de la estabilidad física de los relaves de la consesión de beneficio de la minera Titan del Perú SRL*. Perú.
- Alonso, E. (2008). *Suelos compactados en la teoría y en la práctica*. Barcelona: UPC.
- Apaza, S. C. (2019). DISEÑO DE RECRECIMIENTO DE LA PRESA DE RELAVES DE LA. Puno, Perú. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/10713/Apaza_Quispe_Sixto_Ciriaco.pdf?sequence=1&isAllowed=y/
- ASTM D5030M-13. (2013). *Métodos de Prueba Estándar para Densidad de Suelo y Roca en el Lugar por el Método de Reemplazo de Agua en un Pozo de Prueba*. Obtenido de https://www.astm.org/d5030_d5030m-13.html
- Bernal, C. A. (2010). Metodología de la Investigación. *Tercera edición*. Colombia: Pearson.
- Bertram, G. (1973). PRUEBAS DE CAMPO PARA RODILLOS COMPACTADOS. Hoboken, NJ Estados Unidos: John Wiley & Sons, Incorporated.
- Figueroa, A., Solans, D., Gonzalez, C., & Campaña, J. (2017). *Comportamiento sísmico de presas de relaves construidas aguas abajo y línea central*. *Obras y Proyectos* 21, 30-37.

- Gallardo E, E. E. (2017). Metodología de la Investigación. (E. G. Echenique, Ed.) Huancayo.
- González, d. V. (2002). Ingeniería Geológica. *LIBRO*, 738. MADRID: PRENTICE HALL.
- Hernández, R. F. (2014). Metodología de la Investigación. (J. M. Chacón, Ed.) Mexico: Mc Graw Hill Interamericana Editores.
- HUDBAY. (2018). *Informe Técnico del formulario 43-101F1*. Toronto, Canada.
- HUDBAY PERU S.A.C. (agosto de 2017). Technical Specifications for Earthworks, Geosynthetics, Pipework and Concrete Rev. 1B – Partial. Denver, Colorado, Estados Unidos.
- Knight Piésold Consultores S.A. (2013). *Estudio de Canteras Proyecto constancia* . Cusco-Perú.
- Leon, R. (2009). Recrecimiento del dique de relaves Chuspic - minera Santa Luisa - UEA Huanzala.
- Martínez, H. G. (6 de Octubre de 2014). Densificación de suelos granulares con explosivos. Bogota, Colombia.
- Mendoza, O. (2018). La influencia del IP, Granulometría y el porcentaje de compactación en la permeabilidad del material tipo Z1, para el recrecimiento del nucleo de una presa de ralaves. Cajamarca, Perú.

- Rojas. (2016). *Optimización del sistema de carguío de camiones de transporte de mineral de la unidad minera Pucamarca de la empresa MINSUR*. Tacna - Perú.
Obtenido de <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/2473>
- Rojas, E. (2002). Diseño de Presas de Ralaves. *Informe*.
- Salcedo, D. (2019). FUNDAMENTOS DE LA TEORIA DE COMPACTACION DE SUELOS COHESIVOS, ESENCIALES PARA LA BUENA PRACTICA DE LA INGENIERIA. Caracas, Venezuela.
- Santos, A. (1992). Apuntes de presa, Master de ingeniería geológica. Madrid.
- Tejada, D. (s.f.). RUTA PARA LA ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA O ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA (Modo general).
Obtenido de https://danilotejada.files.wordpress.com/2013/05/mi_v_bernal_ruta.pdf
- Vick, S. G. (1983). *Planificación, diseño y análisis de presas de relaves*. Nueva York: Wiley.

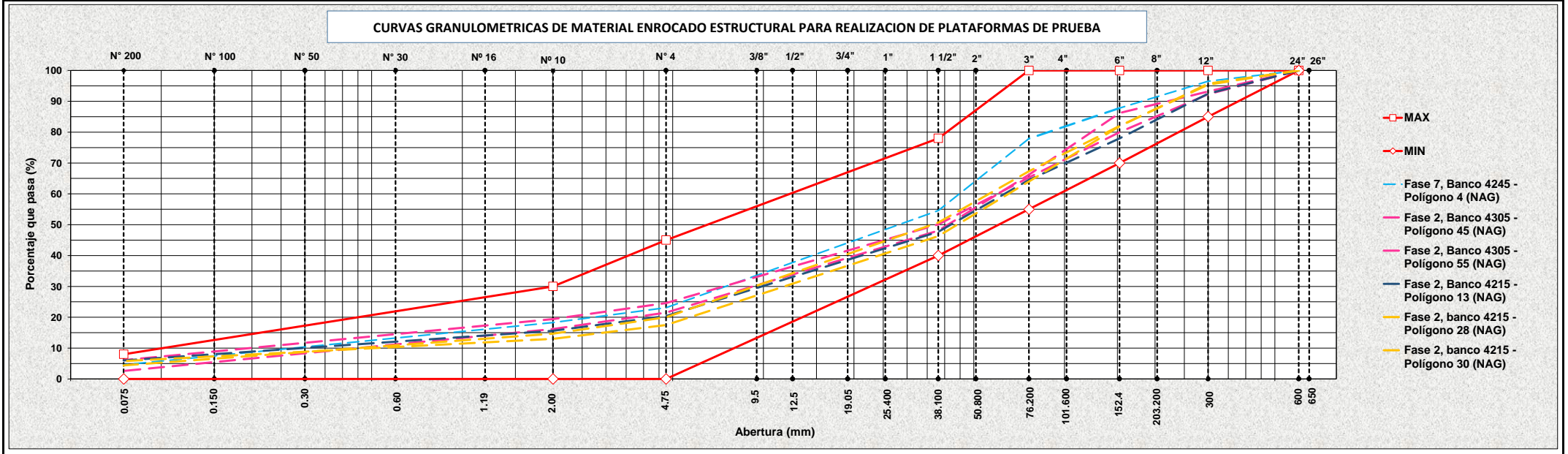
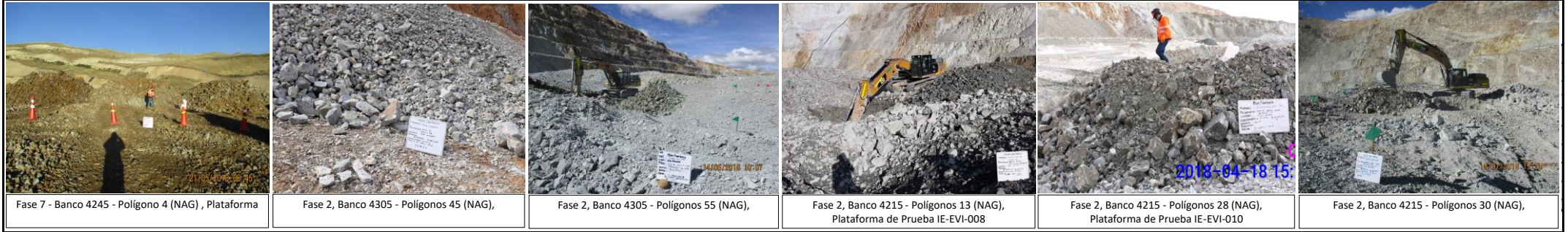
ANEXOS

RESUMEN DE ENSAYOS REALIZADOS A LOS MATERIALES MUESTREADOS EN TAJO MINA CONSTANCIA PREVIO A LA REALIZACIÓN DE LAS PLATAFORMAS DE PRUEBA

NOMBRE DEL PROYECTO:	MINA CONSTANCIA	1
CLIENTE:	HUDBAY PERU SAC	Deposito de Relaves TMF etapa VI
TIPO DE MATERIAL:	Enrocado Estructural (Muestreado en Tajo Mina Constancia)	Dique del Deposito de Relaves TMF
PLANO/ESPEC. TEC. DE REF.:	Technical Specifications for Earthworks Geosynthetics, Pipework, and Concrete (Rev. 1B - parcial)	

MES:	Julio	PERIODO:	Del 07/05/18	Al 15/07/18	18/09/22
-------------	-------	-----------------	--------------	-------------	----------

Registro N°	Fecha	Procedencia (Material)	Fase / Poligonos	N° de Pasadas	Profund. Muestra (mm)	Muestra	Análisis Granulométrico - % que pasa Tamiz																Humedad	LL	IP	CLASIFICACION		GRAVEDAD ESPECIFICA		Abrasión	Is(50) Corregido Mpa	Resistencia a la Compresión Uniaxial Mpa	Clasificación en Base a la Resistencia a la Compresión Uniaxial	INFORMACIÓN DE HUDBAY PERU SAC			APROBACIÓN
							SUCS	AASHTO	P.E.	ABSOR.	UCS	CARACTERÍSTICAS GEOLOGICAS DE LA ROCA																									
							24"	12"	8"	6"	4"	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200	Alteración		Litología												
MATERIAL PARA PLATAFORMA DE PRUEBA IE-EVI-005																																					
GI-INT-TMEVI-132	7/05/2018	Tajo Minado	Fase 7, Banco 4245 - Poligono 4 (NAG)	-	000 - 500	M-001	100.0	96.5	92.5	87.8	82.8	77.9	70.9	54.6	41.7	35.1	30.9	28.0	23.1	18.3	11.4	4.6	5.3	31	12	GP	A-2-6 (0)	2.526	3.1	18	1.82	40	ALTA	40	FRESH	SS	CONFORME
MATERIAL PARA PLATAFORMA DE PRUEBA IE-EVI-007																																					
GI-INT-TMEVI-146	19/05/2018	Tajo Minado	Fase 2, Banco 4305 - Poligono 45 (NAG)	-	000 - 500	M-001	100.0	92.3	85.5	80.0	73.8	65.3	55.3	50.1	45.6	41.6	36.8	33.3	24.6	19.4	11.8	6.1	5.4	37	11	GP - GM	A-2-6 (0)	2.503	4.0	26	2.82	61	ALTA	82	PROPLÍTICO	QMP	CONFORME
GI-INT-TMEVI-147	19/05/2018	Tajo Minado	Fase 2, Banco 4305 - Poligono 55 (NAG)	-	500 - 1000	M-002	100.0	93.2	86.2	86.2	74.0	66.2	54.6	48.1	43.0	38.5	33.5	29.7	21.5	16.2	8.2	2.6	5.1	28	6	GP	A-1-a (0)	2.531	3.1	25	2.74	61	ALTA	175	PROPLÍTICO	QMP	CONFORME
MATERIAL PARA PLATAFORMA DE PRUEBA IE-EVI-08																																					
GI-INT-TMEVI-166	14/06/2018	Tajo Minado	Fase 2, Banco 4215 - Poligono 13 (NAG)	-	000 - 500	M-001	100.0	92.5	86.1	78.0	72.2	64.5	53.1	47.7	40.6	36.6	31.2	27.5	20.4	15.6	9.7	6.0	5.0	25	5	GP - GC	A-1-a (0)	2.520	2.9	23	3.80	80	ALTA	37	PROPLÍTICO	QMP	CONFORME
MATERIAL PARA PLATAFORMA DE PRUEBA IE-EVI-010																																					
GI-INT-TMEVI-181	15/07/2018	Tajo Minado	Fase 2, banco 4215 - Poligono 28 (NAG)	-	000 - 500	M-001	100.0	95.7	88.5	81.9	77.2	64.0	55.3	46.3	39.2	33.0	27.3	24.9	17.5	13.0	8.4	5.8	4.5	30	9	GP - GC	A-2-4 (0)	2.653	1.0	23	3.92	83	ALTA	27	FRESH	LMS	CONFORME
GI-INT-TMEVI-183	15/07/2018	Tajo Minado	Fase 2, banco 4215 - Poligono 30 (NAG)	-	500 - 1000	M-002	100.0	95.4	89.2	82.0	73.7	67.3	57.9	50.7	40.3	35.8	31.9	29.9	20.0	14.7	8.6	4.4	4.3	28	9	GW	A-2-4 (0)	2.574	1.3	29	5.33	109	ALTA	37	PROPLÍTICO	QMP	CONFORME



RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS REALIZADOS AL MATERIAL MUESTREADO EN LA PLATAFORMA DE PRUEBA IE-EVI-005

NOMBRE DEL PROYECTO:	MINA CONSTANCIA
CLIENTE:	HUBBAY PERU SAC
TIPO DE MATERIAL:	Enrocado Estructural (Plataforma de Prueba IE-EVI-005)
PLANO/ESPEC. TEC. DE REF.:	Technical Specifications for Earthworks Geosynthetics, Pipework, and Concrete (Rev. 1B - parcial)

MES:	Abril	PERIODO:	Del 20/04/18	Al 20/04/18	FECHA:	18/09/22
-------------	-------	-----------------	--------------	-------------	---------------	----------

Registro N°	Fecha	Procedencia (Material)	Fase / Polígonos	N° de Pasadas	Profund. Muestra (mm)	Muestra	Análisis Granulométrico - % que pasa Tamiz																Humedad	LL	IP	CLASIFICACION		GRAVEDAD ESPECIFICA		Abrasión	Resistencia a la Compresión Uniaxial Mpa	Clasificación en Base a la Resistencia a la Compresión Uniaxial
							24"	12"	8"	6"	4"	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200				SUCS	AASHTO	P.E.	ABSOR.			

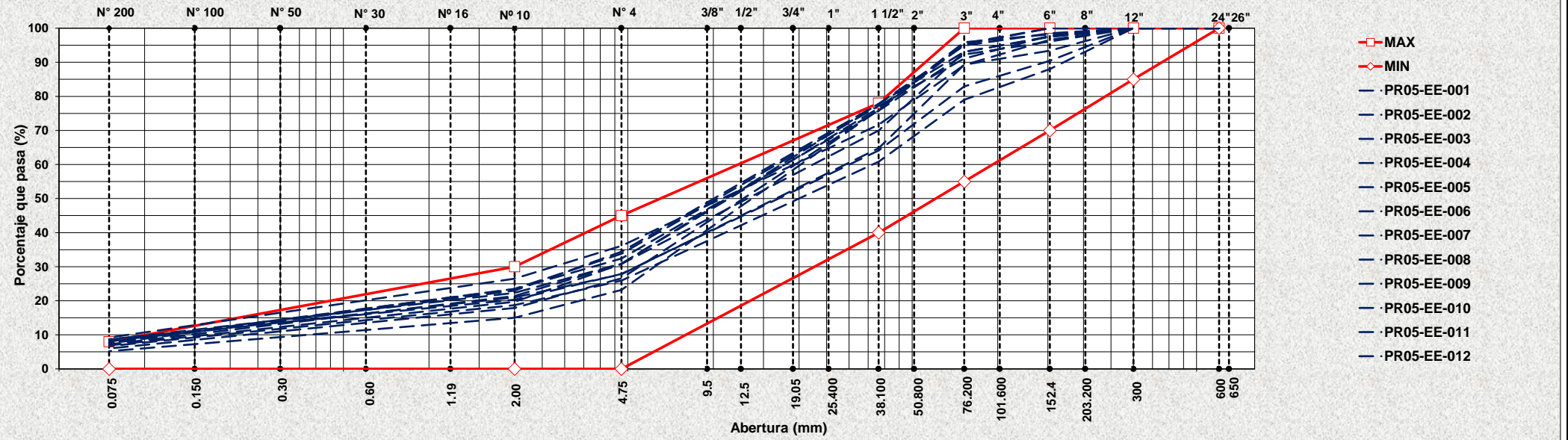
PLATAFORMA DE PRUEBA PARA COLOCACIÓN DE MATERIAL ENROCADO ESTRUCTURAL EN CAPAS DE 1000 MM CON MATERIAL DE TAJO MINADO - FASE 7, BANCO 4245, POLÍGONOS 4 (NAG) - ABRIL 2018

PR05-EE-001	20/04/2018	Tajo Minado	Fase 7, Banco 4245 - Polígono 4 (NAG)	4	000 - 500	M-001	100.0	100.0	93.6	90.4	87.7	82.9	70.0	64.1	55.2	49.7	41.8	38.1	27.9	20.3	13.2	8.7	4.9	27	9	GP - GC	A-2-4 (0)	2.490	3.3	30	68	ALTA
PR05-EE-002	20/04/2018	Tajo Minado			500 - 1000	M-002	100.0	100.0	96.0	93.4	92.4	89.3	70.5	64.8	58.4	50.8	43.6	39.5	27.8	21.0	13.0	8.2	4.6	26	7	GP - GC	A-2-4 (0)	2.559	3.0	28	-	-
PR05-EE-003	20/04/2018	Tajo Minado		6	000 - 500	M-003	100.0	100.0	100.0	96.6	93.9	89.2	77.1	71.7	63.2	56.5	50.7	46.4	36.1	26.5	16.0	9.2	4.9	26	8	GP - GC	A-2-4 (0)	2.567	2.7	34	-	-
PR05-EE-004	20/04/2018	Tajo Minado			500 - 1000	M-004	100.0	100.0	91.5	88.0	82.0	79.0	65.6	60.8	52.2	48.3	42.2	36.8	25.9	18.7	11.6	6.7	4.3	27	9	GP - GC	A-2-4 (0)	2.579	2.5	32	-	-
PR05-EE-005	20/04/2018	Tajo Minado		8	000 - 500	M-005	100.0	100.0	100.0	98.5	97.1	94.9	84.8	77.8	66.6	59.4	50.4	44.3	30.8	19.7	10.9	6.9	5.3	28	10	GP - GC	A-2-4 (0)	2.562	2.8	28	-	-
PR05-EE-006	20/04/2018	Tajo Minado			500 - 1000	M-006	100.0	100.0	100.0	98.2	97.4	95.9	84.3	76.6	65.8	58.7	50.6	45.1	30.9	22.3	13.9	8.6	4.8	27	8	GP - GC	A-2-4 (0)	2.575	2.6	27	-	-
PR05-EE-007	20/04/2018	Tajo Minado		10	000 - 500	M-007	100.0	100.0	100.0	100.0	98.4	95.2	83.4	76.0	62.3	51.9	42.6	36.5	23.2	15.0	8.6	5.2	6.1	26	7	GP - GC	A-2-4 (0)	2.537	3.1	23	-	-
PR05-EE-008	20/04/2018	Tajo Minado			500 - 1000	M-008	100.0	100.0	100.0	100.0	97.2	95.5	82.1	76.0	66.3	57.7	47.8	39.4	26.6	17.9	10.6	6.0	5.8	28	10	GP - GC	A-2-4 (0)	2.547	2.9	31	-	-
PR05-EE-009	20/04/2018	Tajo Minado		12	000 - 500	M-009	100.0	100.0	100.0	97.8	96.6	91.1	81.7	77.2	68.8	63.6	54.4	47.3	33.8	23.5	13.7	7.6	4.9	26	7	GP - GC	A-2-4 (0)	2.575	2.5	24	-	-
PR05-EE-010	20/04/2018	Tajo Minado			500 - 1000	M-010	100.0	100.0	100.0	96.1	94.5	92.3	81.9	75.8	66.5	59.6	51.9	43.8	32.4	23.4	13.6	7.9	4.6	26	7	GP - GC	A-2-4 (0)	2.552	2.8	26	-	-
PR05-EE-011	20/04/2018	Tajo Minado		14	000 - 500	M-011	100.0	100.0	100.0	97.4	96.3	93.1	82.2	77.8	68.3	60.3	52.7	47.6	34.4	23.0	13.4	7.5	5.9	26	8	GP - GC	A-2-4 (0)	2.575	2.6	31	72	ALTA
PR05-EE-012	20/04/2018	Tajo Minado			500 - 1000	M-012	100.0	100.0	98.3	97.6	95.4	93.0	80.4	70.0	61.4	54.3	48.7	44.4	30.8	21.4	13.0	7.2	6.2	27	8	GP - GC	A-2-4 (0)	2.534	2.9	26	-	-

(*) Tech. Spec. For Earthworks, Geosynthetics, Pipework and Concrete (Rev. 1B).

ESPECIFICACIÓN	MAX	100.0	100.0	-	100.0	-	100.0	-	78.0	-	-	-	-	45.0	30.0	-	8.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	MIN	100.0	85.0	-	70.0	-	55.0	-	40.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	-	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

CURVAS GRANULOMETRICAS DE MATERIAL ENROCADO ESTRUCTURAL DE PLATAFORMAS DE PRUEBA IE-EVI-005



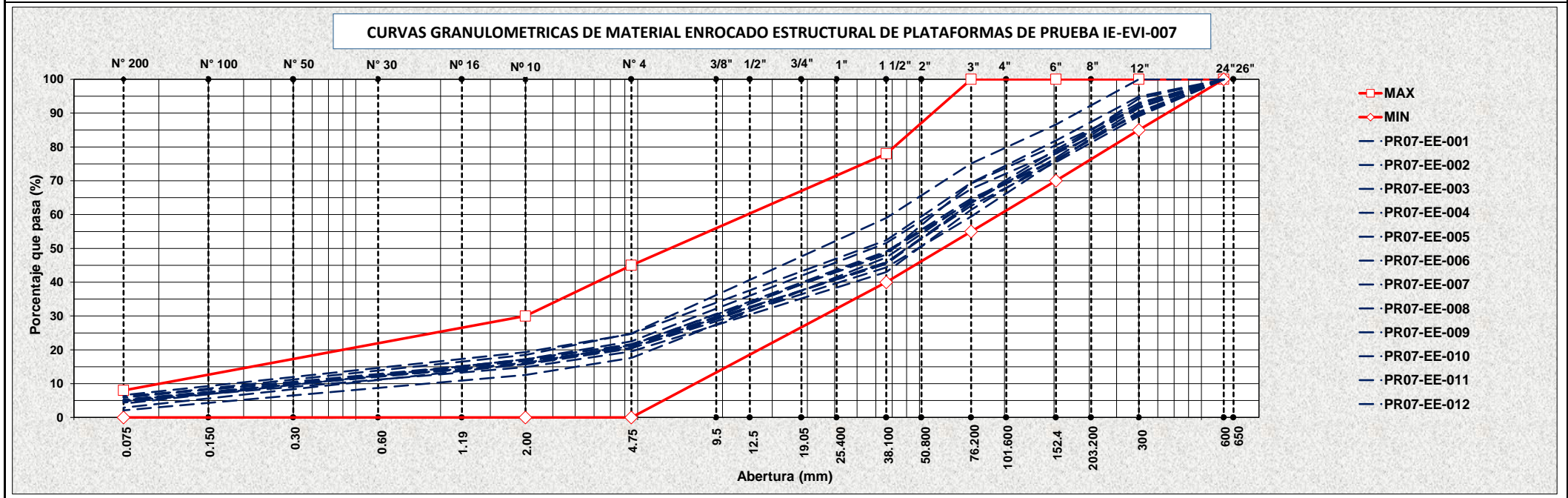
RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS REALIZADOS AL MATERIAL MUESTREADO EN LA PLATAFORMA DE PRUEBA IE-EVI-007

NOMBRE DEL PROYECTO:	MINA CONSTANCIA
CLIENTE:	HUDBAY PERU SAC
TIPO DE MATERIAL:	Enrocado Estructural (Plataforma de Prueba IE-EVI-007)
PLANO/ESPEC. TEC. DE REF.:	Technical Specifications for Earthworks Geosynthetics, Pipework, and Concrete (Rev. 1B - parcial)
MES:	Mayo
PERIODO:	Del 21/05/18 Al 22/05/18
FECHA:	18/09/22

Registro N°	Fecha	Procedencia (Material)	Fase / Polígonos	N° de Pasadas	Profund. Muestra (mm)	Muestra	Análisis Granulométrico - % que pasa Tamiz																Humedad	LL	IP	CLASIFICACION		GRAVEDAD ESPECIFICA		Abrasión	Resistencia a la Compresión Uniaxial Mpa	Clasificación en Base a la Resistencia a la Compresión Uniaxial
							24"	12"	8"	6"	4"	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200				SUCS	AASHTO	P.E.	ABSOR.			
PLATAFORMA DE PRUEBA PARA COLOCACIÓN DE MATERIAL ENROCADO ESTRUCTURAL EN CAPAS DE 1000 MM CON MATERIAL DE TAJO MINADO - FASE 2, BANCO 4305, POLÍGONOS 45 Y 55 (NAG) - MAYO 2018																																
PR07-EE-001	21/05/2018	Tajo Minado	Fase 2, Banco 4305 - Polígonos 45 y 55 (NAG)	4	000 - 500	M-001	100.0	91.7	86.4	80.5	75.9	69.2	57.7	48.2	39.7	34.5	29.8	26.7	21.6	17.2	9.7	4.4	5.2	33	10	GP	A-2-4 (0)	2.481	4.4	-	-	-
PR07-EE-002	21/05/2018	Tajo Minado			500 - 1000	M-002	100.0	89.1	82.3	75.5	70.2	62.6	53.5	45.9	39.5	33.6	28.8	25.1	20.6	16.7	9.5	5.0	5.3	32	10	GP - GC	A-2-4 (0)	2.478	4.5	-	-	-
PR07-EE-003	21/05/2018	Tajo Minado		6	000 - 500	M-003	100.0	93.0	86.0	79.2	73.0	63.9	55.4	48.8	40.7	36.3	28.8	26.4	20.4	15.7	10.4	6.3	4.6	29	9	GP - GC	A-2-4 (0)	2.503	3.9	26	65	ALTA
PR07-EE-004	21/05/2018	Tajo Minado			500 - 1000	M-004	100.0	90.4	82.5	76.1	70.0	64.2	54.6	47.3	38.8	34.9	28.1	24.1	17.6	12.6	6.9	2.1	4.9	29	9	GP	A-2-4 (0)	2.499	4.0	28	-	-
PR07-EE-005	22/05/2018	Tajo Minado		8	000 - 500	M-005	100.0	89.5	84.2	78.1	70.5	63.4	54.3	45.4	38.7	34.0	29.2	26.7	21.7	16.9	9.7	5.9	4.8	33	9	GP - GM	A-2-4 (0)	2.496	4.2	-	-	-
PR07-EE-006	22/05/2018	Tajo Minado			500 - 1000	M-006	100.0	91.5	84.6	75.9	68.5	59.4	50.9	44.4	37.2	32.8	27.5	25.4	20.5	15.9	8.9	5.3	4.9	33	10	GP - GC	A-2-4 (0)	2.490	4.3	-	-	-
PR07-EE-007	22/05/2018	Tajo Minado		10	000 - 500	M-007	100.0	94.3	85.0	77.9	69.9	63.4	53.2	45.8	38.8	34.4	28.7	26.4	21.1	16.2	8.8	5.1	4.4	33	11	GP - GC	A-2-6 (0)	2.483	4.4	-	-	-
PR07-EE-008	22/05/2018	Tajo Minado			500 - 1000	M-008	100.0	92.5	84.2	76.8	69.1	61.4	49.3	43.0	35.5	31.5	26.6	24.2	19.5	14.9	8.5	4.8	4.2	33	10	GP	A-2-4 (0)	2.491	4.3	-	-	-
PR07-EE-009	21/05/2018	Tajo Minado		12	000 - 500	M-009	100.0	100.0	93.5	86.6	80.5	75.1	64.9	59.0	49.7	44.5	35.7	32.1	24.8	18.5	10.5	5.9	5.0	33	10	GP - GC	A-2-4 (0)	2.473	4.7	28	67	ALTA
PR07-EE-010	21/05/2018	Tajo Minado			500 - 1000	M-010	100.0	90.0	82.1	76.3	70.3	64.7	56.0	49.1	41.5	35.7	30.7	26.6	21.4	15.8	8.0	2.9	5.2	32	8	GP	A-2-4 (0)	2.467	4.8	-	-	-
PR07-EE-011	21/05/2018	Tajo Minado		14	000 - 500	M-011	100.0	94.9	88.8	81.9	76.4	69.4	59.9	52.4	43.3	38.8	33.9	30.9	24.7	19.3	11.3	6.6	4.8	32	10	GP - GC	A-2-4 (0)	2.460	4.9	-	-	-
PR07-EE-012	21/05/2018	Tajo Minado			500 - 1000	M-012	100.0	91.8	85.6	78.6	72.7	67.6	58.7	51.6	43.6	38.1	33.4	29.8	22.5	17.2	9.4	4.1	4.9	33	10	GP	A-2-4 (0)	2.464	4.8	-	-	-

(* Tech. Spec. For Earthworks, Geosynthetics, Pipework and Concrete (Rev. 1B).

ESPECIFICACIÓN	MAX	100.0	100.0	-	100.0	-	100.0	-	78.0	-	-	-	-	45.0	30.0	-	8.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	MIN	100.0	85.0	-	70.0	-	55.0	-	40.0	-	-	-	-	0.0	0.0	-	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS REALIZADOS AL MATERIAL MUESTREADO EN LA PLATAFORMA DE PRUEBA IE-EVI-008

NOMBRE DEL PROYECTO:	MINA CONSTANCIA
CLIENTE:	HUBBAY PERU SAC
TIPO DE MATERIAL:	Enrocado Estructural (Plataforma de Prueba IE-EVI-008)
PLANO/ESPEC. TEC. DE REF.:	Technical Specifications for Earthworks Geosynthetics, Pipework, and Concrete (Rev. 1B - parcial)

MES:	Junio	PERIODO:	Del 23/06/18 Al 24/06/18	FECHA:	18/09/22
-------------	-------	-----------------	--------------------------	---------------	----------

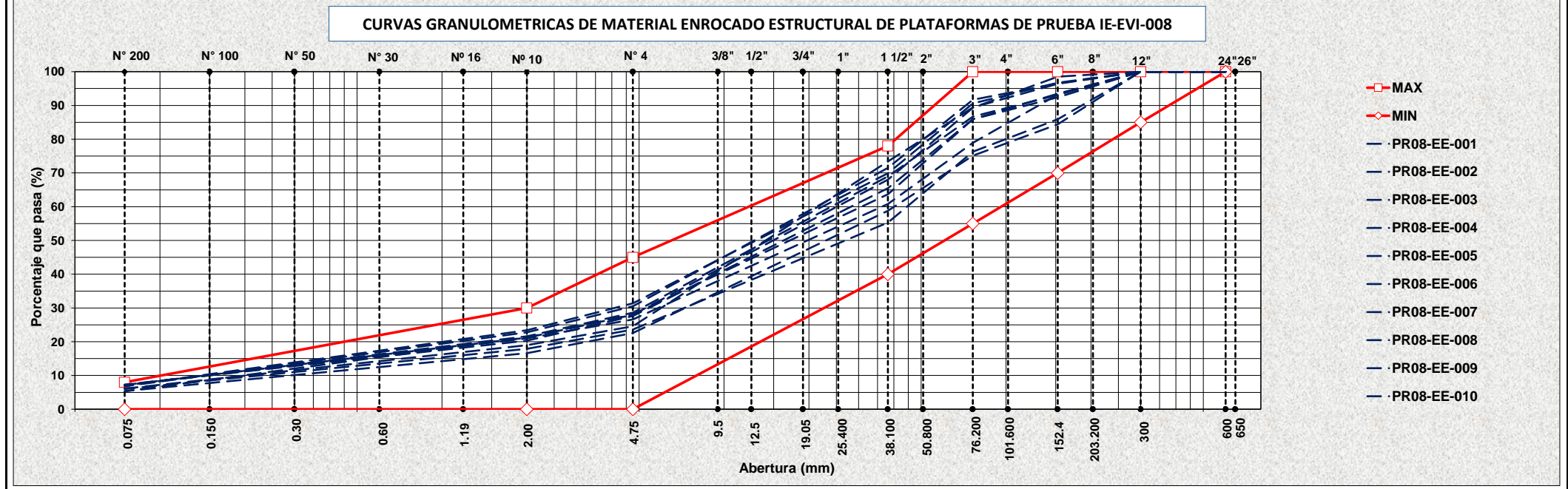
Registro N°	Fecha	Procedencia (Material)	Fase / Polígonos	N° de Pasadas	Profund. Muestra (mm)	Muestra	Análisis Granulométrico - % que pasa Tamiz																Humedad	LL	IP	CLASIFICACION		GRAVEDAD ESPECIFICA		Abrasión	Resistencia a la Compresión Uniaxial Mpa	Clasificación en Base a la Resistencia a la Compresión Uniaxial
							24"	12"	8"	6"	4"	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200				SUCS	AASHTO	P.E.	ABSOR.			

PLATAFORMA DE PRUEBA PARA COLOCACIÓN DE MATERIAL ENROCADO ESTRUCTURAL EN CAPAS DE 1000 MM CON MATERIAL DE TAJO MINADO - FASE 2, BANCO 4215, POLÍGONO 13 (NAG) - JUNIO 2018

PR08-EE-001	23/06/2018	Tajo Minado	Fase 2, Banco 4215 - Polígono 13 (NAG)	4	000 - 500	M-001	100.0	100.0	95.6	92.4	90.7	85.9	74.4	65.5	53.5	46.8	40.7	36.5	27.6	20.3	12.3	7.3	5.1	30	10	GP - GC	A-2-4 (0)	2.509	2.7	25	109	MUY ALTA
PR08-EE-002	23/06/2018	Tajo Minado			500 - 1000	M-002	100.0	100.0	97.6	96.7	95.1	90.6	76.9	69.9	58.4	52.3	46.5	40.9	31.4	23.4	13.0	6.9	5.5	29	10	GP - GC	A-2-4 (0)	2.508	2.9	-	-	-
PR08-EE-003	23/06/2018	Tajo Minado		6	000 - 500	M-003	100.0	100.0	100.0	98.5	94.4	89.3	78.5	68.0	55.8	49.0	39.6	36.1	28.0	21.2	12.2	7.2	5.4	32	13	GP - GC	A-2-6 (0)	2.523	2.8	-	-	-
PR08-EE-004	23/06/2018	Tajo Minado			500 - 1000	M-004	100.0	100.0	98.5	93.2	83.5	78.9	67.9	60.8	50.4	43.9	36.3	33.3	26.6	21.0	12.4	7.1	5.1	30	10	GP - GC	A-2-4 (0)	2.526	3.0	-	-	-
PR08-EE-005	23/06/2018	Tajo Minado		8	000 - 500	M-005	100.0	100.0	97.4	93.1	89.7	86.7	77.6	69.0	57.0	49.8	41.0	36.7	28.6	21.6	12.3	7.1	5.4	36	13	GP - GC	A-2-6 (0)	2.529	3.0	25	89	ALTA
PR08-EE-006	23/06/2018	Tajo Minado			500 - 1000	M-006	100.0	100.0	100.0	96.5	94.0	91.7	78.7	71.5	60.4	51.0	44.5	40.1	30.5	22.8	12.4	6.8	5.5	37	15	GP - GC	A-2-6 (0)	2.511	3.2	-	-	-
PR08-EE-007	24/06/2018	Tajo Minado		10	000 - 500	M-007	100.0	100.0	97.3	93.5	89.2	85.9	73.1	63.7	53.0	47.2	40.0	36.0	28.1	21.3	11.6	5.3	5.6	38	14	GP - GC	A-2-6 (0)	2.537	2.9	-	-	-
PR08-EE-008	24/06/2018	Tajo Minado			500 - 1000	M-008	100.0	100.0	93.3	85.9	82.0	76.3	65.7	55.3	47.5	42.4	35.5	31.7	23.6	17.9	10.2	6.0	5.4	37	14	GP - GC	A-2-6 (0)	2.509	3.1	-	-	-
PR08-EE-009	24/06/2018	Tajo Minado		12	000 - 500	M-009	100.0	100.0	100.0	96.4	92.2	89.4	82.4	73.4	62.1	53.9	42.3	35.8	24.6	19.0	10.6	6.1	5.5	31	9	GP - GC	A-2-4 (0)	2.544	2.9	-	-	-
PR08-EE-010	24/06/2018	Tajo Minado			500 - 1000	M-010	100.0	100.0	89.4	84.4	79.0	75.1	67.4	58.8	50.9	44.4	37.4	32.4	22.6	16.6	9.2	5.4	5.2	30	9	GP - GC	A-2-4 (0)	2.515	3.3	-	-	-

(*) Tech. Spec. For Earthworks, Geosynthetics, Pipework and Concrete (Rev. 1B).

ESPECIFICACIÓN	MAX	100.0	100.0	-	100.0	-	100.0	-	78.0	-	-	-	-	45.0	30.0	-	8.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	MIN	100.0	85.0	-	70.0	-	55.0	-	40.0	-	-	-	-	0.0	0.0	-	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



RESUMEN DE PROPIEDADES DE LOS MATERIALES MUESTREADOS EN PLATAFORMA DE PRUEBA IE-EVI-010

NOMBRE DEL PROYECTO:	MINA CONSTANCIA
CLIENTE:	HUBBAY PERU SAC
TIPO DE MATERIAL:	Enrocado Estructural (Plataforma de Prueba IE-EVI-010)
PLANO/ESPEC. TEC. DE REF.:	Technical Specifications for Earthworks Geosynthetics, Pipework, and Concrete (Rev. 1B - parcial)

MES:	Julio	PERIODO:	Del 23/07/18	Al 24/07/18	FECHA:	18/09/22
-------------	-------	-----------------	--------------	-------------	---------------	----------

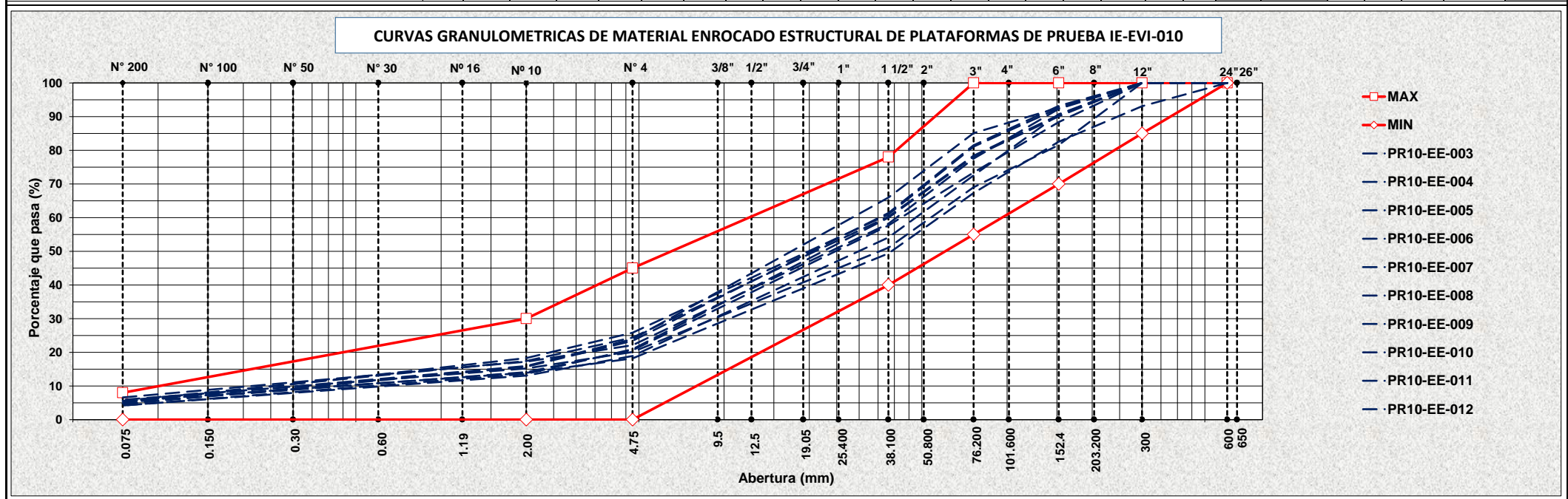
Registro N°	Fecha	Procedencia (Material)	Fase / Polígonos	N° de Pasadas	Profund. Muestra (mm)	Muestra	Análisis Granulométrico - % que pasa Tamiz																Humedad	LL	IP	CLASIFICACION		GRAVEDAD ESPECIFICA		Abrasión	Resistencia a la Compresión Uniaxial Mpa	Clasificación en Base a la Resistencia a la Compresión Uniaxial
							24"	12"	8"	6"	4"	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200				SUCS	AASHTO	P.E.	ABSOR.			

PLATAFORMA DE PRUEBA PARA COLOCACIÓN DE MATERIAL ENROCADO ESTRUCTURAL EN CAPAS DE 1000 MM CON MATERIAL DE TAJO MINADO - FASE 2, BANCO 4215, POLÍGONOS 28 Y 30 (NAG) - JULIO 2018

PR10-EE-003	23/07/2018	Tajo Minado	28	4	000 - 500	M-003	100.0	100.0	96.5	93.2	90.0	81.5	71.2	61.4	49.7	43.1	36.6	31.4	23.4	15.7	8.5	4.6	4.3	31	11	GP	A-2-6 (0)	2.578	1.5	23	130	MUY ALTA
PR10-EE-004	23/07/2018	Tajo Minado			500 - 1000	M-004	100.0	100.0	96.7	90.7	83.2	72.5	62.1	54.1	45.5	39.4	32.2	27.1	18.9	13.1	7.6	4.2	4.1	29	11	GW	A-2-6 (0)	2.569	1.7	-	-	-
PR10-EE-005	23/07/2018	Tajo Minado	30	6	000 - 500	M-005	100.0	100.0	92.0	81.6	76.0	69.0	59.4	51.1	41.1	33.6	27.6	25.3	20.1	15.2	9.8	5.9	4.0	31	11	GP - GC	A-2-6 (0)	2.571	1.6	-	-	-
PR10-EE-006	23/07/2018	Tajo Minado			500 - 1000	M-006	100.0	100.0	93.5	88.4	79.0	73.4	64.9	57.7	47.7	41.6	34.6	28.9	20.6	14.1	8.5	5.0	3.9	29	9	GP - GC	A-2-4 (0)	2.571	1.5	-	-	-
PR10-EE-007	23/07/2018	Tajo Minado	30	8	000 - 500	M-007	100.0	100.0	96.0	90.1	85.6	78.1	68.9	60.0	49.3	42.5	35.1	30.3	20.9	13.6	7.7	4.2	4.0	29	8	GW	A-2-4 (0)	2.576	1.6	-	-	-
PR10-EE-008	23/07/2018	Tajo Minado			500 - 1000	M-008	100.0	100.0	95.9	90.5	85.4	78.4	67.8	60.3	50.7	42.8	35.3	31.4	24.4	17.4	9.5	5.6	3.8	30	10	GP - GC	A-2-4 (0)	2.601	1.0	-	-	-
PR10-EE-009	23/07/2018	Tajo Minado	30	10	000 - 500	M-009	100.0	100.0	97.6	92.7	89.9	85.1	73.9	66.0	53.5	45.7	39.4	34.7	23.9	15.9	8.9	5.4	4.2	29	9	GW GC	A-2-4 (0)	2.586	1.2	24	114	MUY ALTA
PR10-EE-010	23/07/2018	Tajo Minado			500 - 1000	M-010	100.0	100.0	97.7	92.5	86.5	81.1	70.7	61.0	52.2	46.2	39.8	36.3	25.8	18.3	9.2	4.9	3.9	29	10	GW	A-2-4 (0)	2.585	1.2	-	-	-
PR10-EE-011	24/07/2018	Tajo Minado	30	12	000 - 500	M-011	100.0	93.1	88.0	82.6	77.5	67.3	57.6	49.4	40.4	34.0	27.0	23.2	18.2	13.9	9.2	5.5	3.5	27	9	GP - GC	A-2-4 (0)	2.585	1.4	-	-	-
PR10-EE-012	24/07/2018	Tajo Minado			500 - 1000	M-012	100.0	100.0	97.6	92.3	85.0	77.5	66.8	58.2	46.7	39.7	31.5	27.9	22.1	17.2	11.1	6.6	3.7	28	10	GP - GC	A-2-4 (0)	2.575	1.5	-	-	-

(*) Tech. Spec. For Earthworks, Geosynthetics, Pipework and Concrete (Rev. 1B).

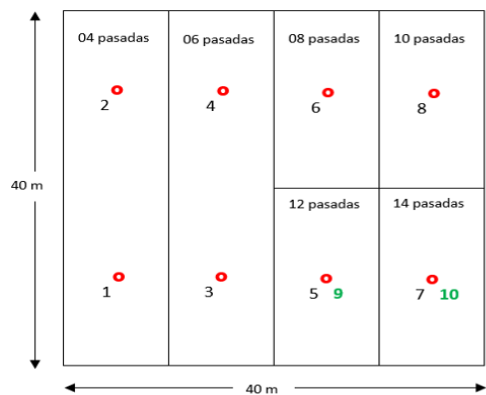
ESPECIFICACIÓN	MAX	100.0	100.0	-	100.0	-	100.0	-	78.0	-	-	-	-	45.0	30.0	-	8.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	MIN	100.0	85.0	-	70.0	-	55.0	-	40.0	-	-	-	-	0.0	0.0	-	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



RESUMEN DE CONTROL DE COMPACTACIÓN IN SITU PLATAFORMA DE PRUEBA IE-EVI-005

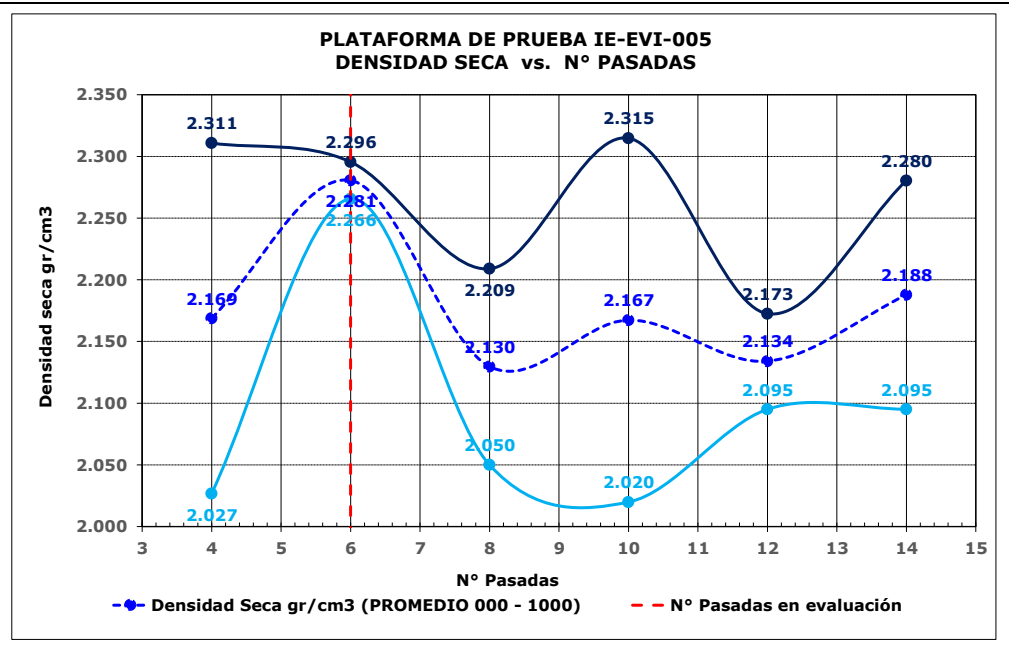
NOMBRE DEL PROYECTO:	MINA CONSTANCIA	Nº CORRELATIVO:	1
CLIENTE:	HUBBAY PERU SAC	ENTREGABLE:	Deposito de Relaves TMF etapa VI
TIPO DE MATERIAL:	Enrocado Estructural (Panel Test)	ESTRUCTURA:	Dique del Deposito de Relaves TMF
PLANO/ESPEC. TEC. DE REF.:	Technical Specifications for Earthworks Geosynthetics, Pipework, and Concrete (Rev. 1B - parcial)		
MES:	Abril	PERIODO:	Del 20/04/18 Al 20/04/18
		FECHA:	18/09/22

Registro Nº	Fecha	Procedencia (Material)	Fase / Poligonos	Nº de Pasadas	Espesor Capa (mm)	Profund. Muestra (mm)	Nº Ensayo	Ubicación				Campo			Gabinete			Equipo Utilizado	APROBACIÓN
								Lado	Norte	Este	Elev.(msnm)	Densidad Húmeda (gr/cm3)	Densidad Seca (gr/cm3)	Contenido Humedad (%)	D. Húmeda Promedio (gr/cm3)	D. Seca Promedio (gr/cm3)	C. Humedad Promedio (%)		
PLATAFORMA DE PRUEBA PARA COLOCACIÓN DE MATERIAL RELLENO ESTRUCTURAL Y ENROCADO ESTRUCTURAL EN CAPAS DE 1000 MM CON MATERIAL DE TAJO MINADO - FASE 7, BANCO 4245, POLÍGONOS 4 (NAG)																			
PR05-EE-001	20/04/2018	Tajo Minado	Fase 7, Banco 4245 - Polígono 4 (NAG)	4	1000	000 - 500	01	Este	8396256	199241	4029.00	2.424	2.311	4.9	2.272	2.169	4.8	Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR05-EE-001	20/04/2018	Tajo Minado				500 - 1000	02	Este	8396256	199241	4028.50	2.120	2.027	4.6				Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR05-EE-002	20/04/2018	Tajo Minado		6	1000	000 - 500	01	Este	8396218	199234	4029.00	2.408	2.296	4.9	2.386	2.281	4.6	Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR05-EE-002	20/04/2018	Tajo Minado				500 - 1000	02	Este	8396218	199234	4028.50	2.363	2.266	4.3				Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR05-EE-003	20/04/2018	Tajo Minado		8	1000	000 - 500	01	Este	8396200	199254	4029.00	2.326	2.209	5.3	2.238	2.130	5.1	Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR05-EE-003	20/04/2018	Tajo Minado				500 - 1000	02	Este	8396200	199254	4028.50	2.149	2.050	4.8				Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR05-EE-004	20/04/2018	Tajo Minado		10	1000	000 - 500	01	Este	8396191	199251	4029.00	2.456	2.315	6.1	2.297	2.167	6.0	Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR05-EE-004	20/04/2018	Tajo Minado				500 - 1000	02	Este	8396191	199251	4028.50	2.137	2.020	5.8				Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR05-EE-005	20/04/2018	Tajo Minado		12	1000	000 - 500	01	Este	8396217	199226	4029.00	2.279	2.173	4.9	2.236	2.134	4.8	Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR05-EE-005	20/04/2018	Tajo Minado				500 - 1000	02	Este	8396217	199226	4028.50	2.192	2.095	4.6				Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR05-EE-006	20/04/2018	Tajo Minado		14	1000	000 - 500	01	Este	8396197	199229	4029.00	2.415	2.280	5.9	2.320	2.188	6.1	Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR05-EE-006	20/04/2018	Tajo Minado				500 - 1000	02	Este	8396197	199229	4028.50	2.225	2.095	6.2				Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME



CAMION UTILIZADO	CAMION MINERO CAT 793F
Nº DE CAMION	15
PESO TOTAL (TON)	455

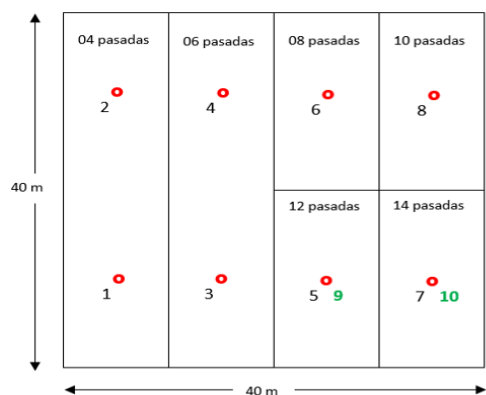
Esquema de sectorización de Plataforma de Prueba IE-EVI-005, dividida en 06 carriles de prueba para 4, 6, 8, 10, 12 y 14 pasadas.



RESUMEN DE CONTROL DE COMPACTACIÓN IN SITU PLATAFORMA DE PRUEBA IE-EVI-007

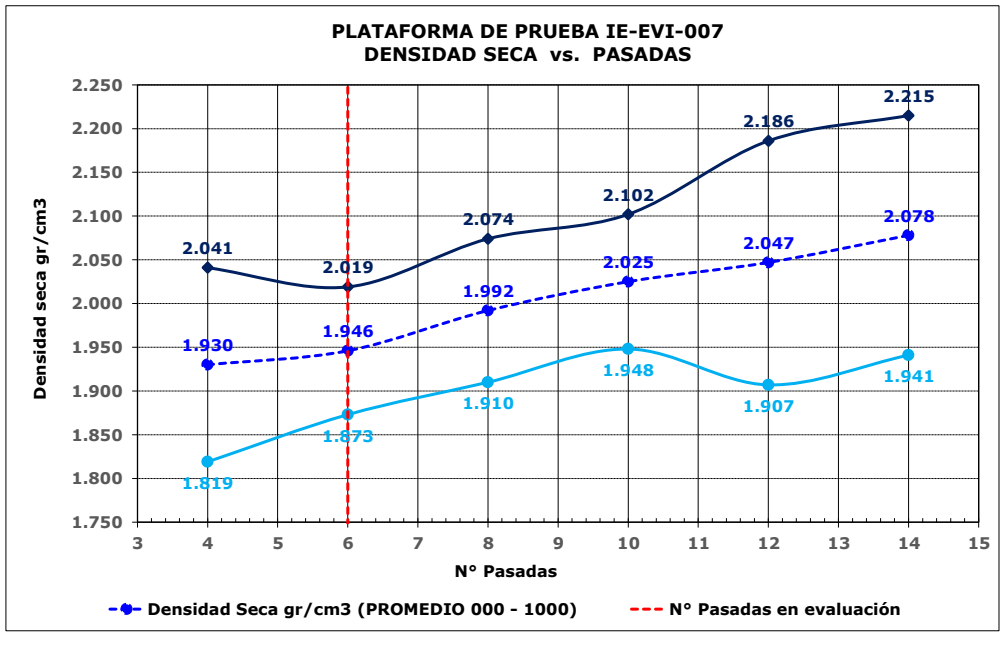
NOMBRE DEL PROYECTO:	MINA CONSTANCIA	Nº CORRELATIVO:	2
CLIENTE:	HUBBAY PERU SAC	ENTREGABLE:	Deposito de Relaves TMF etapa VI
TIPO DE MATERIAL:	Enrocado Estructural (Panel Test)	ESTRUCTURA:	Dique del Deposito de Relaves TMF
PLANO/ESPEC. TEC. DE REF.:	Technical Specifications for Earthworks Geosynthetics, Pipework, and Concrete (Rev. 1B - parcial)		
MES:	Mayo	PERIODO:	Del 21/05/18 Al 22/05/18
		FECHA:	18/09/22

Registro Nº	Fecha	Procedencia (Material)	Fase / Poligonos	Nº de Pasadas	Espesor Capa (mm)	Profund. Muestra (mm)	Nº Ensayo	Ubicación				Campo			Gabinete			Equipo Utilizado	APROBACIÓN
								Lado	Norte	Este	Elev.(msnm)	Densidad Húmeda (gr/cm3)	Densidad Seca (gr/cm3)	Contenido Humedad (%)	D. Húmeda Promedio (gr/cm3)	D. Seca Promedio (gr/cm3)	C. Humedad Promedio (%)		
PLATAFORMA DE PRUEBA PARA COLOCACIÓN DE MATERIAL ENROCADO ESTRUCTURAL EN CAPAS DE 1000 MM CON MATERIAL DE TAJO MINADO - FASE 2, BANCO 4305, POLÍGONOS 45 Y 55 (NAG)																			
PR07-EE-001	21/05/2018	Tajo Minado	Fase 2, Banco 4305 - Poligonos 45 y 55 (NAG)	4	1000	000 - 500	01	Este	8396175	199305	4034.20	2.147	2.041	5.2	2.031	1.930	5.3	Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR07-EE-001	21/05/2018	Tajo Minado				500 - 1000	02	Este	8396175	199305	4033.70	1.915	1.819	5.3				Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR07-EE-002	21/05/2018	Tajo Minado		6	1000	000 - 500	01	Este	8396161	199319	4034.10	2.112	2.019	4.6	2.039	1.946	4.8	Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR07-EE-002	21/05/2018	Tajo Minado				500 - 1000	02	Este	8396161	199319	4033.60	1.965	1.873	4.9				Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR07-EE-003	22/05/2018	Tajo Minado		8	1000	000 - 500	01	Este	8396156	199306	4034.10	2.173	2.074	4.8	2.088	1.992	4.9	Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR07-EE-003	22/05/2018	Tajo Minado				500 - 1000	02	Este	8396156	199306	4033.60	2.003	1.910	4.9				Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR07-EE-004	22/05/2018	Tajo Minado		10	1000	000 - 500	01	Este	8396140	199303	4034.00	2.194	2.102	4.4	2.112	2.025	4.3	Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR07-EE-004	22/05/2018	Tajo Minado				500 - 1000	02	Este	8396140	199303	4033.50	2.029	1.948	4.2				Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR07-EE-005	21/05/2018	Tajo Minado		12	1000	000 - 500	01	Este	8396169	199285	4034.23	2.297	2.186	5.0	2.152	2.047	5.1	Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR07-EE-005	21/05/2018	Tajo Minado				500 - 1000	02	Este	8396169	199285	4033.73	2.006	1.907	5.2				Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR07-EE-006	21/05/2018	Tajo Minado		14	1000	000 - 500	01	Este	8396152	199284	4034.13	2.321	2.215	4.8	2.179	2.078	4.9	Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR07-EE-006	21/05/2018	Tajo Minado				500 - 1000	02	Este	8396152	199284	4033.63	2.036	1.941	4.9				Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME



Esquema de sectorización de Plataforma de Prueba IE-EVI-007, dividida en 06 carriles de prueba para 4, 6, 8, 10, 12 y 14 pasadas.

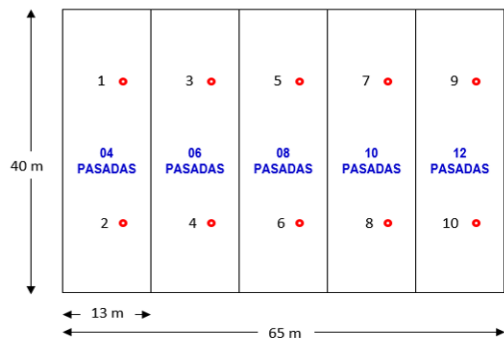
CAMION UTILIZADO	CAMION MINERO CAT 793F
Nº DE CAMION	10
PESO TOTAL (TON)	450



RESUMEN DE CONTROL DE COMPACTACIÓN IN SITU PLATAFORMA DE PRUEBA IE-EVI-008

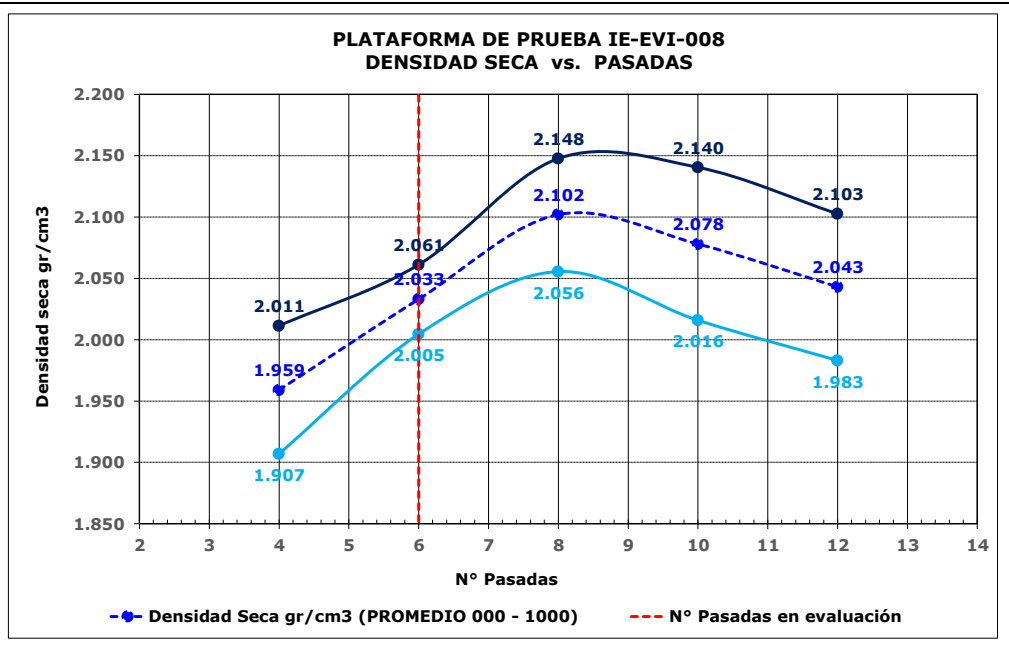
NOMBRE DEL PROYECTO:	MINA CONSTANCIA	N° CORRELATIVO:	3
CLIENTE:	HUBBAY PERU SAC	ENTREGABLE:	Deposito de Relaves TMF etapa VI
TIPO DE MATERIAL:	Enrocado Estructural (Panel Test)	ESTRUCTURA:	Dique del Deposito de Relaves TMF
PLANO / ESPEC. TEC. DE REF.:	Technical Specifications for Earthworks Geosynthetics, Pipework, and Concrete (Rev. 1B - parcial)		
MES:	Junio	PERIODO:	Del 23/06/18 Al 24/06/18
		FECHA:	18/09/22

Registro N°	Fecha	Procedencia (Material)	Fase / Poligonos	N° de Pasadas	Espesor Capa (mm)	Profund. Muestra (mm)	N° Ensayo	Ubicación				Campo			Gabinete			Equipo Utilizado	APROBACIÓN
								Lado	Norte	Este	Elev.(msnm)	Densidad Húmeda (gr/cm3)	Densidad Seca (gr/cm3)	Contenido Humedad (%)	D. Húmeda Promedio (gr/cm3)	D. Seca Promedio (gr/cm3)	C. Humedad Promedio (%)		
PLATAFORMA DE PRUEBA PARA COLOCACIÓN DE MATERIAL ENROCADO ESTRUCTURAL EN CAPAS DE 1000 MM CON MATERIAL DE TAJO MINADO - FASE 2, BANCO 4215, POLÍGONO 13 (NAG)																			
PR08-EE-001	23/06/2018	Tajo Minado	Fase 2, Banco 4215 - Poligono 13 (NAG)	4	1000	000 - 500	01	Oeste	8396502	198249	4052.05	2.114	2.011	5.1	2.063	1.959	5.3	Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR08-EE-002	23/06/2018	Tajo Minado				500 - 1000	02	Oeste	8396502	198249	4051.55	2.012	1.907	5.5				Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR08-EE-003	23/06/2018	Tajo Minado		6	1000	000 - 500	01	Oeste	8396491	198241	4052.11	2.172	2.061	5.4	2.140	2.033	5.3	Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR08-EE-004	23/06/2018	Tajo Minado				500 - 1000	02	Oeste	8396491	198241	4051.61	2.107	2.005	5.1				Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR08-EE-005	23/06/2018	Tajo Minado		8	1000	000 - 500	01	Oeste	8396475	198253	4052.11	2.264	2.148	5.4	2.217	2.102	5.4	Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR08-EE-006	23/06/2018	Tajo Minado				500 - 1000	02	Oeste	8396475	198253	4051.61	2.169	2.056	5.5				Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR08-EE-007	24/06/2018	Tajo Minado		10	1000	000 - 500	01	Oeste	8396468	198247	4052.09	2.260	2.140	5.6	2.193	2.078	5.5	Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR08-EE-008	24/06/2018	Tajo Minado				500 - 1000	02	Oeste	8396468	198247	4051.59	2.125	2.016	5.4				Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR08-EE-009	24/06/2018	Tajo Minado		12	1000	000 - 500	01	Oeste	8396454	198251	4051.99	2.218	2.103	5.5	2.152	2.043	5.3	Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR08-EE-010	24/06/2018	Tajo Minado				500 - 1000	02	Oeste	8396454	198251	4051.49	2.086	1.983	5.2				Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME



CAMION UTILIZADO	CAMION MINERO CAT 793F
N° DE CAMION	10
PESO TOTAL (TON)	452

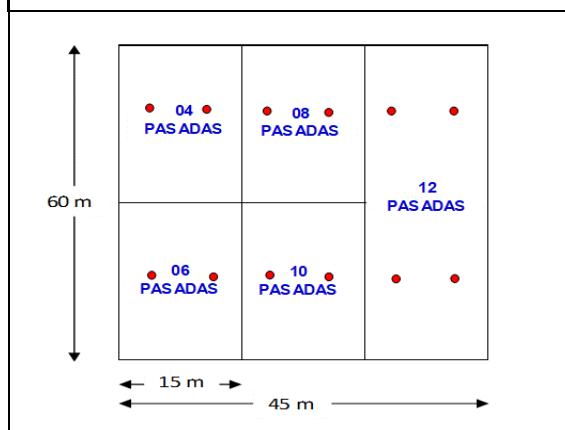
Esquema de sectorización de Plataforma de Prueba IE-EVI-008, dividida en 05 carriles de prueba para 4, 6, 8, 10 y 12 pasadas.



RESUMEN DE CONTROL DE COMPACTACIÓN IN SITU PLATAFORMA DE PRUEBA IE-EVI-010

NOMBRE DEL PROYECTO:	MINA CONSTANCIA	Nº CORRELATIVO:	4
CLIENTE:	HUBBAY PERU SAC	ENTREGABLE:	Deposito de Relaves TMF etapa VI
TIPO DE MATERIAL:	Enrocado Estructural (Panel Test)	ESTRUCTURA:	Dique del Deposito de Relaves TMF
PLANO/ESPEC. TEC. DE REF.:	Technical Specifications for Earthworks Geosynthetics, Pipework, and Concrete (Rev. 1B - parcial)		
MES:	Julio	PERIODO:	Del 21/07/18 Al 24/07/18
		FECHA:	18/09/22

Registro Nº	Fecha	Procedencia (Material)	Fase / Poligonos	Nº de Pasadas	Espesor Capa (mm)	Profund. Muestra (mm)	Nº Ensayo	Ubicación				Campo			Gabinete			Equipo Utilizado	APROBACIÓN
								Lado	Norte	Este	Elev.(msnm)	Densidad Húmeda (gr/cm3)	Densidad Seca (gr/cm3)	Contenido Humedad (%)	D. Húmeda Promedio (gr/cm3)	D. Seca Promedio (gr/cm3)	C. Humedad Promedio (%)		
PLATAFORMA DE PRUEBA PARA COLOCACIÓN DE MATERIAL ENROCADO ESTRUCTURAL EN CAPAS DE 1000 MM CON MATERIAL DE TAJO MINADO - FASE 2, BANCO 4215, POLÍGONO 13 (NAG)																			
PR10-EE-001	21/07/2018	Tajo Minado	Fase 2, Banco 4215 - Polígono 28 y 30 (NAG)	0	1000	00-500	01	Este	8396043	199355	4058.15	2.019	1.934	4.4	2.027	1.943	4.3	Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR10-EE-002	21/07/2018	Tajo Minado				500-1000	02	Este	8396043	199355	4057.65	2.034	1.952	4.2				Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR10-EE-003	23/07/2018	Tajo Minado		4	1000	000 - 500	01	Este	8396048	199346	4058.17	2.140	2.051	4.3	2.090	2.006	4.2	Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR10-EE-004	23/07/2018	Tajo Minado				500 - 1000	02	Este	8396074	199386	4057.67	2.041	1.960	4.1				Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR10-EE-005	23/07/2018	Tajo Minado		6	1000	000 - 500	01	Este	8396097	199358	4058.01	2.079	1.999	4.0	2.035	1.958	4.0	Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR10-EE-006	23/07/2018	Tajo Minado				500 - 1000	02	Este	8396097	199358	4057.51	1.991	1.916	3.9				Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR10-EE-007	23/07/2018	Tajo Minado		8	1000	000 - 500	01	Este	8396063	199377	4058.05	2.276	2.188	4.0	2.165	2.084	3.9	Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR10-EE-008	23/07/2018	Tajo Minado				500 - 1000	02	Este	8396063	199377	4057.55	2.054	1.979	3.8				Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR10-EE-009	23/07/2018	Tajo Minado		10	1000	000 - 500	01	Este	8396078	199351	4058.10	2.317	2.223	4.2	2.214	2.128	4.1	Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR10-EE-010	23/07/2018	Tajo Minado				500 - 1000	02	Este	8396078	199351	4057.60	2.211	2.032	3.9				Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR10-EE-011	24/07/2018	Tajo Minado		12	1000	000 - 500	01	Este	8396061	199361	4058.07	2.296	2.218	3.5	2.164	2.089	3.6	Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME
PR10-EE-012	24/07/2018	Tajo Minado				500 - 1000	02	Este	8396061	199361	4057.57	2.032	1.959	3.7				Marco (1.80 a x 1.80 m)	CONFORME



Esquema de sectorización de Plataforma de Prueba IE-EVI-010, dividida en 05 carriles de prueba para 4, 6, 8, 10 y 12 pasadas.	CAMION UTILIZADO	CAMION MINERO CAT 793F
	Nº DE CAMION	16
	PESO TOTAL (TON)	450

