

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“EVALUACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DEL DEPOSITO DE
DESMONTE BOTADERO 100 DE LA MINA CERRO LINDO
AÑO 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil



Autor:

Veliz Poma Gregorio Fidel

Asesor:

Mg. Ing. Gerson Vega Rivera

Lima - Perú

2019

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Gerson Vega Rivera, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de INGENIERÍA CIVIL, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

- Veliz Poma Gregorio Fidel.

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: EVALUACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DEL DEPOSITO DE DESMONTE BOTADERO 100 DE LA MINA CERRO LINDO AÑO 2019 para aspirar al título profesional de: Ingeniero Civil por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, AUTORIZA al o a los interesados para su presentación.

Ing. Gerson Vega Rivera
Asesor

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis del estudiante: Veliz Poma Gregorio Fidel para aspirar al título profesional con la tesis denominada: EVALUACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DEL DEPOSITO DE DESMONTE BOTADERO 100 DE LA MINA CERRO LINDO 2019

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

Aprobación por unanimidad

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

Ing./Lic./Dr./Mg. Cesar Guardia

Jurado
Presidente

Ing./Lic./Dr./Mg. Taylor Barrenechea

Jurado

Ing./Lic./Dr./Mg. Cesar Rivera

Jurado

DEDICATORIA

A mi querida familia madre, padre y esposa.

Por haberme apoyado en los momentos más importantes, por sus recomendaciones, sus valores, por la estimulación constante que me ha permitido concluir parte de mis metas, pero más que nada, por su comprensión y mucho amor.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo de tesis es fruto del esfuerzo y consejos de muchas personas quienes participaron directa e indirectamente con sus opiniones y recomendaciones.

Por todo ello quiero dirigir mis más sinceros agradecimientos y reconocimientos a todas las personas que compartieron su tiempo de vida en fortalecerme día a día para ser mejor.

Los siguientes párrafos van dirigidos a quienes me apoyaron y sostuvieron vigorosamente para conseguir los objetivos y metas proyectados.

Agradezco profundamente a la CIA. MINERA MILPO, por brindarme el tiempo necesario de estos 5 años para poder continuar con mis estudios y así alcanzar una de mis metas trazadas y el espacio y los recursos para desarrollar mi proyecto de investigación.

A la Gerencia de SERVICIOS TECNICOS y todo su equipo de profesionales, por su apoyo durante el tiempo que duro mi formación en la universidad

A la UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE SEDE LIMA y a todo el personal docente y colaboradores por darme la oportunidad de formarme y hacerme un profesional competitivo.

A todo el equipo de apoyo, amigos, colegas, compañeros de trabajo, estudios por todos los buenos momentos que pasamos. Aprovecho la oportunidad de agradecer a quienes por alguna razón omití sus nombres. A todos ustedes muchas gracias y un inmenso agradecimiento.

Con mucho afecto y cariño
Gregorio Fidel Veliz Poma

TABLA DE CONTENIDOS

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS	i
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
TABLA DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Realidad problemática	1
1.2. Formulación del problema	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.2.2.1. Problema Específico 1.....	3
1.2.2.2. Problema Específico 2	3
1.2.2.3. Problema Específico 3	3
1.2.2.4. Problema Específico 4	3
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.3.2.1. Objetivo específico 1	3
1.3.2.2. Objetivo específico 2	3
1.3.2.3. Objetivo específico 3	3
1.3.2.4. Objetivo específico 4	3
1.4. Hipótesis.....	4
1.4.1. Hipótesis general.....	4
1.4.2. Hipótesis específica	4
1.4.2.1. Hipótesis específica 1.....	4
1.4.2.2. Hipótesis específica 2.....	4
1.4.2.3. Hipótesis específica 3.....	4
1.4.2.4. Hipótesis específica 4.....	4
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	5
2.1. Tipo de investigación.....	5
2.2. Población y muestra	5
2.2.1. Población	5
2.2.2. Muestra.....	5
2.3. Procedimiento	5

2.3.1. Procedimiento para el objetivo específico 1	5
a. Actualización de la topografía del botadero 100.	5
b. Análisis de la base de datos Geotécnicos, Topográficos.....	5
2.3.1.1. Marco teórico del objetivo específico 1	5
a. Topografía automatizada: Estación total.....	5
b. Desmonte en Minería.....	7
2.3.1.2. Desarrollo del procedimiento para el objetivo específico 1	10
a. Actualización de la Topografía del Botadero 100.....	10
b. Interpretación de los Datos Geotécnicos y topográficos	13
2.3.2. Procedimiento para el objetivo específico 2	22
a. Caracterizar los materiales para el modelo geotécnico	22
b. Determinar las propiedades de resistencia de los materiales	22
2.3.2.1. Marco teórico del objetivo específico 2	23
a. Taludes	23
b. Taludes construidos.....	23
c. Taludes naturales	23
2.3.2.2. Desarrollo del procedimiento para el objetivo específico 2	28
a. Caracterización de los materiales	28
b. Determinar la resistencia de los materiales	34
2.3.3. Procedimiento para el objetivo específico 3	46
2.3.3.1. Marco teórico del objetivo específico 3	47
a. Software Civil 3D	47
b. Software Minesight	48
c. Topografía.....	49
d. Software de análisis de Estabilidad – Slide V.6	50
e. Resistencia al corte.....	51
f. Criterio de rotura de Mohr Coulomb.....	51
g. Método de análisis de estabilidad de taludes.....	53
h. Método de equilibrio límite	53
i. Factor de seguridad	53
j. Métodos para determinar el factor de seguridad.....	54
k. Métodos de la masa total	54
l. Métodos de las rebanadas.....	54
m. Métodos de Fellenius.....	56
n. Método de Bishop	56
o. Métodos análisis de esfuerzos.....	58
2.3.3.2. Desarrollo del procedimiento para el objetivo específico 3	61
a. Criterios de Evaluación	61
b. Sección de análisis:	61
c. Características de los análisis.....	61

d.	Aceleración de diseño.....	61
e.	Propiedad de los materiales.....	62
f.	Datos operacionales:	62
g.	Análisis de estabilidad	63
h.	Perfil topográfico actualizado	63
i.	Diseño de talud - software Minesight	64
j.	Análisis Estático - sección A-A'	64
k.	Análisis Pseudoestático - sección A-A'	65
l.	Análisis Estático - sección B-B'	66
m.	Análisis Pseudoestático - sección B-B'	67
n.	Datos de Diseño final	68
o.	Resultados de análisis	68
2.3.4.	Procedimiento para el objetivo específico 4.....	69
a.	Análisis de estabilidad (procedimiento objetivo 3)	69
b.	Estudio geológico.....	69
c.	Diseño plano de Instrumentación:.....	69
2.3.4.1	Marco teórico del objetivo específico 4.....	70
a.	Geología	70
b.	Geomorfología	70
c.	Litoestratigrafía	70
d.	Geoestructuras	72
e.	Hidrogeología.....	72
f.	Peligro geológico	73
g.	Hitos topográficos	74
h.	Piezómetro.....	75
i.	Inclinómetro	75
2.3.4.2	Desarrollo procedimiento 4	78
a.	Diseño plano de Instrumentación.....	81
b.	Instalación de hito	82
c.	Instalación de piezómetros	82
d.	Instalación de Inclinómetro	83
CAPÍTULO III: RESULTADOS		87
3.1.	Resultado del Objetivo específico 1	87
3.2.	Resultado del Objetivo específico 2.....	89
3.3.	Resultado del Objetivo específico 3.....	93
3.4.	Resultado del Objetivo específico 4.....	94
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSION		96
4.0	Discusión general	96
4.1.	Discusión 1:.....	96
4.2.	Discusión 2:.....	97

4.3. Discusión 3	97
4.4. Discusión 4	97
5.0 Conclusión general	98
5.1. Conclusión 1	98
5.2. Conclusión 2	98
5.3. Conclusión 3	99
5.4. Conclusión 4	99
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	99
ANEXOS	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla n.º 2.1. Ubicación de Puntos BMs.....	10
Tabla n.º 2.2. Ubicación de hitos topográficos y piezómetros.....	13
Tabla n.º 2.3. Base de datos de monitoreo de hitos topográficos.....	14
Tabla n.º 2.4. Ubicación y profundidad del piezómetro.....	20
Tabla n.º 2.5. Base de datos monitoreo de piezómetro.....	20
Tabla n.º 2.6. Extracción de desmonte Mina – Superficie.....	27
Tabla n.º 2.7. Unidades geotécnicas.....	28
Tabla n.º 2.8. Propiedades físicas del desmonte de mina.....	31
Tabla n.º 2.9. Modelo geotécnico del desmonte mina.....	33
Tabla n.º 2.10. Aceleración horizontal máxima en el terreno (PGA) – Análisis probabilístico.....	33
Tabla n.º 2.11. Recomendaciones para el cálculo del coeficiente sísmico por distintos autores...	33
Tabla n.º 2.12. Ubicación de calicatas.....	35
Tabla n.º 2.13. Ensayos de densidad in situ.....	36
Tabla n.º 2.14. Líneas sísmicas.....	37
Tabla n.º 2.15. Relación de estaciones MASW ejecutadas en el año 2014.....	38
Tabla n.º 2.16. Clasificación del suelo en base a la velocidad de ondas de corte (Vs).....	39
Tabla n.º 2.17. Clasificación dinámica de la roca de fundación.....	39
Tabla n.º 2.18. Relación de sondeos diamantinos ejecutadas el año 2010.....	39
Tabla n.º 2.19. Parámetros índices de los materiales.....	41
Tabla n.º 2.20. Ensayos de granulometría global.....	43
Tabla n.º 2.21. Ensayos de Proctor modificado.....	44
Tabla n.º 2.22. Propiedades de resistencia.....	45
Tabla n.º 2.23. Valores de factores de seguridad mínimos admisibles.....	60
Tabla n.º 2.24. Modelo Geotécnico.....	60

Tabla n.° 2.25. Características del diseño final del depósito de desmonte botadero 100.....	67
Tabla n.° 2.26. Factores de seguridad del depósito de desmontes 100.....	68
Tabla n.° 2.27. Hitos de control topográfico.....	85
Tabla n.° 2.28. Inclínómetros y piezómetros.....	85
Tabla n.° 3.1. Inclínómetros y piezómetros.....	86
Tabla n.° 3.2. Numero de muestras de Calicatas (Tabla n. °2.11).....	88
Tabla n.° 3.3. Numero de Ensayos en campo (método reemplazo de agua) (Tabla n. °2.12).....	88
Tabla n.° 3.4. Numero de muestras analizados - Laboratorio (Tabla n. °2.18).....	89
Tabla n.° 3.4. Numero de ensayos de granulometría global (Tabla n. °2.19).....	90
Tabla n.° 3.5. Extracción de desmonte Mina – Superficie (Tabla n. °2.6).....	91
Tabla n. °3.6: Modelo geotécnico del desmonte mina.....	92
Tabla n. °3.6: Características del diseño final del depósito de desmonte botadero 100.....	92
Tabla 3.8: Factores de seguridad del depósito de desmontes 100.....	93
Tabla n.° 3.9. Hitos de control topográfico.....	94
Tabla n. °4.0. Inclínómetros y piezómetros.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n.º 1.1. Ubicación Compañía Minera Milpo S.A.A.....	1
Figura n.º 2.1. Estación Tocón GTS 225.....	5
Figura n.º 2.2. Esquema de clasificación de Botadero en Minería.....	7
Figura n.º 2.3. Depósito de desmontera botadero 100 mina Cerro Lindo.....	8
Figura n.º 2.4. Plano topográfico actualizado 2018.....	11
Figura n.º 2.5. Sección Longitudinal actual del Depósito de Desmontes 100.....	12
Figura n.º 2.6. Altura de banco y Angulo.....	23
Figura n.º 2.7. Ancho de berma.....	23
Figura n.º 2.8. Parámetro que define el talud de mina.....	24
Figura n.º 2.9. Construcción ascendente del depósito de desmonte.....	25
Figura n.º 2.10. Colapso de botaderos.....	25
Figura n.º 2.11. Botadero con material no compactado.....	26
Figura n.º 2.12. Botadero con inicio de inestabilidad.....	26
Figura n.º 2.13. Operación en los botaderos en mina.....	27
Figura n.º 2.14. Sección A de análisis geotécnico (condición ampliación).....	28
Figura n.º 2.15. Sección B de análisis geotécnico (condición ampliación).....	29
Figura n.º 2.16. Análisis granulométrico del desmonte de mina.....	30
Figura n.º 2.17. Variación del ángulo de fricción con la presión normal.....	31
Figura n.º 2.18. Curva p'-q'. Año 2018, ensayo TX CD, Mezcla de las muestras CD1/C10.....	32
Figura n.º 2.19. Curva p'-q'. Año 2018, ensayo TX CD, Mezcla de las muestras CD5/CD6/C7.....	32
Figura n.º 2.20. Esquema para determinar una evaluación de estabilidad de taludes.....	46
Figura n.º 2.21. Portada de inicio del software Autodesk Civil 3D.....	47
Figura n.º 2.22. Software minero y civil – Minesight 3D.....	48

Figura n.º 2.23. Topografía de curvas de nivel 3D – Vista isométrica.....	49
Figura n.º 2.24. Software de análisis de estabilidad de taludes – Slide V.6.....	50
Figura n.º 2.25. Envolvente de Mohr Coulomb.....	51
Figura n.º 2.26. Criterio de rotura en sueldos.....	51
Figura n.º 2.27. Fuerzas que actúan sobre superficie de rotura curva.....	53
Figura n.º 2.28. División de rebanadas para aplicar el equilibrio límite.....	54
Figura n.º 2.29. Fuerzas que actúan en una rebanada – Método de Fellenius.....	55
Figura n.º 2.30. Fuerzas actuantes en cada rebanada, Método de Bishop.....	56
Figura n.º 2.31. Valores de K recomendados para el análisis Pseudoestático.....	59
Figura n.º 2.32. Análisis pseudoestático de una falla curva.....	59
Figura n.º 2.33. Topografía actualizada (sección).....	62
Figura n.º 2.34. Diseño: Software Minesight.....	63
Figura n.º 2.35. Análisis estático falla Circular.....	63
Figura n.º 2.36. Análisis estático falla NO Circular.....	63
Figura n.º 2.37. Análisis pseudoestático falla Circular.....	63
Figura n.º 2.38. Análisis pseudoestático falla NO Circular.....	63
Figura n.º 2.39. Análisis estático falla Circular.....	65
Figura n.º 2.40. Análisis estático falla NO Circular.....	66
Figura n.º 2.41. Análisis pseudoestático falla Circular.....	66
Figura n.º 2.42. Análisis pseudoestático falla NO Circular.....	67
Figura N° 2.43. Cálculo de distancia horizontal.....	73
Figura n.º 2.23. Piezómetro de tipo Casagrande.....	74
Figura n.º 2.44. Monitoreo de deslizamientos utilizando inclinómetro y piezómetros.....	75
Figura n.º 2.25. Esquema de un inclinómetro.....	76
Figura n.º 2.45. Esquema del desplazamiento de un inclinómetro.....	76
Figura n.º 2.46. Plano Vista en planta Geología y Geotécnico.....	78

Figura n.º 2.47. Vista en Perfil Geología y Geotecnia (Botadero 100).....	79
Figura n.º 2.48. Plano de Instrumentación.....	80
Figura n.º 3.1. Hitos topográficos monitoreo anual (Ref.2.10.2).....	87
Figura n.º 3.2. Piezómetro monitoreo mensual (Ref.2.10.2.).....	87
Figura n.º 3.3. Numero de muestras de Calicatas.....	88
Figura n.º 3.4. Numero de Ensayos en campo (método reemplazo de agua.....	89
Figura n.º 3.5. Numero de muestras analizados - Laboratorio mecánica suelos.....	89
Figura n.º 3.6. Numero de ensayos de granulometría global.....	90
Figura n.º 3.6. Extracción de desmonte Mina – Superficie.....	91
Figura n.º 3.7. Diseño final del depósito de desmonte botadero 100.....	92
Figura n.º 3.8. Diseño de instrumentación, considerando el análisis de riesgo del botadero.....	93

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo el diseño y análisis de estabilidad del botadero 100 como parte de la ampliación.

La conformación del depósito de desmonte en la etapa de ampliación se realizará por banquetas que consisten en apilamiento y compactación que tendrá una altura de 25 metros con un talud de vertido de 1H: 1.60V metros que asegura la estabilidad física del depósito.

Los taludes son de mayor importancia en este trabajo, dado que su configuración vertical y horizontal son factores, que nos ayudaron a determinar el diseño y análisis final para la estabilidad del botadero en investigación.

El análisis de estabilidad se efectuó utilizando modelos de equilibrio límite y el método de Spencer con la ayuda del programa Slide V.6 de la familia de Rocscience.

Milpo es una empresa dedicada a la actividad minera, que a la fecha se encuentra operando la unidad de producción Cerro Lindo, obteniendo concentrados de zinc, plomo y cobre.

Cerro Lindo inició sus operaciones en junio del 2007 con una producción de 5000 tpd. Actualmente la producción de la planta concentradora es de 21,100 tpd.

A finales del año 2013 y comienzos del 2014, SVS realiza el diseño del depósito de desmontes botadero 100 a través de "Estudio de ingeniería básica y de detalle del Botadero 100"

En función a un plan anual de producción de desmontes, Milpo requiere de una desmontera que pueda cubrir un almacenamiento adicional mínimo 500,000 metros cúbicos de desmonte.

ABSTRACT

The objective of this research work is to design and analyze the stability of the dump 100 as part of the expansion.

The formation of the debris deposit in the expansion stage will be made by sidewalks consisting of stacking and compaction that will have a height of 25 meters with a slope of 1H discharge: 1.60V meters that ensures the physical stability of the deposit.

The slopes are of greater importance in this work, given that their vertical and horizontal configuration are factors that helped us determine the design and final analysis for the stability of the dump under investigation.

The stability analysis was carried out using limit equilibrium models and the Spencer method with the help of the Slide V.6 program of the Rocscience family.

Milpo is a company dedicated to the mining activity, which to date is operating the Cerro Lindo production unit, obtaining zinc, lead and copper concentrates.

Cerro Lindo started operations in June 2007 with a production of 5000 tpd. Currently the production of the concentrator plant is 21,100 tpd.

At the end of 2013 and beginning of 2014, SVS carries out the design of the waste dump 100 through "Basic and Detail Engineering Study of the 100 Dump"

According to an annual plan for the production of clearings, Milpo requires a dismantler that can cover an additional minimum storage of 500,000 cubic meters of waste.

Key words: Evaluation, expansion and deforestation deposit

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Compañía Minera MILPO S.A. es una empresa dedicada a la actividad minera, que a la fecha se encuentra operando en la Unidad Minera Cerro Lindo.

La unidad minera Cerro Lindo inicia sus operaciones en Junio del 2007 con una producción de 5,000 TM/día; con una ley de 4.5% Zinc, 0.6% Cu, 1.0 Oz Ag/T y 0.8% Pb. Actualmente la producción bordea los 21,100.0 TM/día, proyectándose para el año 2020, 22,000.0 TM/día. Genéticamente el yacimiento de Cerro Lindo es un depósito de sulfuros masivos volcanogénicos.

En la actualidad, el material desmonte de la explotación minera se viene almacenando en el depósito de desmonte Botadero 100, el cual por razones operativas, está llegando a alcanzar su máxima capacidad.

En este sentido se tiene la necesidad de ampliar, el depósito de desmonte botadero 100 es de tal manera que este cubra la capacidad de cumplir sus requerimientos operacionales hasta la construcción de la nueva desmontera Pahuaypite, que actualmente se encuentra en la etapa de construcción.

La capacidad de almacenamiento que se está ganando con el recrecimiento es de 500,000 m³ que corresponde al 20% de la capacidad de diseño inicial, a una producción diaria de 2,222 m³ el tiempo de vida adicional es de 7.0 meses. La geometría del talud final es de 1.6H:1V, con bermas intermedias de 3.0 y 6.0 m y altura máxima de banquetas de 25 m. El análisis numérico de estabilidad se efectuó utilizando modelos bidimensionales de equilibrio límite usando el programa Slide V6. Como resultado del análisis se puede indicar que el depósito de desmonte es estable para las secciones de análisis, si se considera un criterio de aceptabilidad de $F_s > 1.5$, el análisis pseudo estático indica que el depósito es estable si se considera un coeficiente horizontal máximo de 0.20g y un criterio de aceptabilidad $F_s > 1.0$. Se considera estable.

Antecedente:

La unidad geotécnica denominada basamento rocoso ha sido caracterizada por SRK en el año 2010 y corroborada en el año 2014, en base a la información de las investigaciones geotécnicas, incluyendo perforaciones diamantinas y ensayos geofísicos.

Finalmente, de acuerdo a la información histórica, se ha considerado mantener las siguientes características para la roca de la zona de fundación: 297 kPa de cohesión y 54° de ángulo de fricción para un peso unitario de 25 kN/m³.

Durante la realización del estudio, el desmonte de roca fue caracterizado con ensayos de campo in situ y ensayos de laboratorio. El material de desmonte de mina pasante la malla de 3" se clasifica como una grava pobremente graduada con limo (GP-GM) con 55% de gravas, 36% de arenas y 9% de finos. Además, presenta un límite líquido (LL) de 15 y un índice de plasticidad (IP) de 4.

Los ensayos de granulometría global realizados en el material de desmonte indican que en promedio, el desmonte de mina conformado en el depósito de desmonte 100 tiene un 2% de bloques, 24% de cantos, 41% de gravas, 26% de arenas y 7% de finos, además presenta un coeficiente de uniformidad (Cu) de 221 y un coeficiente de curvatura (Cc) de 1.8, resultados que evidencian la gran variedad de partículas que tiene el desmonte de mina.

Para estimar la densidad natural del desmonte de mina se realizaron ensayos de densidad en campo por el método del reemplazo con agua. La densidad seca natural promedio obtenida es de 2.10 g/cm³, valor con el cual se ha remoldeada la muestra representativa en el laboratorio para efectuar el ensayo triaxial CD. Es importante señalar que la densidad de diseño del proyecto del botadero en el 2015 fue de 2.45 g/cm³.

Los valores de ángulo de fricción obtenidos de los ensayos de corte directo a gran escala disminuyen conforme aumenta la presión de confinamiento, esto evidencia el comportamiento dilatante del desmonte de mina. Una alternativa para obtener parámetros de resistencia de los suelos granulares gruesos es usar la gráfica de Leps (1970) que permite obtener una recta en la cual el ángulo de fricción del material varía con la presión normal. Leps recopiló datos de la literatura de 100 ensayos triaxiales grandes en materiales de enrocado, y definió 3 bandas que se ajustan a la resistencia del suelo (baja, promedio y alta resistencia).

Figura n.º 1.1. Ubicación Compañía Minera Milpo S.A.A.



Fuente: Elaboración propia Año 2018

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo llegar a evaluar la ampliación del botadero 100 a fin de cumplir con la demanda de almacenamiento de desmonte resultante de la explotación de la mina Cerro Lindo 2019?

1.2.2. Problemas específicos

1.2.2.1. Problema Específico 1

¿Cuál es el estado actual del botadero 100 a fin de ser evaluado para su ampliación?

1.2.2.2. Problema Específico 2

¿Cuáles van a ser los riesgos de falla y desprendimiento del talud por la ampliación en el botadero?

1.2.2.3. Problema Específico 3

¿Cuál será el diseño del Talud por la ampliación del volumen en el depósito de desmonte?

1.2.2.4. Problema Específico 4

¿Cómo verificar y controlar la estabilidad de talud durante la etapa de construcción?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la ampliación del depósito de desmonte botadero 100 a fin de cumplir con la demanda de almacenamiento de desmonte en la mina Cerro Lindo.

1.3.2. Objetivos específicos

1.3.2.1. Objetivo específico 1

Determinar el estado actual del botadero 100 a fin de ser evaluado para su ampliación.

1.3.2.2. Objetivo específico 2

Determinar los riesgos de falla y desprendimientos del talud por la ampliación en el botadero 100.

1.3.2.3. Objetivo específico 3

Determinar el diseño del talud para la ampliación del botadero 100.

1.3.2.4. Objetivo específico 4

Determinar el tipo de instrumentación para verificar y controlar la estabilidad del botadero 100.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Al realizar la ampliación del botadero 100 de la mina Cerro Lindo los impactos se minimizan, por la no modificatoria de componentes del diseño inicial y llegar a cumplir con la demanda de almacenamiento de desmonte.

1.4.2. Hipótesis específica

1.4.2.1. Hipótesis específica 1

Con el levantamiento topográfico, estudios geotécnicos, monitoreo de instrumentación y análisis de datos del monitoreo se realiza una evaluación real.

1.4.2.2. Hipótesis específica 2

La estabilidad física del botadero 100 evita desplazamientos de materiales, producto de un factor de seguridad alto.

1.4.2.3. Hipótesis específica 3

El diseño y evaluación optima de los factores de seguridad garantizan la estabilidad del talud.

1.4.2.4. Hipótesis específica 4

La instrumentación geotécnica permite el control, desplazamiento, saturación y otros controles dentro de la estabilidad del talud.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación que se ha desarrollado es Analítico, ya que está orientado a la evaluación de la ampliación de la estabilidad de la desmontera del botadero 100, de la Unidad minera Cerro Lindo.

Investigación Analítica, en razón que los datos, son susceptibles de interpretación, por cada especialidad de la ingeniería antes de diseñar y analizar la ampliación del depósito de desmonte del botadero 100.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

Para el presente trabajo de investigación se ha desarrollado la evaluación de la ampliación del depósito de desmonte del botadero 100, en una de área 6.0 Ha. En la unidad minera Cerro lindo.

2.2.2. Muestra

Para la superficie señalada en la población, tendríamos una muestra 500,000 m³, de material estéril proveniente de la explotación de la mina.

2.3. Procedimiento

El procedimiento en el presente trabajo de investigación se basa en el orden de los objetivos específicos, como se detalla a continuación.

2.3.1. Procedimiento para el objetivo específico 1

Para determinar el estado actual del depósito de desmonte botadero 100 en condición actual, se ha evaluado las condiciones topográficas y geotécnicas del sitio donde se encuentra emplazado y las condiciones de los materiales que lo conforman.

- a. Actualización de la topografía del botadero 100.
- b. Análisis e interpretación de la base de datos Geotécnicos, Topográficos.

2.3.1.1. Marco teórico del objetivo específico 1

a. Topografía automatizada: Estación total

Se denomina estación total a un instrumento electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro, un microprocesador, un teodolito electrónico. Algunas de las características que incorpora son: calculadora, distanciómetro y la posibilidad de guardar información en formato electrónico, lo cual permite utilizarla posteriormente en ordenadores personales.

Vienen provistas de diversos programas sencillos que permiten, entre otras capacidades, el cálculo de coordenadas en campo, replanteo de puntos de manera sencilla y eficaz y cálculo de acimut y distancias.

Figura n.º 2.1. Estación Tación GTS 225



Fuente: Elaboracion propia (2018)

Levantamiento topográfico:

Los levantamientos topográficos se realizan con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra, de elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre. En un levantamiento topográfico se toman los datos necesarios para la representación gráfica o elaboración del mapa del área en estudio.

Existen herramientas necesarias para la representación gráfica o elaboración de los mapas topográficos, así como métodos y procedimientos utilizados en la representación de superficies.

Levantamiento y Representación de Superficies:

El método de campo a utilizar para el levantamiento y representación de superficies depende de múltiples factores entre los cuales se pueden mencionar:

- Área de estudio.
- Escala del mapa.
- Tipo de terreno.
- Equidistancia de las curvas de nivel.
- Características y tipo de proyecto a desarrollar.
- Equipo disponible.

b. Desmonte en Minería

Según Taylor y Greenwood (1981) afirma sobre la definición de desmontera en minería de la siguiente manera:

Las descripciones básicas de los botaderos de mina deberían proporcionar claramente información general en relación al tipo y configuración del botadero. Este tipo de información facilita la comunicación entre los profesionales de diseño y los entes reguladores. Adicionalmente, las descripciones básicas, por lo general, proporcionan conocimiento sobre el comportamiento general de los botaderos y se focalizan en las áreas problemáticas potenciales que podrían presentarse al inicio en el proceso de investigación y diseño. (o.87).

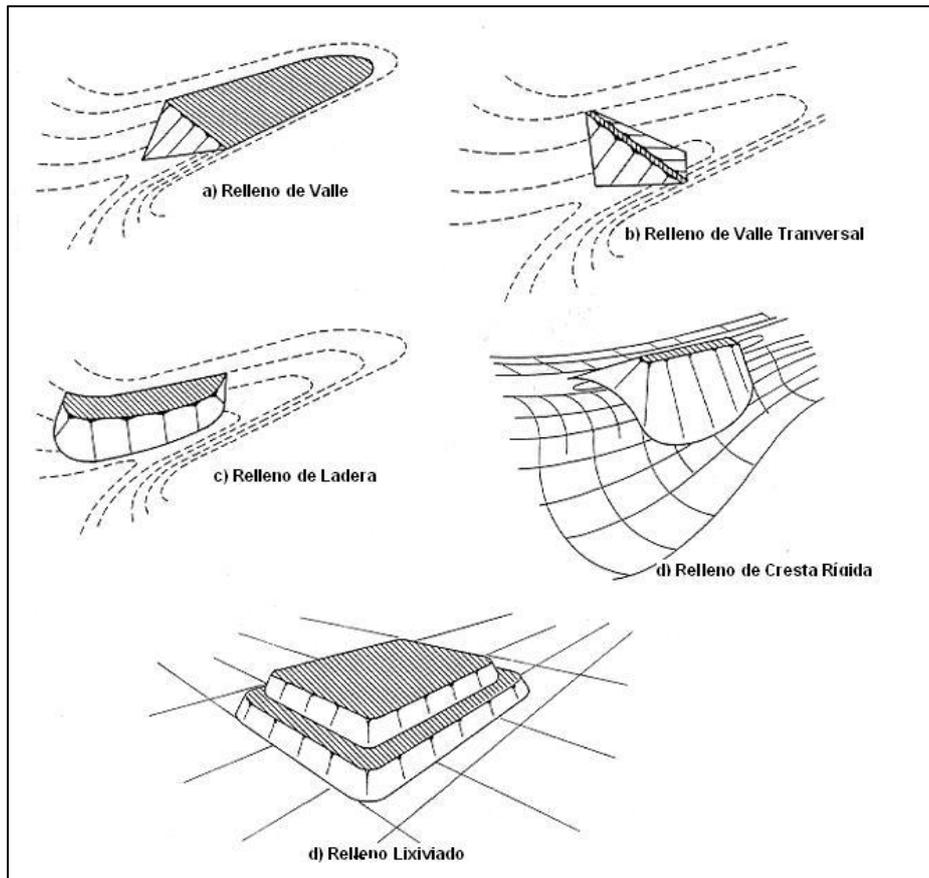
Según OSM et al (1989) informan sobre la clasificación de los botaderos así:

“En algunos tipos clásicos sobre la base de cimentación general y configuración de los botaderos. Los tipos de botaderos tradicionales basados en este enfoque”. Se describen brevemente en la siguiente Figura 1. Para mayores y detalladas descripciones, se deben consultar las referencias antes establecidas. Además del tipo de botadero clásico, la descripción básica debería incluir también algunas referencias de la forma y tamaño del talud o del volumen del botadero. ¿El botadero está compuesto de un talud en ángulo de reposo o está el talud ladeado o escalonado?

Las descripciones básicas deben ser concisas y complementar, no reemplazar, procedimientos de clasificación semicuantitativos, tal como los que se describen a continuación.

El botadero 100 es considerado como un relleno en valle se desarrolla mediante plataformas de 10 a 25 m de altura con un talud inter rampa de 30°, la altura total del botadero es de 166 m. (p.122).

Figura n.º 2.2. Esquema de clasificación de Botadero en Minería



Fuente: OSM et al (1989)

- Relleno de Valle

Tal como se ilustra en la Figura 1a (arriba a la izquierda), los rellenos de valle llenan el valle parcial o totalmente. La superficie del botadero, por lo general, es escalonada para prevenir el almacenamiento de agua en la parte superior del valle. Los rellenos de valle que no llenan totalmente el valle pueden requerir la construcción de alcantarillas, canales de drenaje o desviaciones, dependiendo del tamaño y de las características de la captación río arriba. Los rellenos de valle que llenan totalmente el valle, algunas veces, se refieren a rellenos "Head-of-Hollow", los cuales son comunes en los campos de carbón de la parte sudeste de los Estados Unidos de América y, generalmente, incorporan chimeneas de drenaje para la recolección y conducción de filtraciones y escorrentía.

- Relleno de Valle Transversal

El relleno de valle transversal es una variación del relleno de Valle. Tal como lo muestra la Figura 1b (arriba a la derecha), el embanque se extiende desde un lado del valle, a lo largo del drenaje, hacia el otro lado del valle. La parte del valle río arriba no se encuentra completamente llena y los taludes de relleno se establecen tanto río arriba como río abajo. Para evitar el almacenamiento de agua, el relleno de valle transversal, por lo general, requiere de provisiones específicas para conducir el agua hacia o alrededor del relleno (por ejemplo, las desviaciones y/o alcantarillas o canales de drenaje).

- **Rellenos a Media Ladera**

Los rellenos a media ladera son construidos en una ladera y no bloquean ningún curso de drenaje mayor tal como lo muestra la Figura 1c (arriba a la derecha). Las laderas de los botaderos, usualmente, se inclinan en la misma dirección general de la cimentación. Las bases de los rellenos a media ladera pueden ubicarse en la ladera o en el terreno plano en la parte inferior del valle.

- **Rellenos de Cresta de Loma**

Los rellenos de Cresta de Loma son casos especiales de rellenos a media ladera, donde los taludes de relleno están formados por ambos lados por la línea de loma o cresta. La Figura 1 (arriba a la derecha) ilustra el tipo de relleno de Cresta de Loma.

- **Rellenos Apilados**

Los rellenos apilados que aparecen en la Figura 1e (arriba a la derecha) y llamados Área, rellenos Entongados o Apilados, comprenden montículos de desechos con taludes formados por todos lados. Los taludes de cimentación son generalmente planos o ligeramente inclinados.

- **Otros Rellenos**

También pueden existir otros tipos de rellenos o rellenos para propósitos específicos, que no se pueden describir utilizando uno de los tipos antes mencionados, o rellenos que incorporan más de un tipo básico (por ejemplo, rellenos combinados). En dichos casos, las descripciones como mina rellenada o relleno de mina, relleno de caminos u otros términos similares (por ejemplo, Relleno de Ladera/Relleno de Valle, Relleno de Ladera/Relleno de Valle Transversal) pueden ser más apropiados. (OSM.1989, p 157)

Figura n.º 2.3. Depósito de desmontera botadero 100 mina Cerro Lindo



Fuente: Elaboración propia Año (2018)

2.3.1.2. Desarrollo del procedimiento para el objetivo específico 1

a. Actualización de la Topografía del Botadero 100

El levantamiento topográfico se ha efectuado en la zona antes indicada, sobre un área estimada de seis hectáreas, realizándose trabajos de instalación de puntos de control auxiliar, considerando los parámetros definidos para el sistema de coordenadas WGS 84, proyección UTM Zona 18 Sur.

El procedimiento de trabajo tiene como objetivo establecer y especificar en forma clara y precisa la metodología que se empleó para la planificación, organización, ejecución y control de la disciplina de Topografía, a fin de prever, controlar y eliminar las acciones y/o condiciones subestándares durante su ejecución, los mismos que fueron ajustados a los siguientes aspectos:

- **Planeamiento**
 - Verificación del perímetro y evaluación del área específica de trabajo (área de trabajo)
 - Sistema de coordenadas WGS 84, para correlación con trabajos anteriores
 - Localización de puntos topográficos existentes como son los puntos Janet y Katy.
 - Método de trabajo topográfico fue por radiación a partir de los puntos de apoyo enlazados al área de trabajo.
 - Relleno y densidad de puntos de acuerdo a las especificaciones técnicas, la cual representa el relieve del terreno.
- **Toma de datos:**
 - Obtención de datos en su ubicación, posición, tamaño y profundidad de investigación.
 - Medición automática con bastones y prismas (barras métricas).
 - Tratamiento y recalcado de datos.
- **Metodología de Trabajo:**

La metodología empleada para evaluación de las condiciones, toma de datos y para trabajos topográficos se basa generalmente, de acuerdo a la necesidad y requerimientos del objetivo del trabajo. En tal sentido se han considerado para los trabajos topográficos tres fases o etapas:

Primera fase: Consistió en la planificación, evaluación y reconocimiento de campo. Estableciéndose una secuencia de procedimientos a seguir desde la recopilación de la información existente, materiales y recursos a utilizarse, definiéndose el principal objetivo y los alcances del trabajo que satisfagan los requerimientos del proyecto.

Segunda fase: Consistió en los trabajos que se ejecutaron en campo de acuerdo a los procedimientos mencionados anteriormente. Esta fase permitirá cumplir con los objetivos de la fase anterior, siendo de vital importancia.

Tercera fase: Comprende el procesamiento y cálculos de los datos obtenidos en campo mediante el equipo topográfico y procedimientos matemáticos, para finalmente expresar e

interpretar los resultados mediante un plano gráfico editable. Con los datos de campo se recalcularon y reinterpretaron los planos efectos de observación.

- **Soporte Técnico:**

Para la ejecución del presente trabajo se contó con la participación de personal profesional calificado, así como de personal de apoyo con conocimiento y experiencia de este tipo de labores.

- **Personal de Campo**

- 01 Ingeniero Supervisor
- 01 Topógrafo
- 03 Ayudantes de topografía
- 01 chofer

- **Equipos utilizados**

- 01 Estación Total marca TOPCON
- 01 Camioneta
- 01 GPS Navegador Garmin.
- 01 Cámara fotográfica digital
- 01 Computadora portátil (laptop)
- 02 cintas métricas de 5 m de longitud
- Elementos de seguridad (uniformes, conos, etc.) Útiles de escritorio (tableros, libretas de campo, lápices, etc.)

- **Localización de puntos base (BMs).**

Los puntos BMs. fueron proporcionados por Milpo. A partir de los mismos se llevaron hasta los puntos auxiliares y se empezaron a ejecutar los trabajos de topografía.

Estos puntos BMs. se encuentran en el sistema UTM WGS 84; su descripción se incluye en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla n.º 2.1. Ubicación de Puntos BMs

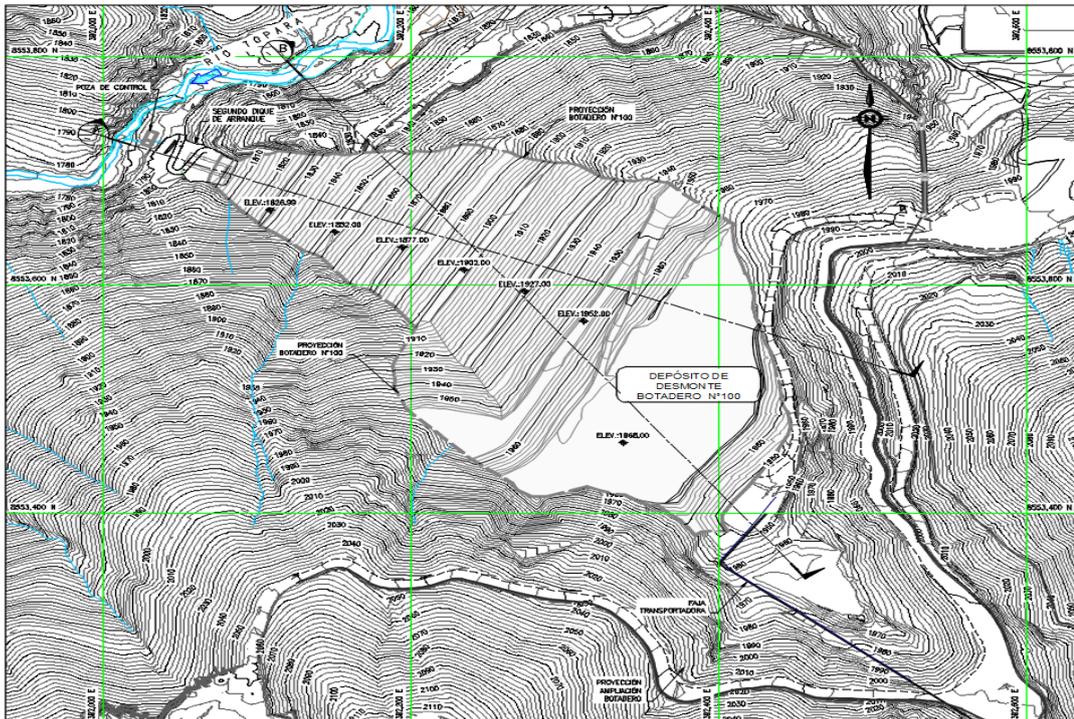
PUNTO	SISTEMA DE COORDENADAS UTM WGS-84		
	ESTE	NORTE	COTA (msnm)
JANET	392,561.997	8'553,605.699	2020.258
KATY	392,291.360	8'554,066.147	1881.088

- **Trabajos de Gabinete:**

Se consideró como trabajos de gabinete, a la fase del recalcu, revisión y tratamiento de la información y datos obtenidos en campo, posteriormente se procedió a generar planos en el sistema de referencia y archivos editables, de los levantamientos topográficos.

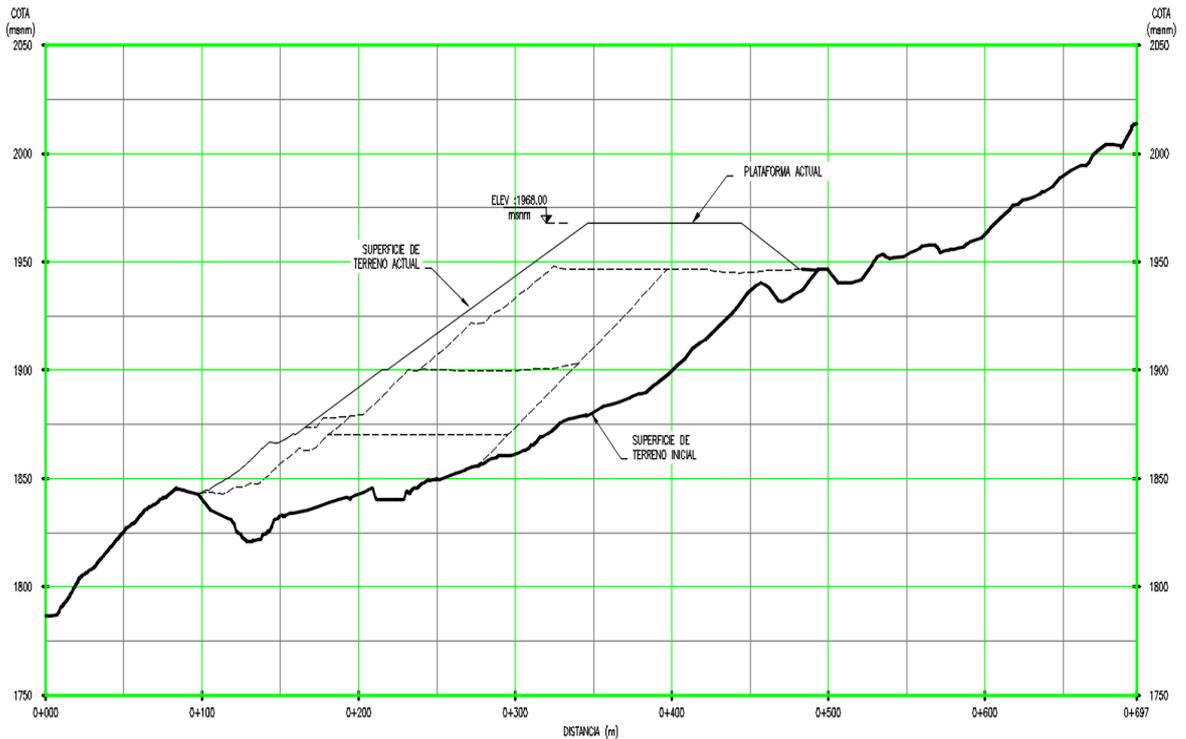
- Transferencias de datos desde la estación total a una planilla de hoja de cálculos.
- Procesamiento de los datos de campo en el software AutoCAD Civil 3D.
- Edición y desplazamiento de puntos de campo, georreferenciándose en las mismas coordenadas.
- Definición de escalas de dibujo, escala usada fue 1:1000.
- Obtención de planos del terreno plasmadas en curvas de nivel de 1.00 metro para curvas secundarias y 5 metros para curvas mayores.

Figura n.º 2.4. Plano topográfico actualizado 2019



Fuente: Elaboración propia Año (2018)

Figura n.º 2.5. Sección Longitudinal actual del Depósito de Desmontes 100



Fuente: Elaboración propia Año (2018)

b. Interpretación de los Datos Geotécnicos y topográficos

De acuerdo con el plano de instrumentación geotécnica proporcionado por Milpo, se tiene instalados los siguientes instrumentos de monitoreo geotécnico:

- Dos (2) Piezómetros de cuerda vibrante. Uno ubicado en la cresta del dique de arranque cota 1802 msnm (PZ-1); y otro ubicado adyacente a la primera berma intermedia (PZ-1 17 – Inoperativo y sin datos).
- Cinco (5) Hitos Topográficos. Dos ubicados en la cresta del dique de arranque cota 1802 msnm (HT-1 y HT-2); uno ubicado en la berma de cota 1852 msnm (HT-12); y dos ubicados en la berma de cota 1902 msnm (HT-10 y HT-11)

Tabla n.º 2.2. Ubicación de hitos topográficos y piezómetros

Tipo	Característica	Coordenada UTM WGS 84-18S		COTA (msnm)
		ESTE	NORTE	
Hito topográfico	HT-1	392,064.203	8'553,696.800	1802.14
Hito topográfico	HT-2	392,069.754	8'553,710.734	1802.13
Hito topográfico	HT-10	392,226.119	8'553,599.997	1902.00
Hito topográfico	HT-11	392,257.978	8'553,654.812	1902.00
Hito topográfico	HT-12	392,160.875	8'553,665.876	1852.00
Piezómetro cuerda vibrante	PZ-1	392,068.404	8'553,702.766	1802.00
Piezómetro cuerda vibrante	PZ-1 17	392,132.106	8'553,693.938	1830.57

Fuente: Milpo, Diciembre (2018)

Tabla n.º 2.3. Base de datos de monitoreo de hitos topográficos

	MONITOREO DE HITOS TOPOGRAFICOS DEPOSITO DE DESMONTE - BOTADERO N°100
---	--

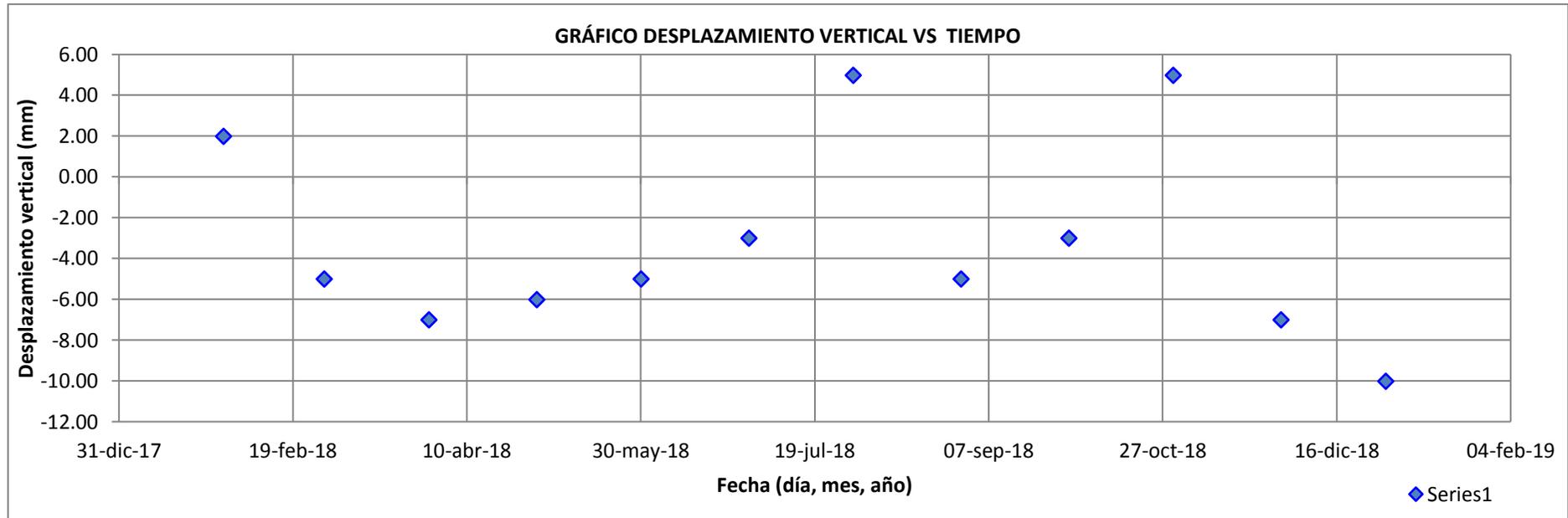
A:	Ing. Miguel Paucar B.	Superintendente de Servicios Técnicos	Periodo:	DICIEMBRE 2018
De:	Fidel Veliz P.	Jefe de Topografía	Equipo topográfico:	GPS TRIMBLE R6

PUNTOS TOPOGRAFICOS	COORDENADAS			FECHA	OBSERVACION
	N	E	ELEV		
BT 01	8553716.914	392258.173	1882.918		Coordenadas UTM WGS 84 - 18S
BT 02	8553571.885	392191.6294	1895.6186		Coordenadas UTM WGS 84 - 18S

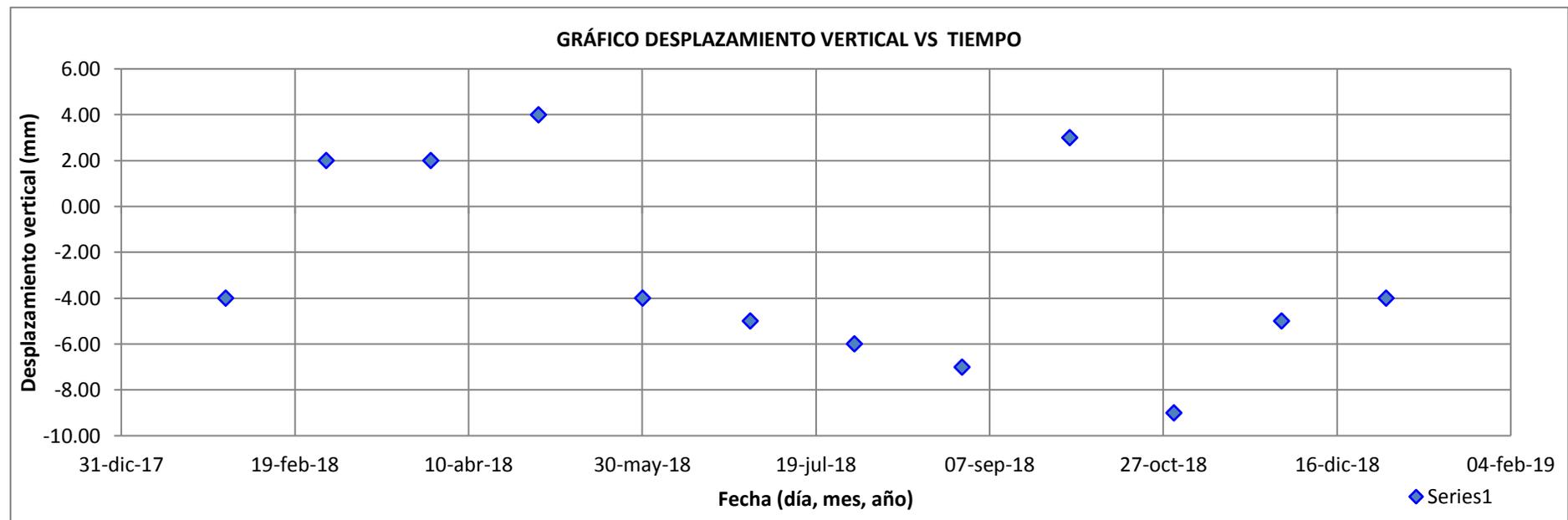
Nuevo Punto Base
Nuevo Punto Base

Puntos	Fecha	Coordenadas PCs			Variación de componentes en (mm.)			Desplazamiento (mm.)		Velocidad (mm/día)	Rumbo (grados)	Declinación (grados)	Detalle Ubicación Punto
		Norte	Este	Cota	Norte	Este	cota	Horizontal	Total				
HT-1	10-mar-16	392064.203	8553696.800	1802.140									Dique de Arranque
HT-1	01-ene-18	392064.207	8553696.804	1802.142	4	4	2	6	6	0.009	46	20	Dique de Arranque
HT-1	01-feb-18	392064.206	8553696.802	1802.135	3	2	-5	4	6	0.009	35	-55	Dique de Arranque
HT-1	01-mar-18	392064.208	8553696.794	1802.133	5	-6	-7	8	10	0.014	-51	-42	Dique de Arranque
HT-1	01-abr-18	392064.205	8553696.805	1802.134	2	5	-6	5	8	0.011	69	-48	Dique de Arranque
HT-1	01-may-18	392064.209	8553696.807	1802.135	6	7	-5	9	10	0.013	50	-29	Dique de Arranque
HT-1	01-jun-18	392064.206	8553696.805	1802.137	3	5	-3	6	7	0.008	60	-27	Dique de Arranque
HT-1	01-jul-18	392064.207	8553696.806	1802.145	4	6	5	7	9	0.010	57	35	Dique de Arranque
HT-1	01-ago-18	392064.209	8553696.807	1802.135	6	7	-5	9	10	0.012	50	-29	Dique de Arranque
HT-1	01-sep-18	392064.207	8553696.806	1802.137	4	6	-3	7	8	0.009	57	-23	Dique de Arranque
HT-1	01-oct-18	392064.208	8553696.803	1802.145	5	3	5	6	8	0.008	31	41	Dique de Arranque
HT-1	01-nov-18	392064.207	8553696.790	1802.133	4	-10	-7	11	13	0.013	-69	-33	Dique de Arranque
HT-1	01-dic-18	392064.206	8553696.795	1802.130	3	-5	-10	6	12	0.012	-60	-60	Dique de Arranque

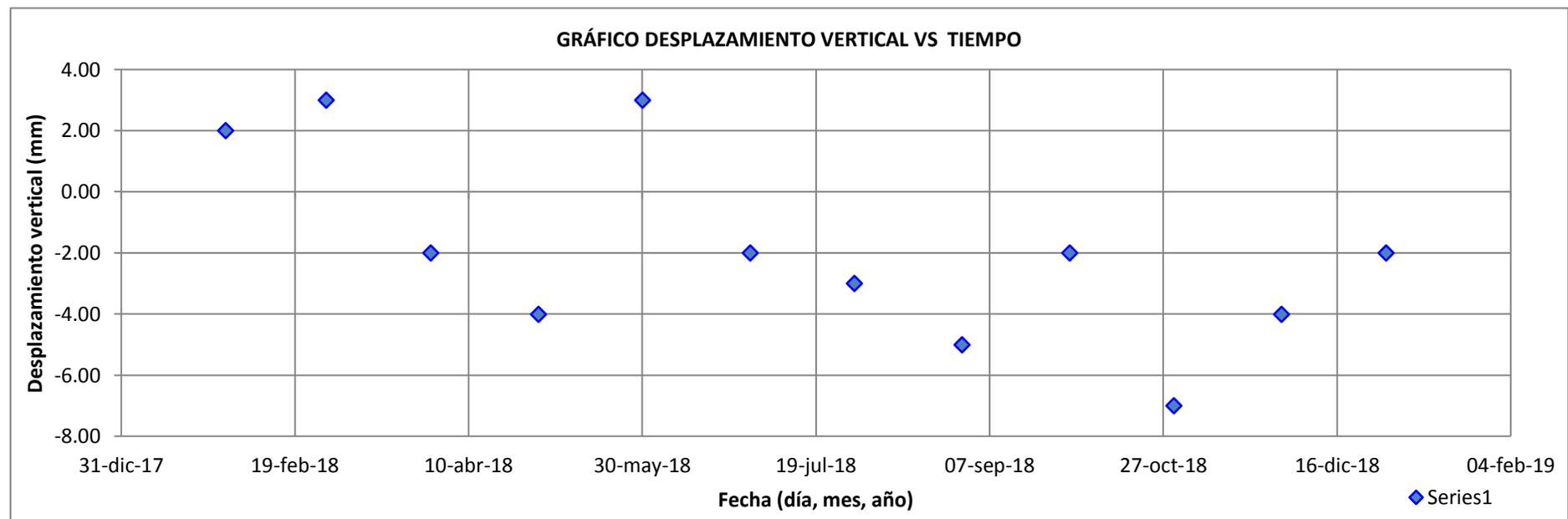
0.011



Puntos	Fecha	Coordenadas PCs			Variación de componentes en (mm.)			Desplazamiento (mm.)		Velocidad (mm/día)	Rumbo (grados)	Declinación (grados)	Detalle
		Norte	Este	Cota	Norte	Este	cota	Horizontal	Total				
HT-2	10-mar-16	392069.754	8553710.734	1802.132									Ubicación Punto
HT-2	01-ene-18	392069.759	8553710.732	1802.128	5	-2	-4	5	7	0.010	-22	-37	Dique de Arranque
HT-2	01-feb-18	392069.759	8553710.725	1802.134	5	-9	2	10	10	0.015	-61	11	Dique de Arranque
HT-2	01-mar-18	392069.763	8553710.739	1802.134	9	5	2	10	10	0.015	29	11	Dique de Arranque
HT-2	01-abr-18	392069.750	8553710.725	1802.136	-4	-9	4	10	11	0.014	66	22	Dique de Arranque
HT-2	01-may-18	392069.758	8553710.732	1802.128	4	-2	-4	4	6	0.008	-27	-42	Dique de Arranque
HT-2	01-jun-18	392069.745	8553710.723	1802.127	-9	-11	-5	14	15	0.019	51	-19	Dique de Arranque
HT-2	01-jul-18	392069.757	8553710.730	1802.126	3	-4	-6	5	8	0.009	-53	-50	Dique de Arranque
HT-2	01-ago-18	392069.765	8553710.736	1802.125	11	2	-7	11	13	0.015	10	-32	Dique de Arranque
HT-2	01-sep-18	392069.747	8553710.730	1802.135	-7	-4	3	8	9	0.010	30	20	Dique de Arranque
HT-2	01-oct-18	392069.759	8553710.731	1802.123	5	-3	-9	6	11	0.011	-31	-57	Dique de Arranque
HT-2	01-nov-18	392069.757	8553710.729	1802.127	3	-5	-5	6	8	0.008	-59	-41	Dique de Arranque
HT-2	01-dic-18	392069.740	8553710.727	1802.128	-14	-7	-4	16	16	0.016	27	-14	Dique de Arranque
					2.450	-1.042				0.012			



Puntos	Fecha	Coordenadas PCs			Variación de componentes en (mm.)			Desplazamiento (mm.)		Velocidad (mm/día)	Rumbo (grados)	Declinación (grados)	Detalle Ubicación Punto
		Norte	Este	Cota	Norte	Este	cota	Horizontal	Total				
HT-10	30-sep-16	392226.160	8553600.013	1901.450									Banqueta / 1902
HT-10	01-ene-18	392226.162	8553600.010	1901.452	2	-3	2	4	4	0.009	-56	29	Banqueta / 1902
HT-10	01-feb-18	392226.153	8553600.011	1901.453	-7	-2	3	7	8	0.016	16	22	Banqueta / 1902
HT-10	01-mar-18	392226.150	8553600.015	1901.448	-10	2	-2	10	10	0.020	-11	-11	Banqueta / 1902
HT-10	01-abr-18	392226.153	8553600.009	1901.446	-7	-4	-4	8	9	0.016	30	-26	Banqueta / 1902
HT-10	01-may-18	392226.150	8553600.008	1901.453	-10	-5	3	11	12	0.020	27	15	Banqueta / 1902
HT-10	01-jun-18	392226.165	8553600.017	1901.448	5	4	-2	6	7	0.011	39	-17	Banqueta / 1902
HT-10	01-jul-18	392226.164	8553600.019	1901.447	4	6	-3	7	8	0.012	56	-23	Banqueta / 1902
HT-10	01-ago-18	392226.157	8553600.019	1901.445	-3	6	-5	7	8	0.012	-63	-37	Banqueta / 1902
HT-10	01-sep-18	392226.155	8553600.016	1901.448	-5	3	-2	6	6	0.009	-31	-19	Banqueta / 1902
HT-10	01-oct-18	392226.152	8553600.017	1901.443	-8	4	-7	9	11	0.016	-27	-38	Banqueta / 1902
HT-10	01-nov-18	392226.163	8553600.010	1901.446	3	-3	-4	4	6	0.008	-45	-43	Banqueta / 1902
HT-10	01-dic-18	392226.164	8553600.009	1901.448	4	-4	-2	6	6	0.008	-45	-19	Banqueta / 1902

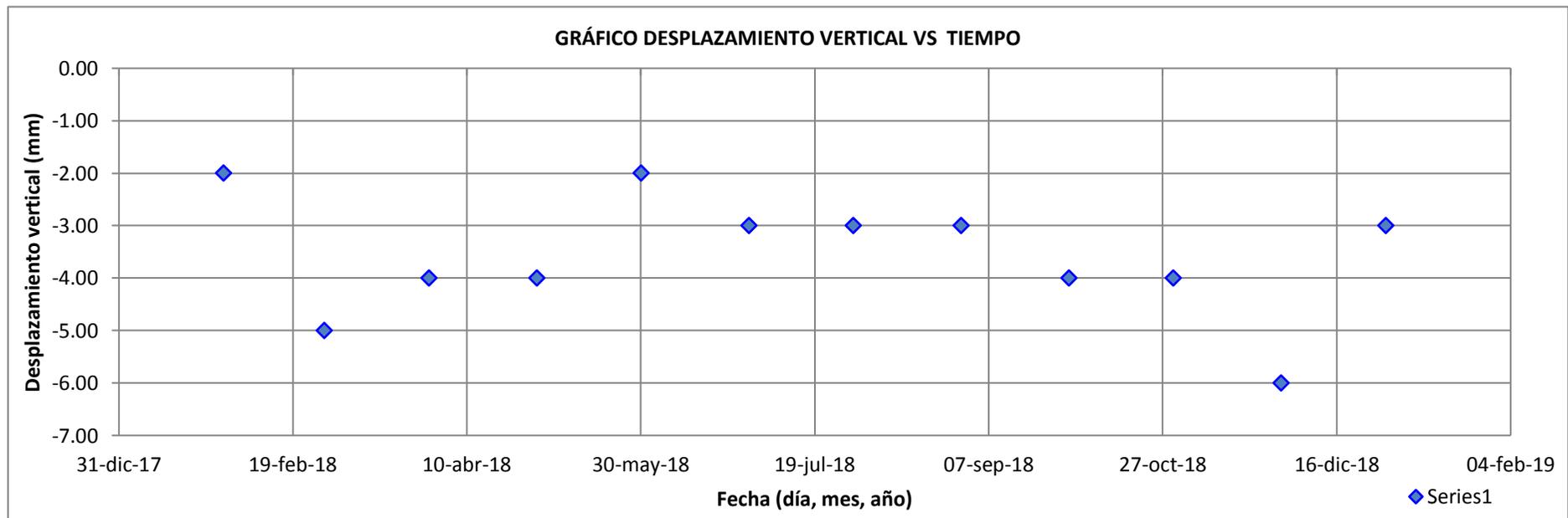


Puntos	Fecha	Coordenadas PCs			Variación de componentes en (mm.)			Desplazamiento (mm.)		Velocidad (mm/día)	Rumbo (grados)	Declinación (grados)	Detalle Ubicación Punto
		Norte	Este	Cota	Norte	Este	cota	Horizontal	Total				
HT-11	30-sep-16	392257.943	8553654.793	1902.328									Banqueta / 1902
HT-11	01-ene-18	392257.941	8553654.797	1902.326	-2	4	-2	4	5	0.011	-63	-24	Banqueta / 1902
HT-11	01-feb-18	392257.932	8553654.790	1902.323	-11	-3	-5	11	12	0.025	15	-24	Banqueta / 1902
HT-11	01-mar-18	392257.949	8553654.785	1902.324	6	-8	-4	10	11	0.021	-53	-22	Banqueta / 1902
HT-11	01-abr-18	392257.935	8553654.790	1902.324	-8	-3	-4	9	9	0.017	21	-25	Banqueta / 1902
HT-11	01-may-18	392257.935	8553654.797	1902.326	-8	4	-2	9	9	0.016	-27	-13	Banqueta / 1902
HT-11	01-jun-18	392257.949	8553654.785	1902.325	6	-8	-3	10	10	0.017	-53	-17	Banqueta / 1902
HT-11	01-jul-18	392257.940	8553654.782	1902.325	-3	-11	-3	11	12	0.018	75	-15	Banqueta / 1902
HT-11	01-ago-18	392257.937	8553654.797	1902.325	-6	4	-3	7	8	0.012	-34	-23	Banqueta / 1902
HT-11	01-sep-18	392257.947	8553654.787	1902.324	4	-6	-4	7	8	0.012	-56	-29	Banqueta / 1902
HT-11	01-oct-18	392257.932	8553654.788	1902.324	-11	-5	-4	12	13	0.017	24	-18	Banqueta / 1902
HT-11	01-nov-18	392257.947	8553654.783	1902.322	4	-10	-6	11	12	0.016	-68	-29	Banqueta / 1902
HT-11	01-dic-18	392257.945	8553654.789	1902.325	2	-4	-3	4	5	0.007	-63	-34	Banqueta / 1902

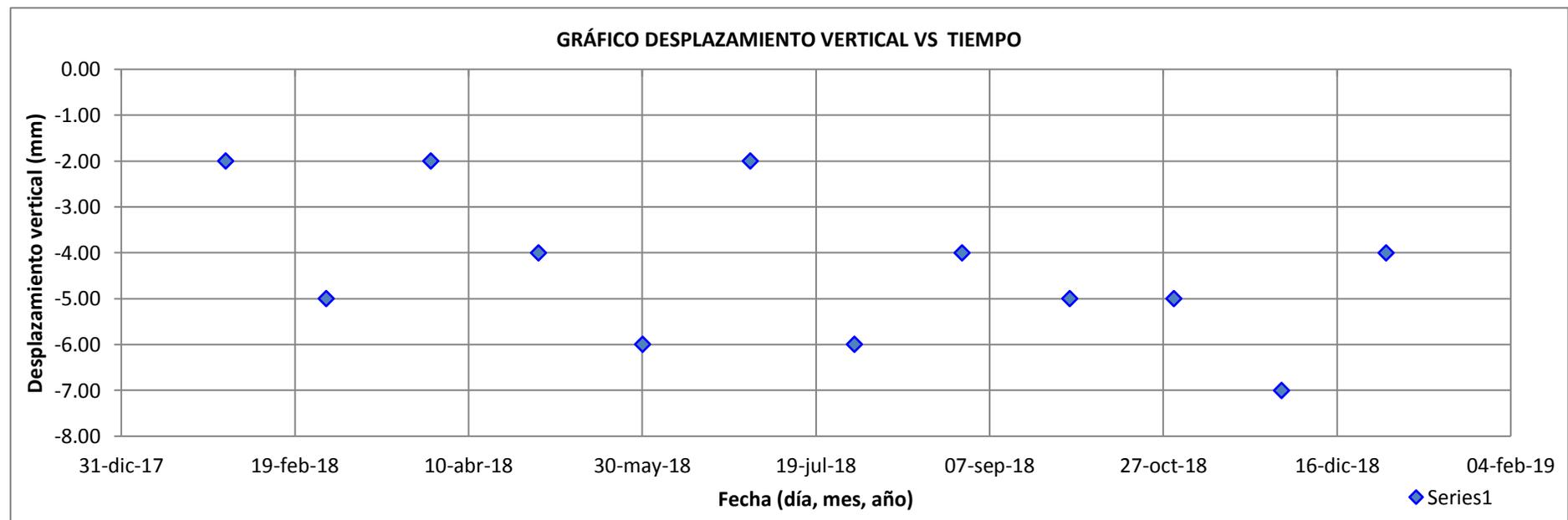
-2.833

2.583

0.015



Puntos	Fecha	Coordenadas PCs			Variación de componentes en (mm.)			Desplazamiento (mm.)		Velocidad (mm/día)	Rumbo (grados)	Declinación (grados)	Detalle Ubicación Punto
		Norte	Este	Cota	Norte	Este	cota	Horizontal	Total				
HT-12	30-ago-16	392160.838	8553665.850	1851.740									Banqueta / 1852
HT-12	01-ene-18	392160.835	8553665.854	1851.738	-3	4	-2	5	5	0.011	-53	-22	Banqueta / 1852
HT-12	01-feb-18	392160.845	8553665.840	1851.735	7	-10	-5	12	13	0.025	-55	-22	Banqueta / 1852
HT-12	01-mar-18	392160.836	8553665.848	1851.738	-2	-2	-2	3	3	0.006	45	-35	Banqueta / 1852
HT-12	01-abr-18	392160.827	8553665.857	1851.736	-11	7	-4	13	14	0.024	-32	-17	Banqueta / 1852
HT-12	01-may-18	392160.843	8553665.854	1851.734	5	4	-6	6	9	0.014	39	-43	Banqueta / 1852
HT-12	01-jun-18	392160.830	8553665.846	1851.738	-8	-4	-2	9	9	0.014	27	-13	Banqueta / 1852
HT-12	01-jul-18	392160.841	8553665.847	1851.734	3	-3	-6	4	7	0.011	-45	-55	Banqueta / 1852
HT-12	01-ago-18	392160.825	8553665.859	1851.736	-13	9	-4	16	16	0.023	-35	-14	Banqueta / 1852
HT-12	01-sep-18	392160.833	8553665.855	1851.735	-5	5	-5	7	9	0.012	-45	-35	Banqueta / 1852
HT-12	01-oct-18	392160.842	8553665.861	1851.735	4	11	-5	12	13	0.017	70	-23	Banqueta / 1852
HT-12	01-nov-18	392160.832	8553665.854	1851.733	-6	4	-7	7	10	0.013	-34	-44	Banqueta / 1852
HT-12	01-dic-18	392160.833	8553665.856	1851.736	-5	6	-4	8	9	0.011	-50	-27	Banqueta / 1852
					-2.833	2.583				0.015			



Fuente: Milpo Año (2018)

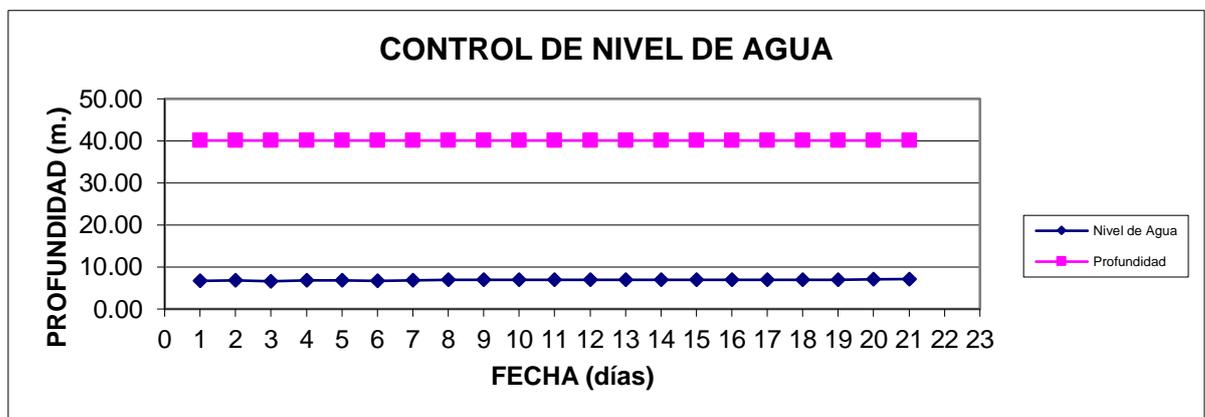
Tabla n.º 2.4. Ubicación y profundidad del piezómetro

Punto	Descripción	Cuadro de coordenadas			Profundidad	Instrumento
		Norte	Este	Cota (msnm)		
1	PZC-1	8553702.76	392068.40	1802	40.1 m.	Piezómetro de cuerda vibrante

Tabla n.º 2.5. Base de datos mmonitoreo de piezómetro

	CONTROL DE NIVEL DE AGUA	
	SONDEO PZC-1	
PROYECTO: BOTADERO 100		
CLIENTE: COMPAÑÍA MINERA MILPO S.A.A. - U.M. CERRO LINDO		
FECHA: Diciembre del 2018		HOJA: 1 DE 1
NIVEL FREATICO:		

Nº	FECHA	HORA	TURNO	NIVEL DE AGUA (m)	PROFUNDIDAD (m)	OBSERV.
11	01/04/2017	19:10	A	6.65	40.10	Piezom. y dado de 0.20 m alto
12	01/05/2017	20:30	A	6.80	40.10	Piezom. y dado de 0.20 m alto
13	01/06/2017	6:20	A	6.60	40.10	Con Piezómetro
14	01/07/2017	8:10	A	6.85	40.10	Con Piezómetro
15	01/08/2017	18:20	A	6.80	40.10	Con Piezómetro
16	01/09/2017	14:00	A	6.65	40.10	Con Piezómetro
17	01/10/2017	18:00	A	6.80	40.10	Con Piezómetro
18	01/11/2017	7:30	A	6.92	40.10	Con Piezómetro
19	01/12/2017	7:30	A	6.94	40.10	Con Piezómetro
20	01/01/2018	7:30	A	6.97	40.10	Con Piezómetro
21	01/02/2018	10:00	A	6.97	40.10	Con Piezómetro
22	01/03/2018	14:00	A	6.97	40.10	Con Piezómetro
23	01/04/2018	10:00	A	6.97	40.10	Con Piezómetro
24	01/05/2018	16:00	A	7.00	40.10	Con Piezómetro
25	01/06/2018	10:00	A	6.97	40.10	Con Piezómetro
26	01/07/2018	10:30	A	6.97	40.10	Con Piezómetro
27	01/08/2018	16:30	A	6.97	40.10	Con Piezómetro
28	01/09/2018	9:40	A	6.96	40.10	Con Piezómetro
29	01/10/2018	8:40	A	6.97	40.10	Con Piezómetro
30	01/11/2018	8:15	A	7.07	40.10	Con Piezómetro
31	01/12/2018	8:15	A	7.13	40.10	Con Piezómetro



Fuente: Milpo Año (2018)

El depósito de desmonte “Botadero 100”, tiene instalado un sistema de hitos topográficos para el control y vigilancia de los movimientos (desplazamientos) superficiales. Este sistema consta de 05 hitos topográficos ubicados en el cuerpo del depósito, de los cuales dos se sitúan al pie del depósito en la poza de agua y los otros 03 en el talud del depósito. Los registros de las lecturas del sistema de auscultación del depósito datan desde marzo del año 2016, la frecuencia de lectura es mensual desde enero 2018 a diciembre del 2018.

Los registros muestran que los hitos situados en el pie del depósito han tenido una evolución progresiva oscilatoria con desplazamiento vertical negativo de hasta 10 mm, que muestra una tendencia, aunque lenta y poco significativa, de asentamiento del hito; el desplazamiento horizontal y su dirección por el contrario muestra una oscilación errática que no permite definir la tendencia del movimiento ni su magnitud, por lo que ello podría significar que el desplazamiento en horizontal es despreciable. Los hitos del talud muestran un desplazamiento oscilante tanto en horizontal como en vertical con magnitudes despreciables lo que indicaría que los hitos están casi-estables en el corto plazo. Estos resultados indican que los desplazamientos superficiales registrados en el depósito son insignificantes.

- **Análisis de la base de datos geotécnicos:**

Actualmente la desmontera cuenta con 01 piezómetros que se encuentra ubicado en el dique de arranque, para monitorear la saturación de agua y el nivel freático.

Según la interpretación de la base datos del monitoreo del piezómetro, se llega a la conclusión que el nivel freático se mantiene en un promedio de 6.90 metros de altura de una profundidad de 40.10 metros del piezómetro en la época de verano, teniendo una tendencia variable en los meses de invierno.

ASTM D 6230-98, “Standard Test Method for Monitoring Ground Movement Using Probe Type Inclinedometers”.

2.3.2. Procedimiento para el objetivo específico 2

Para determinar los riesgos de falla y desprendimiento de talud de la ampliación del botadero 100, se toma las siguientes consideraciones:

- a. Caracterizar los materiales para el modelo geotécnico
 - Perfil estratigráfico, Densidad, ángulo de fricción, Cohesión
- b. Determinar las propiedades de resistencia de los materiales
 - Ensayos y Medición: Peligro Sísmico, Coeficiente sísmico, Excavaciones manuales (Calicatas), Ensayos de Densidad Insitu, Prospección geotécnica, Perforación diamantina, Ensayos de laboratorio según norma que usadas.
 - ASTM D-422 Análisis de granulometría por tamizado
 - ASTM D-4318 Límites de Atterberg

- ASTM D-2216 Contenido de humedad
- ASTM C-136 Ensayos de granulometría global
- ASTM D-1557 Ensayos de Proctor modificado
- ASTM D-5030 Método reemplazo con agua.
- ASTM D3080-04 Ensayo de Corte directo
- ASTM D-2487 Clasificación de suelos SUCS
- ASTM D-2216 Contenido de humedad
- NTP 400.012 Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global
- NTP D-420 Calicatas y trincheras (De 0.09g a 0.20g) Guía Ambiental para la Estabilidad de taludes de Depósitos de Residuos Sólidos Provenientes de Actividades Mineras del MEM.

2.3.2.1. Marco teórico del objetivo específico 2

a. Taludes

Se denomina talud a cualquier superficie inclinada, de un macizo rocoso o suelo, que forme un ángulo con la horizontal. Los taludes pueden ser clasificados en taludes naturales, que básicamente son las pendientes naturales, y en taludes contruidos que pueden ser los terraplenes o los cortes de terreno (Gerscovich, 2013).

b. Taludes contruidos

Los taludes contruidos resultan de la intervención del hombre en la ejecución de cortes, excavaciones y construcción de terraplenes. Los cortes deben de ser realizados con la altura e inclinación adecuada con el objetivo de garantizar la estabilidad del proyecto, para ello se debe conocer las propiedades Geomecánica de los materiales y de las condiciones de flujo de agua. Este tipo de taludes están presentes en obras viarias, presas, minas entre otras. A manera de identificar la condición más desfavorable los análisis de estabilidad deberán de ejecutarse en distintas fases de los proyectos.

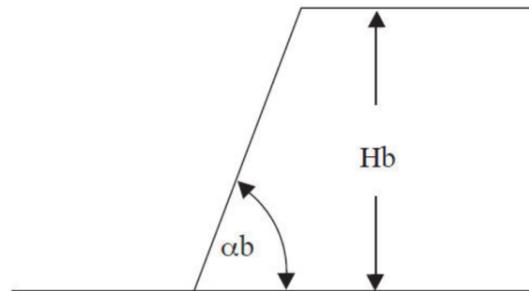
c. Taludes naturales

Los taludes naturales normalmente están conformados por suelos residuales, coluvial y rocas. Los suelos residuales siempre permanecen en el lugar donde fueron generados y son producto del intemperismo químico e físico sobre una roca. Debido a la alteración progresiva de las propiedades Geomecánica de las rocas, los estratos más próximos a la superficie se van transformando en suelos. Mientras que los suelos coluvial son formados como resultado del transporte, principalmente de la gravedad. Por eso motivo son más heterogéneos. Los taludes naturales casi siempre están propensos a la inestabilidad debido a las fuerzas gravitacionales.

- **Altura de banco, H_b**

Corresponde a la altura de un talud único. Normalmente, queda definida por consideraciones operacionales, más no geotécnicas.

Figura n.º 2.6. Altura de banco y Angulo

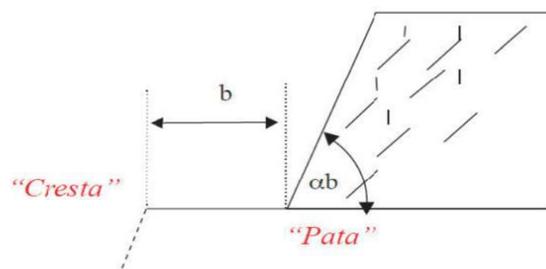


Fuente: (Mendoza 2014)

- **Ancho de berma, b**

El ancho de berma es la distancia entre la pata del banco y la cresta del mismo inmediatamente inferior. Esta distancia queda definida por el volumen de los derrames producidos por las inestabilidades.

Figura n.º 2.7. Ancho de berma



Fuente: (Mendoza 2014).

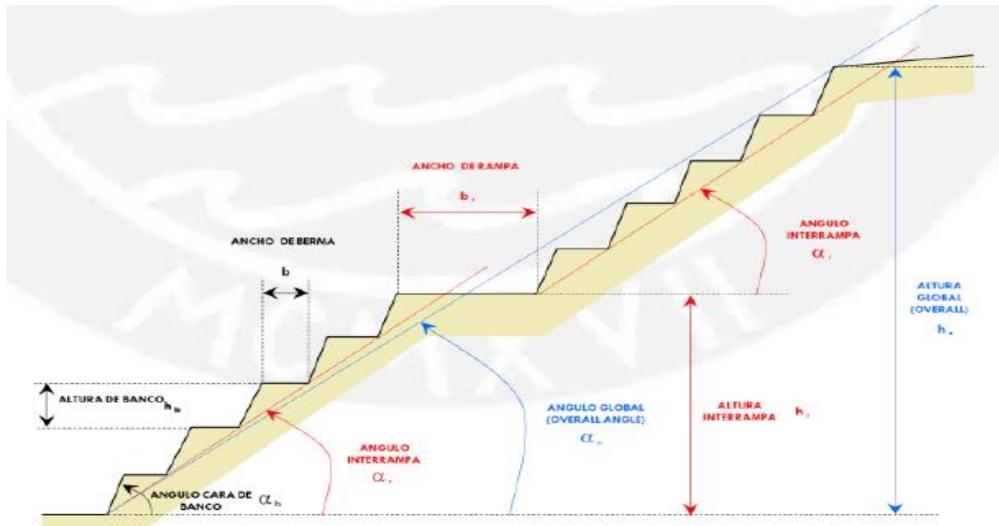
- **Angulo global, α_o**

Es el ángulo conformado por la horizontal y la línea imaginaria que une la pata del banco más inferior con la cresta del banco más superior.

- **Altura total, H_o**

Corresponde a la altura total del tajo, medido desde la pata del banco más inferior hasta la cresta del banco más superior.

Figura n.º 2.8. Parámetro que define el talud de mina



Fuente: Galdámez, Vásquez, & Fiebig, (2,010)

Las alturas de los bancos, básicamente, se definen por criterios operativos. Pues se busca aprovechar el mayor porcentaje de eficiencia de los equipos de excavación. Recalde (2 006) establece que las alturas de bancos de 10 m permiten aprovechar distintas ventajas como: mayor control sobre fragmentación, rapidez en ejecución de rampas entre bancos, menores niveles de vibraciones y mejores condiciones para restauración y tratamiento de taludes finales.

Por otro lado, los anchos de bermas se definen de acuerdo al criterio de Ritchie (1 963), el cual fue modificado por Evans y Call (1 992).

$$W = 0.2H + 2.0, \quad \text{para } H < 9.0m \quad (1)$$

$$W = 0.2H + 4.5, \quad \text{para } H > 9.0m \quad (2)$$

Donde, W es el ancho de berma y H la altura del banco.

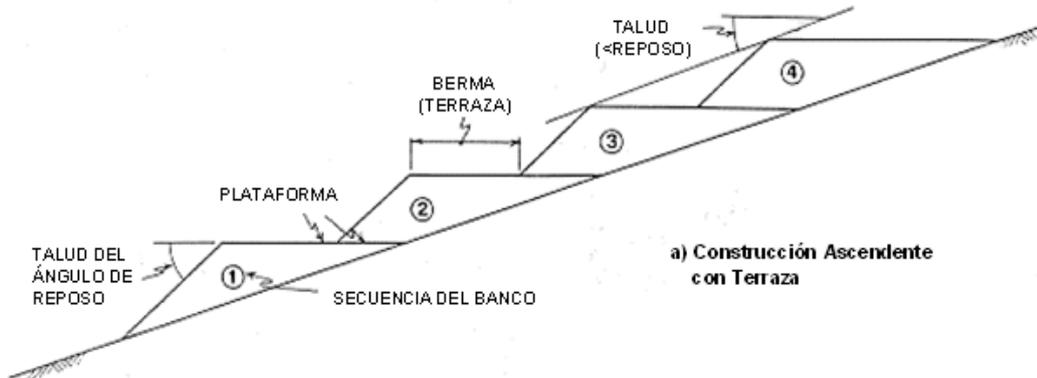
Para una altura de banco de 25m, el ancho de berma debería estar entre 4 y 6.5 m.

- **Construcción ascendente de botaderos**

El método de construcción elegido para el botadero 100 es el ascendente. Se ha preferido este tipo de construcción debido a que cada banco sucesivo es apoyado en un banco previamente construido, cuyo comportamiento puede estar bien documentado y ser bien comprendido. Cualquier superficie de falla tendrá que desarrollarse en el banco construido previamente, el cual actúa también como un pilar para la base y proporciona confinamiento

para los suelos de cimentación. Otra ventaja de la construcción ascendente es que siempre está apoyada en un terreno plano (por ejemplo, la plataforma previa).

Figura n.º 2.9. Construcción ascendente del depósito de desmonte

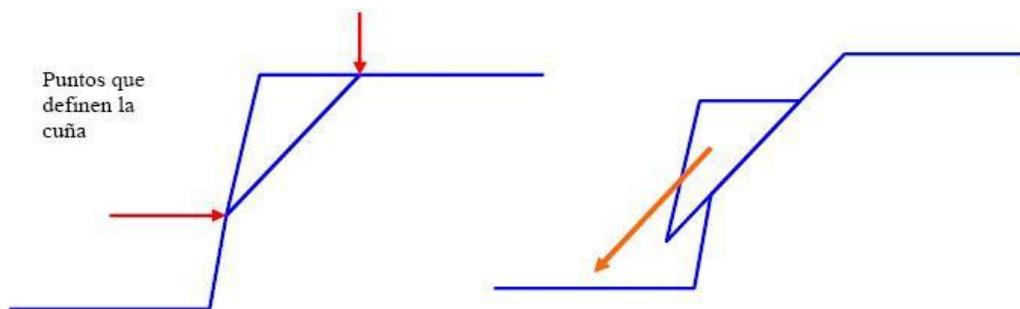


Fuente: SRK estudio desmontera botadero 100 (Año 2010)

- **Colapso en los bordes del botadero**

Los colapsos en las caras de material compacto, como en el caso de los bancos construidos en roca, se producen en función de las estructuras presentes y por lo general son predecibles, ya que la mayor parte de las veces dichas estructuras son debidamente mapeadas y tienen algún grado de presencia en la superficie, por lo que se puede estimar, prevenir y controlar la ocurrencia de un evento de inestabilidad (Ver figura 7). (Yucra, 2016)

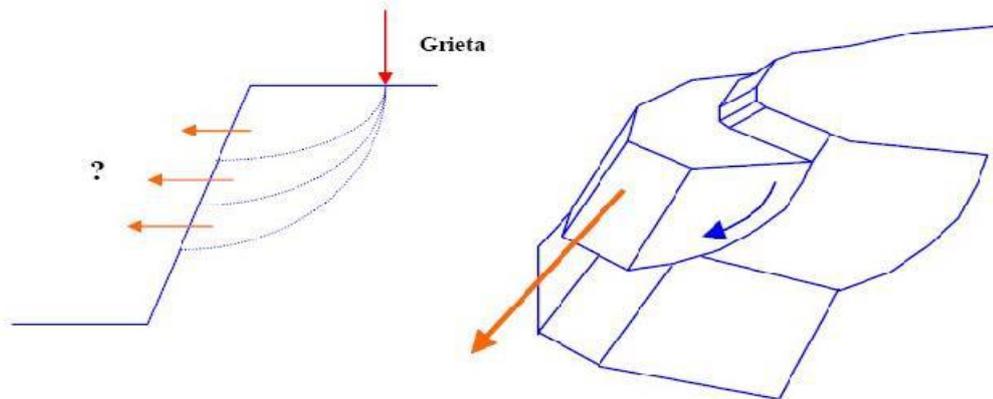
Figura n.º 2.10. Colapso de botaderos



Fuente: (Yucra, 2016)

Para el caso de los depósitos de material no compacto o suelto, se pueden apreciar ciertos indicios de inestabilidad en superficie, pero lamentablemente no siempre se puede determinar el volumen afectado por dicha inestabilidad, debido a que la cara por la cual se deslizaría el material inestable no es recta sino curva (Ver figura 8). (Yucra, 2016)

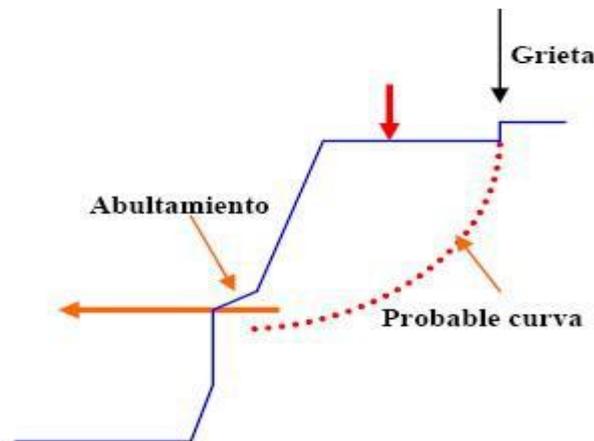
Figura n.º 2.11. Botadero con material no compactado



Fuente: (Yucra, 2016)

En algunas ocasiones puede apreciarse en el talud algún indicio de la inestabilidad y de ese modo estimar la curva de deslizamiento, e incluso evitarlo con algún tipo de acción. Este indicio por lo general luce como un levantamiento de la superficie del talud (Ver figura 9). (Yucra, 2016)

Figura n.º 2.12. Botadero con inicio de inestabilidad



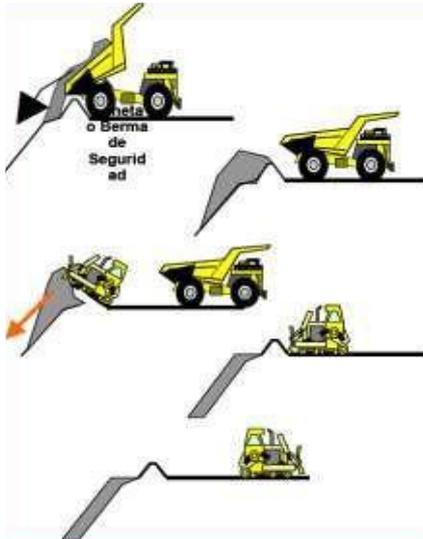
Fuente: (Yucra, 2016)

- **Operación en botaderos**

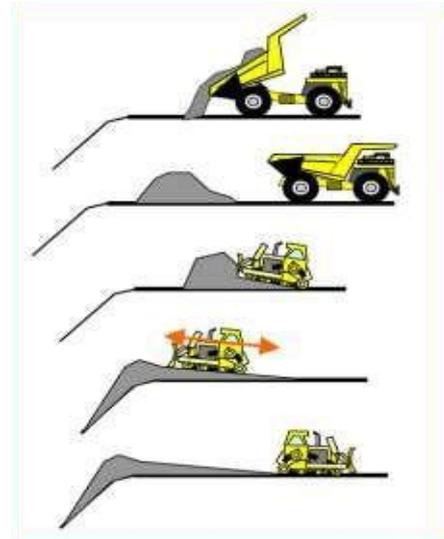
Básicamente la descarga se realiza en las cercanías del borde del botadero, teniendo en cuenta que debe existir una distancia prudente para evitar accidentes durante y después de la operación para ello no basta con la operación solitaria y cuidadosa del operador del camión que descargará, sino que se requiere la operación conjunta de otros equipos de apoyo como los bulldozers y/o wheeldozeres, los cuales procederán a realizar su acomodamiento y construirán la cuneta de seguridad una vez descargado el material. (Yucra, 2016)

Figura n.º 2.13. Operación en los botaderos en mina

01. Descarga hacia el Talud del Botadero



02. Descarga sobre el Botadero



Fuente: (Yucra, 2016)

2.3.2.2. Desarrollo del procedimiento para el objetivo específico 2

a. Caracterización de los materiales

Los materiales que componen el modelo geotécnico del depósito de desmontes botadero 100, han sido identificados como unidades geotécnicas, conforme al tiempo que se fueron realizando el depósito. En la tabla n.º 2.6 y en las Figuras n.º 2.14 a 2.15, se muestra la composición de las unidades en las secciones de análisis A y B. Las secciones geotécnicas.

Tabla n.º 2.6. Extracción de desmonte Mina – Superficie

Extracción de desmonte Mina-Superficie				
Año	Detrítico (m3)	Desmonte (m3)	Extracción m3	Destino
2013	21,863.0	1,253,570.0	227,755.9	Botadero 100
2014	0.0	1,600,930.0	285,880.4	Botadero 100
2015	0.0	1,461,729.0	261,023.0	Botadero 100
2016	364,864.4	1,756,275.0	378,774.9	Botadero 100
2017	672,225.4	1,706,270.0	424,731.3	Botadero 100
2018	713,120.1	2,356,780.0	548,196.4	Botadero 100
			2,126,361.9	

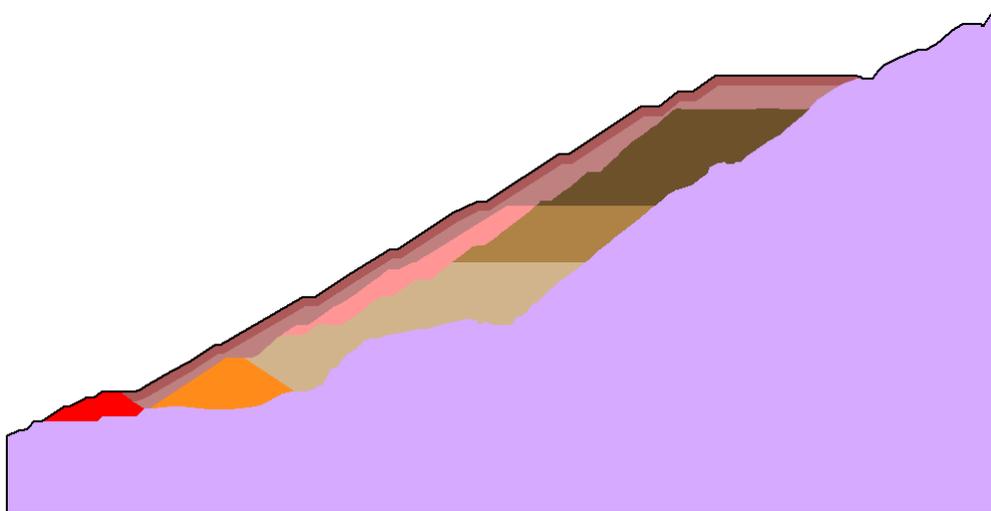
Fuente: Consultora SRK, Año (2018)

Tabla n.º 2.7. Unidades geotécnicas

Unidad geotécnica	Color
Basamento Rocoso	
Dique de arranque	
DMT vertido anterior	
DMT conformado hasta Jun. 13	
DMT conformado hasta Mar. 14	
DMT conformado hasta Abr. 15	
DMT vertido hasta Abr.15	
DMT vertido hasta Dic. 18 (Prof. > 5.00 m)	
DMT vertido de proyecto 2019	

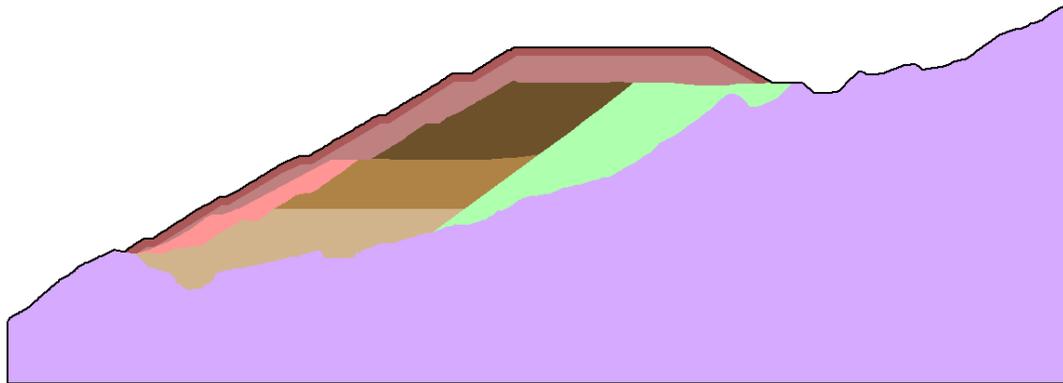
Fuente: Consultora SRK, Año (2018)

Figura n.º 2.14. Sección A de análisis geotécnico (condición ampliacion)



Fuente: Consultora SRK, Año (2018)

Figura n.º 2.15. Sección B de análisis geotécnico (condición ampliacion)



Fuente: Consultora SRK, Año (2018)

- **Basamento rocoso**

La unidad geotécnica denominada basamento rocoso ha sido caracterizada por SRK en el año 2010 y corroborada en el año 2014, en base a la información de las investigaciones geotécnicas, incluyendo perforaciones diamantinas y ensayos geofísicos.

Finalmente, de acuerdo a la información histórica, se ha considerado mantener las siguientes características para la roca de la zona de fundación: 297 kPa de cohesión y 54° de ángulo de fricción para un peso unitario de 25 kN/m³.

- **Dique de arranque**

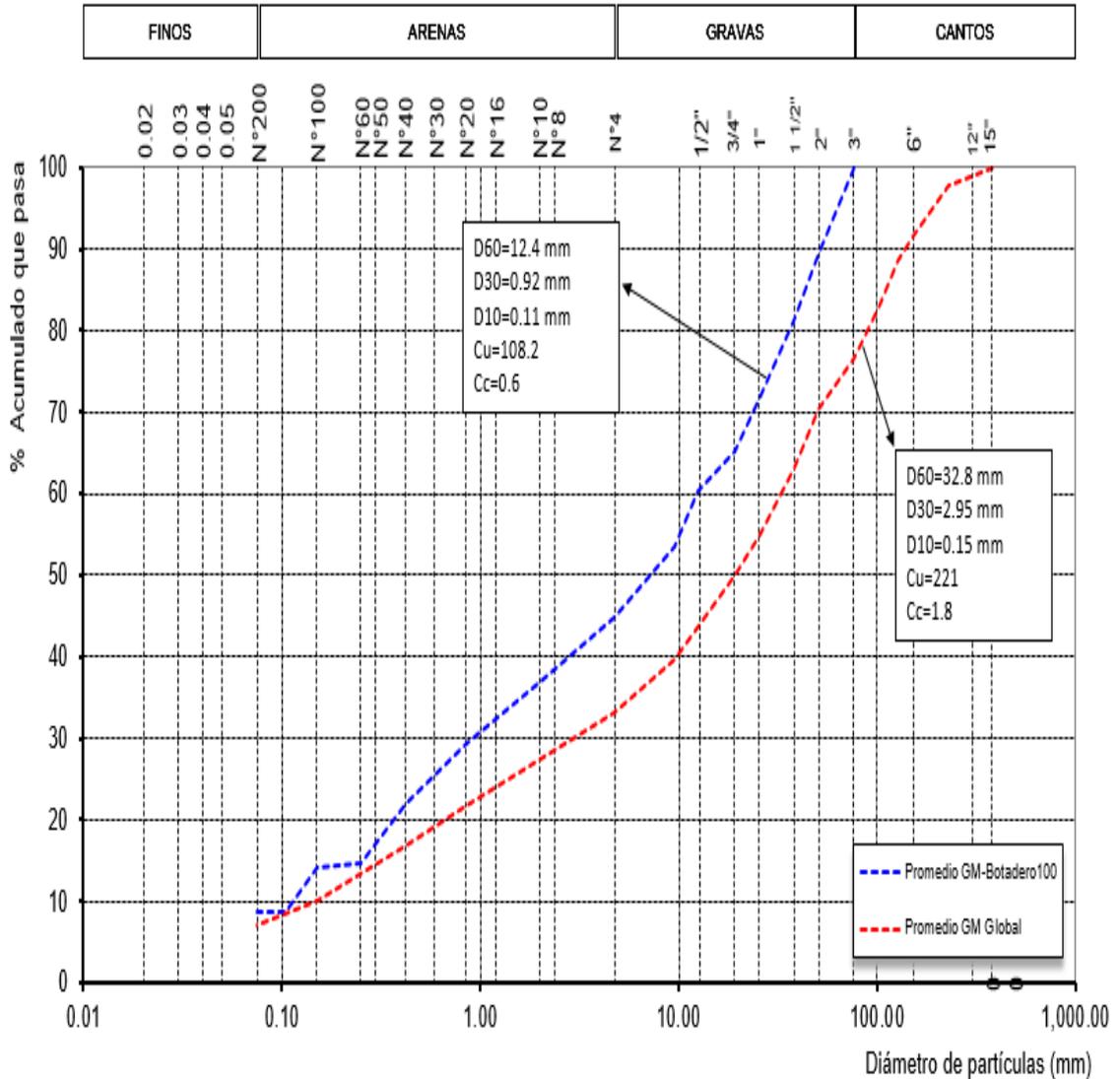
El dique de arranque, fue considerado en el proyecto inicial realizado por SRK en el 2010. En el 2015 los parámetros geotécnicos que caracterizan al primer dique de arranque fueron actualizados con la información de ensayos de campo y laboratorio. Para el presente estudio se mantendrá dichos parámetros, siendo éstos: 0 kPa de cohesión y 34° de ángulo de fricción para un peso unitario de 20 kN/m³.

- **Desmorte vertido hasta el año 2013, 2014, 2015 y 2018**

El material de desmorte de mina pasante la malla de 3" se clasifica como una grava pobremente graduada con limo (GP-GM) con 55% de gravas, 36% de arenas y 9% de finos. Además, presenta un límite líquido (LL) de 15 y un índice de plasticidad (IP) de 4.

Los ensayos de granulometría global realizados en el material de desmorte (Ver 2.8) indican que en promedio, el desmorte de mina conformado en el depósito de desmorte 100 tiene un 2% de bloques, 24% de cantos, 41% de gravas, 26% de arenas y 7% de finos, además presenta un coeficiente de uniformidad (Cu) de 221 y un coeficiente de curvatura (Cc) de 1.8, resultados que evidencian la gran variedad de partículas que tiene el desmorte de mina. Los resultados de la granulometría completa y la pasante la malla de 3" se muestra en la Figura n.º 2.16

Figura n.º 2.16. Análisis granulométrico del desmonte de mina



Fuente: SVS, (2015), SRK, (2018)

Para estimar la densidad natural del desmonte de mina se realizaron ensayos de densidad en campo por el método del reemplazo con agua (Ver

Tabla n.º 2.13. Ensayos de densidad in situ. La densidad seca natural promedio obtenida es de 2.10 g/cm³, valor con el cual se ha remodelada la muestra representativa en el laboratorio para efectuar el ensayo triaxial CD. Es importante señalar que la densidad de diseño del proyecto del botadero en el 2015 fue de 2.45 g/cm³ (valor proveniente del promedio de densidades obtenidas).

Para determinar los valores de densidad mínima y máxima se realizaron ensayos de laboratorio en las muestras extraídas. El cálculo de la densidad relativa se muestra en la Tabla n°2.8

Tabla n.º 2.8. Propiedades físicas del desmonte de mina

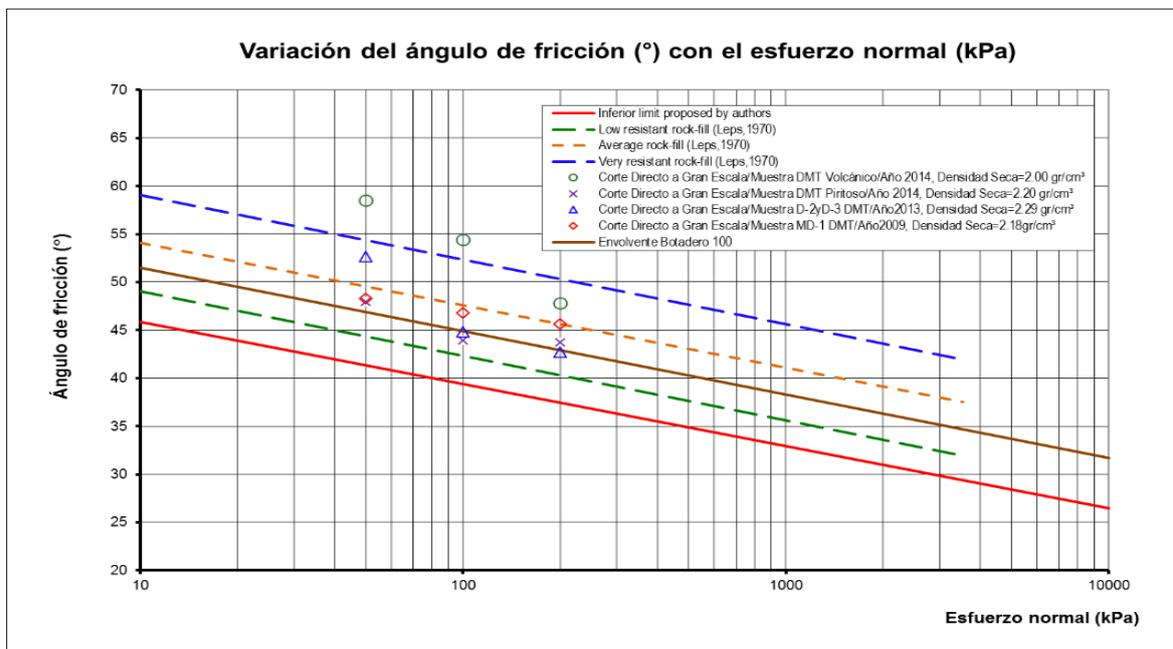
Densidad Seca Mínima (g/cm ³)	Densidad Seca Máxima (g/cm ³)	Densidad Seca Natural (g/cm ³)	Densidad Relativa (%)	Denominación
1.82	2.67	2.10	42%	Medianamente suelto

Fuente: SRK, (2018)

Para estimar las propiedades de resistencia del desmonte que conforma el Botadero 100, se ha tomado como referencia los ensayos de corte directo a gran escala realizados en el desmonte conformado.

Los valores de ángulo de fricción obtenidos de los ensayos de corte directo a gran escala disminuyen conforme aumenta la presión de confinamiento, esto evidencia el comportamiento dilatante del desmonte de mina. Una alternativa para obtener parámetros de resistencia de los suelos granulares gruesos es usar la gráfica de Leps (1970) que permite obtener una recta en la cual el ángulo de fricción del material varía con la presión normal. Leps recopiló datos de la literatura de 100 ensayos triaxiales grandes en materiales de enrocado, y definió 3 bandas que se ajustan a la resistencia del suelo (baja, promedio y alta resistencia). Los resultados de laboratorio y la envolvente adoptada para el diseño pueden observarse en la Figura n.º 2.17

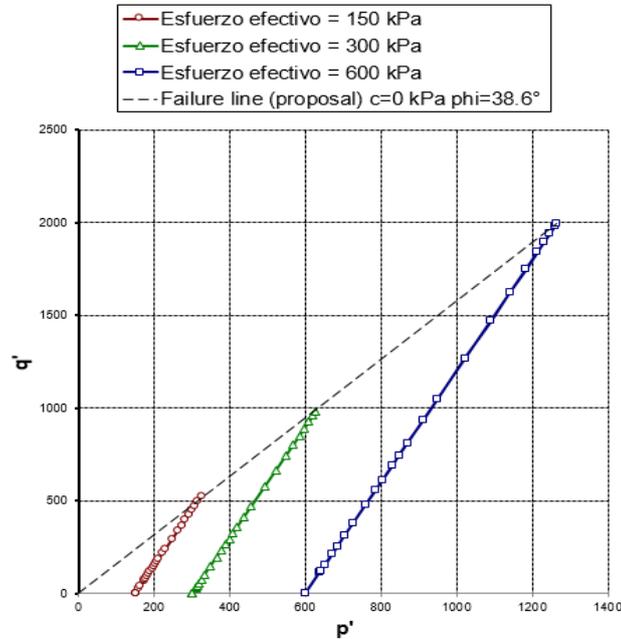
Figura n.º 2.17. Variación del ángulo de fricción con la presión normal



Fuente: SVS, (2015) , SRK (2018)

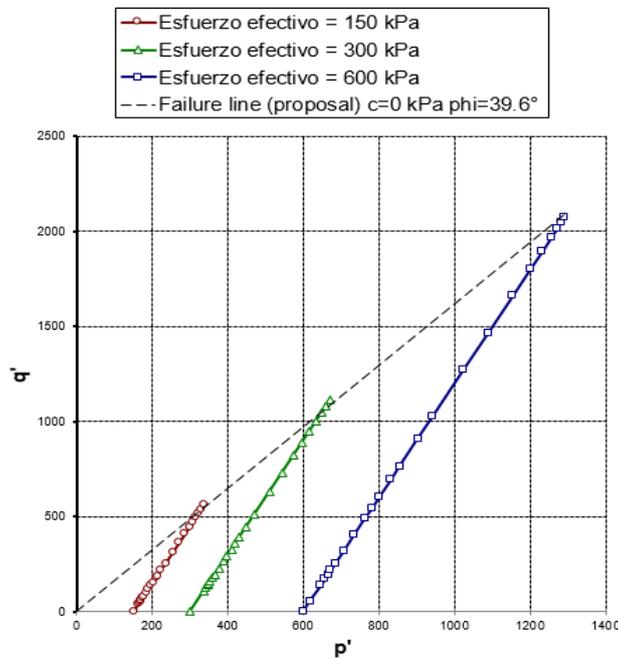
Para determinar las propiedades de resistencia de la última capa de desmonte acumulado a partir del 2015, se ha realizado dos (02) ensayos triaxiales CD. Los resultados obtenidos fueron: 0 kPa de cohesión y 39° (En promedio) de ángulo de fricción para un peso unitario de 21 kN/m³. El procesamiento de resultados de los ensayos triaxiales se muestra en la figura n°2.18 y la figura n°2.19.

Figura n.º 2.18. Curva p'-q'. Año 2018, ensayo TX CD, mezcla de las muestras CD1/C10



Fuente: SRK, 2018

Figura n.º 2.19. Curva p'-q'. Año 2018, ensayo TX CD, mezcla de las muestras CD5/CD6/C7



Fuente: SRK, 2018

Con los resultados de ensayos realizados y con metodologías que permiten el cálculo de parámetros geotécnicos de materiales granulares, se ha caracterizado el material del desmonte mina en sus diferentes etapas según la siguiente tabla:

Tabla n.º 2.9. Modelo geotécnico del desmonte mina

Material	Peso Unitario (kN/m³)	Cohesión (c)	Ángulo de fricción (Φ)
Basamento rocosa	25	297	54
Dique de Arranque	21.8	0	34
DMT vertido anterior	20.0	0	39
DMT conformado hasta Jun.13	24.5	0	39
DMT conformado hasta Mar. 14	24.5	0	39
DMT conformado hasta Abr. 15	24.5	0	39
DMT conformado hasta Abr.15	20.0	0	39
DMT conformado hasta Dic 18	21.0	0	39
DMT vertido proyecto 2019	21.0	0	39

Fuente: SVS, (2015) , SRK, (2018)

Nota: Para el modelo geotécnico de la última capa de desmonte, se ha considerado que los 5.00 m superficiales de desmonte, están caracterizados geotécnicamente por el modelo Mohr – Coulomb

b. Determinar la resistencia de los materiales

- **Peligro sísmico**

Las aceleraciones sísmicas máximas determinadas para periodos de retorno de 100 y 500 años son 0.18 y 0.375g, respectivamente.

Tabla n.º 2.10. Aceleración horizontal máxima en el terreno (PGA) – Análisis probabilístico

Periodo de retorno (años)	Aceleración máxima esperada (g)
100	0.180
475	0.370
500	0.375
1000	0.480
2475	0.670
5000	0.860
10,000	1.100

Fuente: SRK, 2016

- **Coefficiente sísmico**

Como parte de este estudio se ha considerado hacer una revisión de los coeficientes sísmicos recomendados por distintos investigadores. La tabla 2.11 resume algunas de las recomendaciones de mayor uso en la práctica. De estas recomendaciones, dos (2) de las que han sido más usadas en la práctica, como indican Bray y Travarasrou (2011) tabla n°2.11 corresponden a Seed (1979) tabla n°2.11 y Hynes – Griffin & Franklin (1984) (Ref.14).

Tabla n.º 2.11. Recomendaciones para el cálculo del coeficiente sísmico por distintos autores

Autor	k_h	Observación
Seed (1979) (Aplicable si la aceleración en la corona es menor a 0.75g)	$k_h=0.10,$ $FS_{sismico} \geq 1.15$	Grandes deslizamientos y sitios cercanos a la fuente sísmica capaz de generar un sismo de Magnitud 6.5
	$k_h=0.15,$ $FS_{sismico} \geq 1.15$	Grandes deslizamientos y sitios cercanos a la fuente sísmica capaz de generar un sismo de gran magnitud (mayor a 8.0)
Marcuson et al. (1981)	$k_h=0.33 a_{m\acute{a}x}/g$ “a” $k_h=0.5 a_{m\acute{a}x}/g$	Considera posible la amplificación o amortiguamiento
Hynes-Griffin & Franklin (1984)	$k_h=0.5 a_{m\acute{a}x}/g$	La aceleración se define a nivel de basamento rocoso. Para presas y con $FS=1$, concluyó que la presa no estará sujeta a deformaciones importantes
Saragoni (1993)	$k_h=0.3 a_{m\acute{a}x}/g$	Si $a_{m\acute{a}x} \leq 6.6 \text{ m/s}^2$
	$k_h=0.22 (a_{m\acute{a}x}/g)^{0.33}$	Si $a_{m\acute{a}x} \geq 6.6 \text{ m/s}^2$
Kramer (1996)	$k_h=0.5 a_{m\acute{a}x}/g$	Apropiado para muchos taludes, pero acota que no es una regla general, en concordancia con lo especificado por Hynes-Griffin & Franklin (1984)

Nota: k_h =Coeficiente sísmico

Fuente: Seed, 1979 Marcuson; Hynes-Griffin&Franklin, 1984 (Ref.14); Saragoni, 1993 (Ref.16); Kramer, 1996

En base a los resultados del estudio de peligro sísmico y del valor de PGA calculado a nivel de basamento rocoso, el coeficiente sísmico según Hynes-Griffin & Franklin (1984) sería de 0.19g. El rango de coeficientes sísmicos en base a otros estudios citados en la tabla 2.10, sería de 0.11g a 0.19g, el rango superior corresponde a Marcuson (1981), sin embargo, es importante mencionar la preferencia del uso de los otros métodos, Seed (1979) y Hynes-Griffin & Franklin (1984) en la práctica (Bray y Travarasrou, 2011).

De acuerdo con la “Guía Ambiental para la Estabilidad de Taludes de Depósitos de Residuos Sólidos Provenientes de Actividades Mineras” del Ministerio de Energía y Minas (DGAA, Vol. XVI - 1998) (Ref.15) El coeficiente sísmico se define como una fracción de la

aceleración máxima, comprendida usualmente entre 1/2 y 2/3, y en conformidad con las recomendaciones del estudio de peligro sísmico y la Tabla n. °2.9, los valores de los coeficientes sísmicos para 100 y 500 años de periodo de retorno, resultan ser igual a 0.09 y 0.20g (~1/2 PGA), siendo estos valores utilizados para la presente evaluación.

- **Excavaciones manuales:**

La campaña de investigación geotécnica realizada por SRK en el año 2018 consideró la exploración mediante la excavación de diez (10) calicatas ubicadas estratégicamente en la zona del proyecto. En las calicatas se llevó a cabo una detallada descripción de los tipos de suelos siguiendo los procedimientos del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS-ASTM D-2488-00). Asimismo, se tomaron muestras disturbadas de las paredes y fondo de la excavación, las cuales fueron identificadas y debidamente protegidas para su posterior envío al laboratorio de mecánica de suelos. Además, se ha recopilado la información histórica de las calicatas realizadas en el área del proyecto desde el año 2009. En la Tabla n°2.12 se describe la ubicación de las calicatas realizadas.

Tabla n.° 2.12. Ubicación de calicatas

Año	Calicata	Prof. (m)	Este	Norte	Cota (msnm)	Zona
2009	C-1	2.50	392,150	8'553,668	1836.0	Cimentación – Cantera para Dique
2009	C-2	2.50	392,189	8'553,660	1846.0	Cimentación – Cantera para Dique
2009	T-1	0.60	392,099	8'553,666	1836.0	Cimentación – Cantera para Dique
2009	T-2	0.70	392,222	8'553,618	1844.0	Cimentación – Cantera para Dique
2013	C-1	1.00	392,134	8'553,703	1820.0	Dique1 de Arranque
2013	C-2	1.00	392,130	8'553,694	1820.0	Dique1 de Arranque
2013	C-3	1.00	392,124	8'553,679	1820.0	Dique1 de Arranque
2015	AB-1	2.00	392,126	8'553,682	1820.0	Dique1 de Arranque
2018	CD-1	0.50	392,352	8'553,553	1968.0	Plataforma
2018	CD-2	0.50	392,404	8'553,467	1968.0	Plataforma
2018	CD-3	0.50	392,148	8'553,689	1840.0	Entre banqueteta 1 y 2
2018	CD-4	0.50	392,165	8'553,673	1852.0	Banqueteta 2
2018	CD-5	0.50	392,189	8'553,625	1877.0	Banqueteta 3
2018	CD-6	0.50	392,235	8'553,619	1902.0	Banqueteta 4
2018	C-7	0.80	392,286	8'553,666	1912.7	Entre banqueteta 4 y 5
2018	C-8	0.80	392,313	8'553,664	1927.0	Banqueteta 5
2018	C-9	0.80	392,128	8'553,699	1827.0	Banqueteta 1

Año	Calicata	Prof. (m)	Este	Norte	Cota (msnm)	Zona
2018	C-10	0.80	392,321	8'553,504	1968.0	Plataforma

Fuente: SVS, 2010 (Ref.0); 2013 (Ref.18); SRK, 2018

- **Ensayos de densidad in situ:**

Desde el año 2013, se han ejecutado ensayos de densidad in situ, siguiendo el método reemplazo por volumen de agua que indica la norma D5030-ASTM en el desmonte de mina y dique de arranque. Los resultados se muestran en la

Tabla n.º 2.13. Ensayos de densidad in situ3

Tabla n.º 2.13. Ensayos de densidad in situ

Año	Calicata	Prof. (m)	Densidad Húmeda (gr/cm³)	Humedad (%)	Densidad Seca (gr/cm³)	Zona
2013	D-1	0.50	2.22	2.8	2.16	Botadero 100
2013	D-2	0.50	2.85	2.8	2.77	Botadero 100
2013	D-3	0.50	2.60	2.8	2.53	Botadero 100
2013	D-4	0.50	2.42	1.9	2.37	Botadero 100
2013	D-5	0.50	2.06	2.5	2.01	Botadero 100
2015	CAPA1	0.50	2.32	5.3	2.20	Dique 2
2015	CAPA2	0.50	2.34	5.2	2.22	Dique 2
2015	CAPA3	0.50	2.32	5.1	2.21	Dique 2
2015	CAPA4	0.50	2.31	5.1	2.20	Dique 2
2015	CAPA5	0.50	2.34	5.2	2.22	Dique 2
2015	CAPA6	0.50	2.35	5.1	2.24	Dique 2
2015	CAPA7	0.50	2.33	4.9	2.22	Dique 2
2015	CAPA8	0.50	2.32	4.9	2.21	Dique 2
2015	CAPA9	0.50	2.27	4.3	2.18	Dique 2
2015	CAPA10	0.50	2.29	4.2	2.20	Dique 2
2015	CAPA11	0.50	2.24	5.8	2.12	Dique 2
2015	CAPA12	0.50	2.24	5.1	2.13	Dique 2
2015	CAPA13	0.50	2.25	4.1	2.16	Dique 2
2015	CAPA14	0.50	2.26	3.4	2.18	Dique 2
2015	CAPA15	0.50	2.23	2.2	2.18	Dique 2
2015	CAPA16	0.50	2.29	2.3	2.24	Dique 2
2015	CAPA17	0.50	2.20	2.1	2.15	Dique 2
2015	CAPA18	0.50	2.19	2.5	2.14	Dique 2

Año	Calicata	Prof. (m)	Densidad Húmeda (gr/cm ³)	Humedad (%)	Densidad Seca (gr/cm ³)	Zona
2015	CAPA19	0.50	2.22	2.5	2.17	Dique 2
2015	CAPA20	0.50	2.23	2.5	2.18	Dique 2
2015	CAPA21	0.50	2.20	3.2	2.14	Dique 2
2018	CD-1	0.50	2.27	4.5	2.18	Plataforma
2018	CD-2	0.50	1.79	7.5	1.67	Plataforma
2018	CD-3	0.50	2.18	1.5	2.15	Entre banqueta 1 y 2
2018	CD-4	0.50	1.82	2.3	1.78	Banqueta 2
2018	CD-5	0.50	2.06	0.6	2.05	Banqueta 3
2018	CD-6	0.50	2.04	0.7	2.03	Banqueta 4

Fuente: SVS, 2013 (Ref. 18); 2015 (Ref. 20); SRK, 2018

- **Prospección geofísica:**

SVS realizó ensayos geofísicos en el área que ocupa el proyecto mediante dos (02) campañas geofísicas realizados en los años 2009 y 2014, buscándose determinar las velocidades de onda P y S de la roca de fundación, diques y desmontes conformados. Las coordenadas de los sondeos se describen en la Tabla n. °2.14.

Tabla n. ° 2.14. Líneas sísmicas

Año	Líneas Sísmicas	Inicio		Fin		Longitud (m)
		Este	Norte	Este	Norte	
2009	LS-1	392,006	8'553,684	392,097	8'553,762	120
2009	LS-2	392,108	8'553,649	392,057	8'553,758	120
2009	LS-3	392,022	8'553,735	392,261	8'553,717	240
2009	LS-4	392,016	8'553,727	392,390	8'553,460	480
2009	LS-5	392,010	8'553,705	392,092	8'553,645	120
2014	LS-1	392,186	8'553,750	392,114	8'553,657	120
2014	LS-2	392,198	8'553,609	392,197	8'553,723	120
2014	LS-3	392,252	8'553,535	392,294	8'553,644	120
2014	LS-4	392,294	8'553,655	392,199	8'553,689	120
2014	LS-5	392,327	8'553,520	392,192	8'553.672	240
2014	LS-6	392,278	8'553,548	392,199	8'553,621	120
2014	LS-7	392,449	8'553,489	392,343	8'553,438	120

Fuente: SVS, 2010 (Ref. 0); 2014 (Ref. 19)

Así mismo, en el año 2014 SVS realizó ensayos MASW en la zona del proyecto con el mismo objetivo, las estaciones consideradas se muestran en la Tabla n. °2.15.

Tabla n.° 2.15. Relación de estaciones MASW ejecutadas en el año 2014

MASW	Prof. (m)	Este	Norte	Cota (msnm)	Zona
MASW-01	39.3	392,158	8'553,675	1830.9	Desmonte en talud – Botadero 100
MASW-02	40.5	392,122	8'553,667	1820.2	Dique1 de Arranque – Botadero 100
MASW-03	40.0	392,137	8'553,683	1820.6	Dique1 de Arranque – Botadero 100
MASW-04	38.8	392,152	8'553,700	1825.3	Desmonte en talud – Botadero 100
MASW-05	39.8	392,179	8'553,666	1838.4	Desmonte en talud – Botadero 100
MASW-06	39.2	392,224	8'553,645	1862.0	Desmonte en talud – Botadero 100
MASW-07	39.8	392,293	8'553,641	1899.7	Plataforma nivel 1900 – Botadero 100
MASW-08	38.8	392,269	8'553,579	1900.4	Plataforma nivel 1900 – Botadero 100
MASW-09	40.4	392,308	8'553,576	1902.8	Plataforma nivel 1900 – Botadero 100
MASW-10	40.9	391,384	8'553,460	1946.5	Plataforma nivel 1950 – Botadero 100

Fuente: SVS, 2014 (Ref. 19)

El objetivo del estudio geofísico fue evaluar los parámetros dinámicos de la roca de fundación en profundidad mediante la interpretación de los perfiles sísmicos obtenidos de la ejecución de los ensayos geofísicos de refracción sísmica y ensayos de ondas superficiales (MASW), los cuales han permitido determinar los registros de las velocidades de propagación de las ondas primarias o compresionales (V_p) y las secundarias o de corte (V_s) en los estratos roca.

La utilidad primaria de las pruebas geofísicas en el campo de la geotecnia es la determinación de variaciones en la velocidad de onda de corte (V_s) a profundidad. Conocidas las V_s , es posible calcular la rigidez de la estructura de los suelos (Módulos de cortante-G- y elástico-E). El método de clasificación con base en la velocidad promedio de onda de corte en los 30 m superficiales (V_s) está basado en el “Código Internacional para la Construcción En la Tabla n.° 2.16. Clasificación del suelo en base a la velocidad de ondas de corte (V_s) se presenta la clasificación del tipo de suelo de acuerdo a la velocidad de onda de corte (V_s).

Tabla n.º 2.16. Clasificación del suelo en base a la velocidad de ondas de corte (Vs)

Tipo	Velocidad de onda secundaria, Vs (m/s)	Descripción
A	>1500	Roca dura
B	760 – 1500	Roca
C	360 – 760	Roca blanda y suelo muy denso
D	180 – 360	Suelo rígido
E	<180	Suelo blando
F	Suelos especiales (licuables, colápsales , arcillas muy plásticas, suelos orgánicos)	

Fuente: ICC, 2006

La interpretación de los resultados de los perfiles geofísicos para el material de desmonte se muestra a continuación:

Tabla n.º 2.17. Clasificación dinámica de la roca de fundación

Material	Descripción	Vp (m/s)	Vs (m/s)
Primer horizonte	Macizo rocoso moderadamente meteorizado, intensamente fracturado.	1500-3000	1000-1500
Segundo Horizonte	Macizo rocoso ligeramente meteorizado a sano, moderadamente fracturado.	> 3000	> 1500

Fuente: SVS, 2010 (Ref. 0); 2014 (Ref. 19)

a. Perforaciones diamantinas:

En el año 2010, SVS con el objetivo de tener datos de la roca de fundación para realizar el diseño del proyecto inicial, realizó cuatro (04) sondeos diamantinos. Las coordenadas y profundidades de los sondeos se indican en la Tabla n. º2.18:

Tabla n.º 2.18. Relación de sondeos diamantinos ejecutadas el año 2010

Calicata	Prof. (m)	Este	Norte	Cota (msnm)	Inclinación (º)
P-1	40.1	392,027	8'553,722	1782.7	Vertical
P-2	42.0	392,114	8'553,668	1813.0	Vertical
P-3	45.0	392,119	8'553,698	1805.6	Vertical
P-4	73.0	392,144	8'553,724	1841.3	80

Fuente: SVS, 2010 (Ref. 0)

b. Ensayos de laboratorio de mecánica de suelos:

Los materiales que conforman el depósito de desmontes N°100, fueron caracterizados geotécnicamente y luego evaluados, para ello se ejecutaron los siguientes ensayos: análisis granulométrico por tamizado (ASTM D-422), límites de Atterberg (ASTM D-4318), clasificación SUCS (ASTM D-2487) y contenido de humedad (ASTM D-2216). Los resultados de estas pruebas se indican en la Tabla n. º2.19

Tabla n.º 2.19. Parámetros índices de los materiales

Año	Zona	Sondaje	Muestra	Prof. (m)	w (%)	Granulometría			Límites Attenberg			SUCS
						G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	
2009	Botadero T.	MD-1*	MD-1	0.00-0.50	1.1	50.5	40.1	9.4	15	11	4	GP-GM
2013	Botadero 100	D-1	M-1	0.00-0.40	2.8	65.9	26.5	7.6	18	12	6	GP-GC
2013	Botadero 100	D-2	M-1	0.00-0.40	0.5	64.0	29.8	6.2	NP	NP	NP	GW-GM
2013	Botadero 100	D-2	M-2	0.00-0.40	0.5	48.7	37.7	13.6	NP	NP	NP	GM
2013	Botadero 100	D-2	M-3	0.00-0.40	0.5	65.3	28.7	6.0	NP	NP	NP	GW-GM
2013	Botadero 100	D-2	M-5	0.00-0.40	0.5	52.4	38.8	8.8	NP	NP	NP	GP-GM
2013	Botadero 100	D-2	M-6	0.00-0.40	0.7	52.1	41.5	6.4	NP	NP	NP	GP-GM
2013	Botadero 100	D-2	M-8	0.00-0.40	0.5	52.8	41.0	6.2	NP	NP	NP	GP-GM
2013	Botadero 100	D-2	M-9	0.00-0.40	0.5	53.7	40.5	5.8	NP	NP	NP	GP-GM
2013	Botadero 100	D-3	M-3	0.00-0.40	0.4	49.8	43.7	6.6	NP	NP	NP	GP-GM
2013	Botadero 100	D-3	M-4	0.00-0.40	0.5	59.3	30.9	9.8	NP	NP	NP	GW-GM
2013	Botadero 100	D-3	M-6	0.00-0.40	0.4	58.5	35.0	6.5	NP	NP	NP	GP-GM
2013	Botadero 100	D-3	M-8	0.00-0.40	0.4	58.5	35.0	6.5	NP	NP	NP	GP-GM
2013	Botadero 100	D-3	M-9	0.00-0.40	0.5	65.5	29.1	5.4	NP	NP	NP	GW-GM
2013	Botadero 100	D-3	M-10	0.00-0.40	1.0	60.5	33.0	6.5	NP	NP	NP	GP-GM
2013	Botadero 100	D2/D3*	Mezcla	0.00-0.40	0.5	56.9	35.7	7.4	NP	NP	NP	GP-GM
2013	Botadero 100	D-4	M-1	0.00-0.40	1.9	83.5	13.6	2.9	19	13	6	GW
2013	Botadero 100	D-5	M-1	0.00-0.30	2.5	54.7	36.2	9.1	17	11	6	GP-GC
2014	Botadero 100	C-1	M-1	0.00-0.60	9.3	59.6	28.2	12.2	13	10	3	GM
2014	Botadero 100	C-2	M-1	0.00-0.60	8.4	66.1	26.1	7.8	17	14	3	GW-GM
2014	Botadero 100	C-3	M-1	0.00-0.60	1.7	53.8	40.2	6.0	17	10	1	GP-GM
2015	Botadero 100	PM1-5	TX CD	Repres.	-	36.0	54.0	10.0	NP	NP	NP	SP-SM
2015	Dique 2	Repres.	M-1	Repres.	4.1	80.7	11.0	8.3	26	22	4	GP-GM
2015	Dique 2	Repres.	M-1	Repres.	3.4	80.1	12.4	7.5	23	20	3	GP-GM
2015	Dique 2	Repres.	M-1	Repres.	3.9	88.8	4.3	6.9	23	20	3	GP-GM

Año	Zona	Sondaje	Muestra	Prof. (m)	w (%)	Granulometría			Límites Attenberg			SUCS
						G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	
2015	Dique 2	Repres.	M-1	Repres.	4.5	75.9	18.9	5.2	23	19	4	GP-GM
2015	Dique 2	Repres.	M-1	Repres.	2.9	88.2	4.6	7.2	22	18	4	GP-GM
2015	Botadero 100	PM1-5	RCTS	Repres.	-	22.0	68.0	10.0	NP	NP	NP	SP-SM
2018	Botadero 100	CD-1	M-1	0.00-0.50	4.5	57.8	28.4	13.8	16	11	5	GC-GM
2018	Botadero 100	CD-2	M-1	0.00-0.50	7.5	78.1	14.4	7.5	16	12	4	GP-GM
2018	Botadero 100	CD-3	M-1	0.00-0.50	1.5	54.0	35.2	10.8	13	10	3	GP-GM
2018	Botadero 100	CD-4	M-1	0.00-0.50	2.3	60.3	31.7	8.0	17	13	4	GP-GM
2018	Botadero 100	CD-5	M-1	0.00-0.50	0.6	51.0	40.6	8.3	12	10	2	GP-GM
2018	Botadero 100	CD-6	M-1	0.00-0.50	0.7	51.8	42.2	6.0	10	10	0	GP-GM
2018	Botadero 100	C-7	M-1	0.00-0.80	0.7	53.3	40.5	6.0	10	9	1	GP-GM
2018	Botadero 100	C-8	M-1	0.00-0.80	0.7	56.9	37.0	6.1	13	10	3	GW-GM
2018	Botadero 100	C-9	M-1	0.00-0.80	2.0	40.3	45.3	14.4	14	10	4	SC-SM
2018	Botadero 100	C-10	M-1	0.00-0.80	3.9	50.3	35.8	13.9	16	12	5	GC-GM
2018	Botadero 100	CD1/C10	Mezcla	Repres.	2.4	47.6	35.0	17.4	17	13	4	GC-GM
2018	Botadero 100	CD5/CD6/C7	Mezcla	Repres.	1.4	45.0	42.7	12.4	16	11	5	GC-GM
2018	Botadero 100	CD3/CD4/C9	Mezcla	Repres.	0.5	53.4	38.2	8.4	NP	NP	NP	GP-GM

Fuente: SVS, 2010 (Ref. 0); 2013 (Ref. 18); 2014 (Ref. 19; 2015; SRK, 2018

Así también con el objetivo de caracterizar mejor la granulometría del desmonte mina del botadero 100, SVS ha ejecutado ensayos de granulometría global, cuyos resultados se muestran en la Tabla n. °2.20.

Tabla n.º 2.20. Ensayos de granulometría global

Año	Material	Calicata	Prof. (m)	Bloques ($\phi > 12''$)	Cantos ($3'' < \phi < 12''$)	Gravas ($N^{\circ} 4 < \phi < 3''$)	Arenas ($N^{\circ} 200 < \phi < N^{\circ} 4$)	Finos ($\phi < N^{\circ} 200$)	Cu	Cc
2013	Desmonte	D-1	0.50	0.0	30.6	45.7	18.4	5.3	223	6.0
2013	Desmonte	D-2	0.50	0.0	17.2	43.4	32.1	7.3	208	0.8
2013	Desmonte	D-3	0.50	0.0	13.7	50.5	30.2	5.6	169	0.9
2014	Desmonte	C-1	0.60	0.0	36.4	37.9	17.8	7.9	620	15
2014	Desmonte	C-2	0.60	0.0	26.8	48.4	18.9	5.9	164	8.8
2014	Desmonte	C-3	0.60	0.0	23.8	41.0	30.6	4.6	195	0.4
2015	Promedio	Repres.	0.50	0.0	24.7	44.5	24.7	6.1	236	2.5
2015	Dique 2	Repres.	-	0.0	21.0	49.8	20.3	8.9	308	8.78
2015	Dique 2	Repres.	-	0.0	29.6	38.5	25.0	6.9	116	0.90
2018	Desmonte	CD-1	0.50	0.0	23.8	41.0	23.6	11.6	387	1.8
2018	Desmonte	CD-2	0.50	2.4	42.5	40.6	9.5	5.0	67.8	6.6
2018	Desmonte	CD-3	0.50	4.9	27.2	30.3	28.7	8.9	290	0.5
2018	Desmonte	CD-4	0.50	0.0	18.7	47.4	27.2	6.7	128	2.3
2018	Desmonte	CD-5	0.50	0.0	23.9	37.7	31.7	6.6	177	0.9
2018	Desmonte	CD-6	0.50	8.3	46.7	22.1	20.0	2.9	200	3.1
2018	Desmonte	C-7	0.80	2.4	11.3	46.4	34.5	5.4	81.6	0.7
2018	Desmonte	C-8	0.80	0.0	19.4	44.8	30.7	5.1	88.4	1.7
2018	Desmonte	C-9	0.80	10.7	14.2	30.3	34.0	10.8	290	0.4
2018	Desmonte	C-10	0.80	0.0	15.4	42.6	30.3	11.7	233	0.8

Fuente: SVS, 2013 (Ref. 18); 2014 (Ref. 19); 2015; SRK, 2018

Durante las diferentes campañas geotécnicas realizadas en el depósito de desmontes N°100, se han realizado ensayos tipo proctor modificado a las muestras que corresponden a los materiales que lo conforman. Los resultados se muestran en la Tabla N. °2.21

Tabla n.° 2.21. Ensayos de Proctor modificado

Año	Zona	Calicata	Muestra	Prof. (m)	SUCS	Con corrección por grava	
						OCH (%)	MDS (gr/cm ³)
2009	Dique	C-1	M-1	Repres.	SM	5.5	2.21
2013	Dique	C-1*	M-1	0.0-1.0	GC-GM	5.5	2.28
2018	Plataforma	CD1/C10	Mezcla	Repres.	GC-GM	4.5	2.63
2018	Botadero 100	CD5/CD6/C7	Mezcla	Repres.	GP-GM	3.4	2.80
2018	Botadero 100	CD3/CD4/C9	Mezcla	Repres.	GC-GM	3.7	2.85

Fuente: SVS, 2010 (Ref. 0); 2013 (Ref. 18); SRK, 2018

Las propiedades de resistencia del material del depósito de desmontes N°100 fueron evaluadas teniendo en consideración los resultados de los ensayos de densidad in situ, triaxial CD, triaxial CU y corte directo a gran escala realizados entre los años 2010 y 2018 en los proyectos asociados al depósito de depósito de desmontes 100. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla N. °2.21

Tabla n.º 2.22. Propiedades de resistencia

Año	Material	Calicata	Estado	SUCS	Ensayo	Propiedades de remoldeo		Condiciones Totales		Condiciones Efectivas	
						γ_d (gr/cm ³)	ω (%)	C (kPa)	ϕ (°)	C' (kPa)	ϕ' (°)
2009	Dique	C-2	Remoldeado	GM	Corte Directo	1.96	6.3	-	-	15	30
2009	Desmonte	MD-1	Remoldeado	GP-GM	Corte a gran escala	2.18	1.1	-	-	10	50
2013	Dique	C-1	Remoldeado	GC-GM	Corte Directo	1.70	5.0	-	-	5	29
2013	Dique	C-2	Remoldeado	GC	TX CU 4"	1.80	5.0	0	30.5	0	33.7
2013	Desmonte	D2/D3	Remoldeado	GP-GM	Corte a gran escala	2.29	2.5	-	-	30	44
2014	Desmonte Piritoso	DG/C-1	Remoldeado	GP	Corte a gran escala	2.20	2.5	-	-	15	46
2014	Desmonte Volcánico	DG/C-2	Remoldeado	GP	Corte a gran escala	2.00	2.5	-	-	50	49
2018	Desmonte	CD1/C10	Remoldeado	GC-GM	TX CD 6"	2.10	4.0	0	38.6	0	38.6
2018	Desmonte	CD5/CD6/C7	Remoldeado	GP-GM	TX CD 6"	2.00	2.0	0	39.6	0	39.6

Fuente: SVS, 2010 (Ref. 0); 2013 (Ref. 18), 2014 (Ref. 19); SRK, 2018

NORMAS USADAS

- ASTM D-4318 Limite líquido y Limite plástico
- ASTM D-5030 Prueba estándar para Densidad de Suelo y Roca en su sitio.
- NTP 400.012 Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global
- ASTM D-3080-04 Ensayo de Corte directo.

2.3.3. Procedimiento para el objetivo específico 3

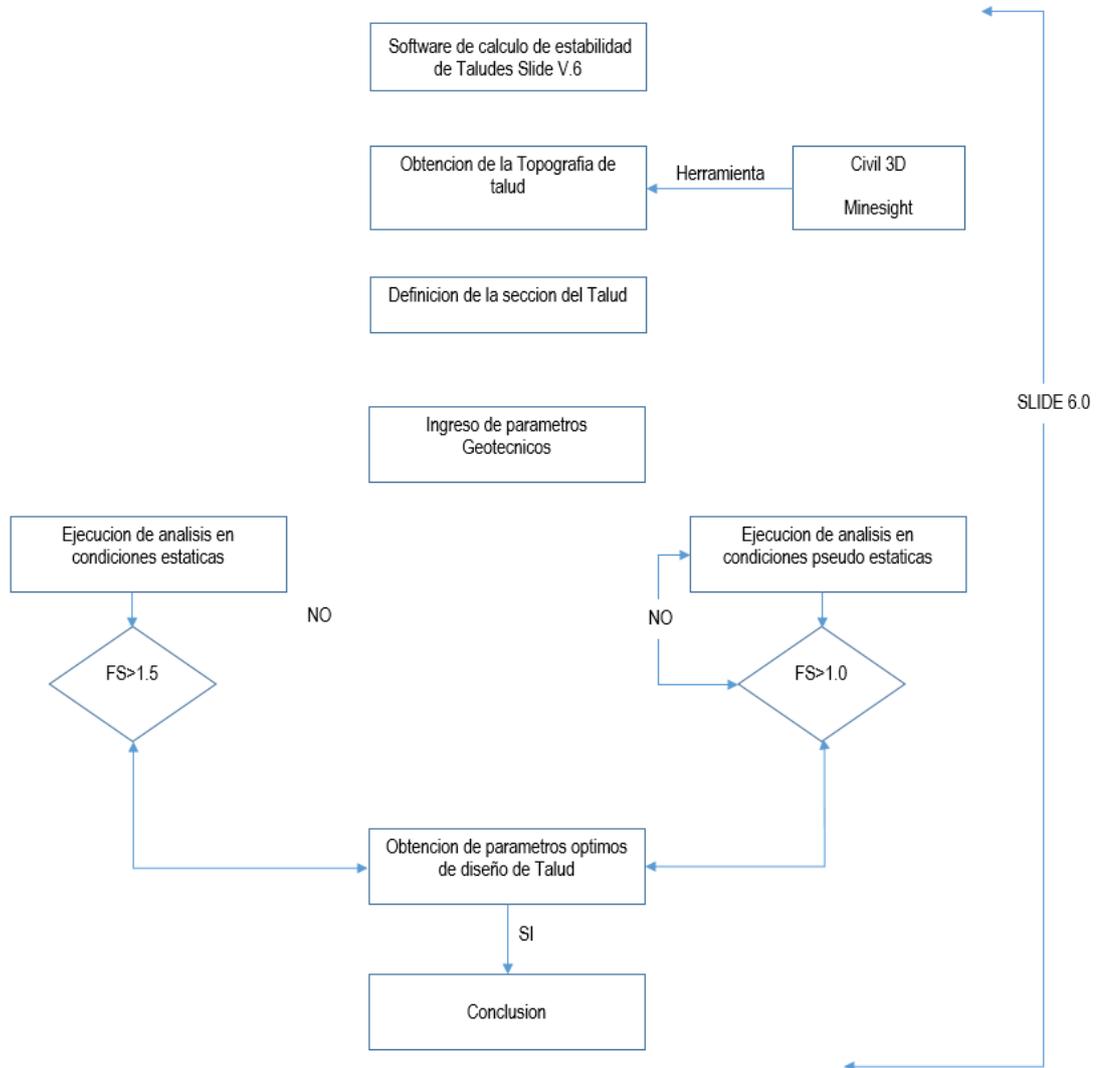
Para determinar el diseño de talud del botadero 100, se utilizó el programa Slide (Rocscience), V.6, es un programa de análisis de estabilidad de taludes completamente integrado, para el diseño del proyecto

El análisis para calcular el factor de seguridad se lleva a cabo de manera bidimensional usando el concepto de equilibrio límite.

- Topografía actualizada.
- Diseño de taludes por banquetas (software Minesight)
- Software Slide V.6
- Definir las propiedades de los materiales
- Análisis de estabilidad (Estáticas, pseudoestáticas)
- Criterios de Evaluación

g. Análisis de resultados

Figura n.º 2.20. Esquema para determinar una evaluación de estabilidad de taludes



Fuente: Elaboración propia Año (2018)

2.3.3.1. Marco teórico del objetivo específico 3

a. Software Civil 3D

El **AutoCAD Civil3D** es una herramienta de diseño y cálculo muy útil en el desarrollo de:

- Curvas de nivel
- Vista en 2D y 3D
- Diseño de sitio
- Diseño urbanístico

- Carreteras
- Movimiento de tierras
- Cálculo topográfico
- Replanteo de información, etc.

Figura n.º 2.21. Portada de inicio del software Autodesk Civil 3D



Fuente: Elaboración propia (2018)

b. Software Minesight

Mintec, Inc. Fundación año 1970 - Canadá

Minesight es un paquete de software aplicado a la industria minera, el cual contiene herramientas usadas para la evaluación y análisis de reservas, modelamiento, planeamiento y diseño minero, estimación y reportes de reservas.

Este software es utilizado por profesionales de la industria minera como topógrafos, ingenieros geólogos y mineros teniendo una amplia variedad en las operaciones mineras como Tajó Abierto, Subterránea y Minería No Metálica, Desmontera, Accesos.

Figura n.º 2.22. Software minero y civil – Minesight 3D

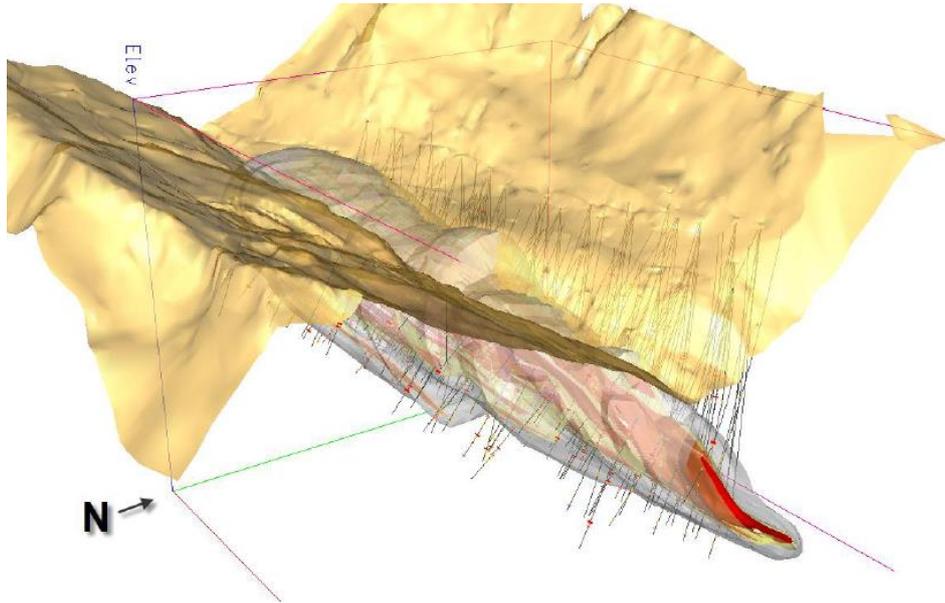


Fuente: Elaboración propia (2018)

c. Topografía

- Técnica que consiste en describir y representar en un plano la superficie o el relieve de un terreno.
- Conjunto de características que presenta la superficie o el relieve de un terreno.
- Obtención de planos del terreno plasmadas en curvas de nivel de (z) metro para curvas secundarias y (z´) metros para curvas mayores.
- Formato de plano en hoja tamaño (n) con escalas horizontales 1:1000 y verticales 1:1000
- Sistema de coordenadas WGS 84, proyección UTM Zona 18 Sur.

Figura n.º 2.23. Topografía de curvas de nivel 3D – Vista isométrica



Fuente: Topografía superficie Cerro Lindo Milpo (2019)

d. Software de análisis de Estabilidad – Slide V.6

Slide es un software de análisis de Estabilidad de Taludes en 2D que utiliza métodos de equilibrio límite para el cálculo de la estabilidad.

Su ámbito de aplicación en minería y obra civil es muy variado, permitiendo evaluar un gran número de problemáticas geotécnicas, tales como estabilidad de terraplenes, presas, taludes en excavaciones mineras o en edificaciones, efectos de cargas externas, sísmicas, eficiencia de elementos de refuerzo, etc.

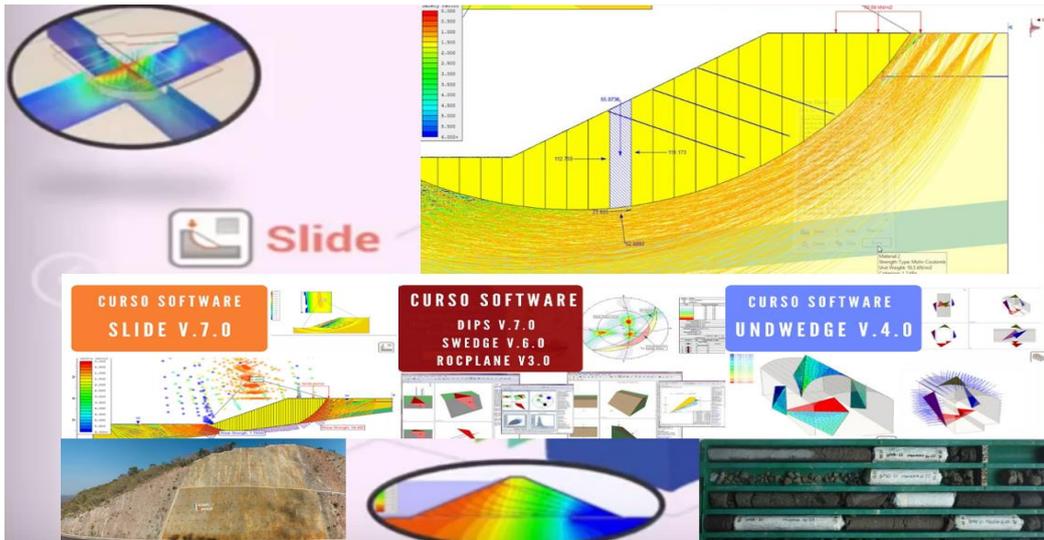
Actualmente, existe una infinidad de herramientas computacionales para el análisis de estabilidad de taludes. En esta oportunidad se eligió el software SLIDE versión 6.0 distribuido por la empresa Rocscience.

El programa calcula los factores de seguridad para distintas geometrías, dibujadas por el propio usuario o importadas desde algún programa de dibujo. Se pueden analizar tanto suelos como rocas, por ello, el software incluye los criterios de rotura: Mohr-Coulomb; Hoek y Brown (1 980); Hoek y Brown generalizado (1 995); Barton y Brandis. Por otro lado, incorpora las funciones de anisotropía y otras variaciones como condiciones de sobrecarga, estructuras de contención, suelo grampeado y geotextiles.

Por otro lado, se puede seleccionar entre diversos métodos de análisis, tales como: Fellenius, Bishop simplificado, Janbu generalizado y corregido, Spencer, Morgenstern-Price, entre otros. Además, se pueden realizar análisis estadísticos de sensibilidad y probabilísticos.

Slide tiene 2 subprogramas: Slide Compute y el Slide Interpret. El primero se utiliza para calcular el factor de seguridad una vez que se ingresaron todos los datos de entrada. Mientras que el segundo permite identificar la superficie de falla crítica y el centro de giro (Manual Slide).

Figura n.º 2.24. Software de análisis de estabilidad de taludes – Slide V.6



Fuente: Slide V.6 – Lima (2019)

e. Resistencia al corte

La resistencia al corte de un suelo se define como la resistencia por unidad de área que este ofrece a la falla o deslizamiento sobre un plano dentro de él (Das, 2 001).

f. Criterio de rotura de Mohr Coulomb

Según la teoría de Mohr los materiales se rompen debido a una combinación entre esfuerzo cortante y normal. Aprovechando esta teoría, Coulomb propuso un criterio de rotura para los suelos que relaciona tensiones efectivas y normales actuando en cualquier plano del suelo (Gonzales de Vallejo, 2 003). Esta relación se describe como:

$$\tau = c' + (\sigma_n - u)\tan(\theta)$$

Dónde:

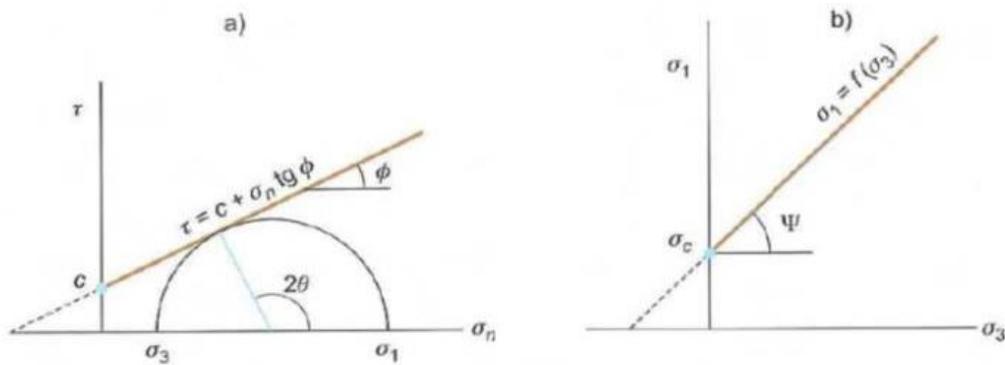
τ La resistencia al corte

c' - La cohesión efectiva,

σ_n La tensión normal

- u : Presión intersticial
- ϕ : Angulo de fricción.

Figura n.º 2.25. Envolvente de Mohr Coulomb



Fuente: (Ferrer, 2 003).

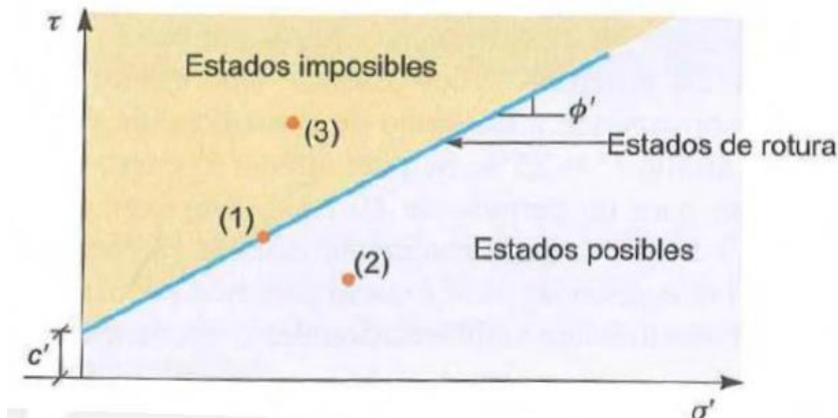
Nota: (a) esfuerzos tangenciales vs normales, (b) esfuerzos principales

La ecuación anterior representa una recta que normalmente es conocida como envolvente de falla o de rotura.

En la siguiente imagen se pueden apreciar algunos aspectos muy importantes:

En la Figura, el punto:(1) representa un estado de rotura. Mientras que el punto (2) representa un estado que cuenta con cierto grado de seguridad, pues para cierto esfuerzo normal el esfuerzo tangencial es considerablemente menor que el máximo esfuerzo tangencial finalmente, el punto (3) es un estado imposible, ya que el esfuerzo tangencial sobrepasa el máximo valor de este.

Figura n.º 2.26. Criterio de rotura en suelos



Fuente: (Gonzales de Vallejo, 2 003)

Por otro lado, el criterio de rotura empleado en el caso de las rocas es el de Hoek- Brown

g. Método de análisis de estabilidad de taludes

Desde el punto de vista determinístico existen dos métodos para abordar el análisis de estabilidad de un talud: el de equilibrio límite y el de análisis de tensiones.

h. Método de equilibrio límite

El método consiste en determinar el equilibrio de una masa activa de suelo, la cual puede ser delimitada por una superficie de ruptura circular, plana o poligonal. El método asume que la ruptura se da a lo largo de un plano, en el cual todos los elementos de esa superficie alcanzan simultáneamente el factor de seguridad $FS=1$. Al momento de la ruptura, la resistencia al corte a lo largo de la superficie está movilizada; mientras que el terreno se encuentra en equilibrio estático. Actualmente, este método es bastante utilizado debido a su sencillez y porque los factores de seguridad obtenidos son similares al real. (Gerscovich, 2013)

i. Factor de seguridad

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

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

Dónde:

- τ_r Es la resistencia al corte máxima en la superficie de deslizamiento,
- τ La resistencia al corte movilizado en la superficie de deslizamiento y
- ds El diferencial de longitud a lo largo de la superficie de deslizamiento.

Por otro lado, el FS también puede ser definido como el cociente de la cohesión del terreno o el ángulo de rozamiento del talud actual y cohesión o ángulo de fricción del talud requerido para mantener el talud estable. Asimismo, puede definirse como el cociente de los momentos resistentes al deslizamiento y los momentos que inducen al deslizamiento

En el caso de un FS menor a 1 se afirma que el movimiento a lo largo de la superficie de deslizamiento es posible. A partir de $FS=1$, es posible determinar el máximo ángulo de inclinación que un talud podría tener para permanecer estable. Mientras que para taludes definitivos debería emplearse un $FS=1.5$ (Hoek, 1991)

j. Métodos para determinar el factor de seguridad

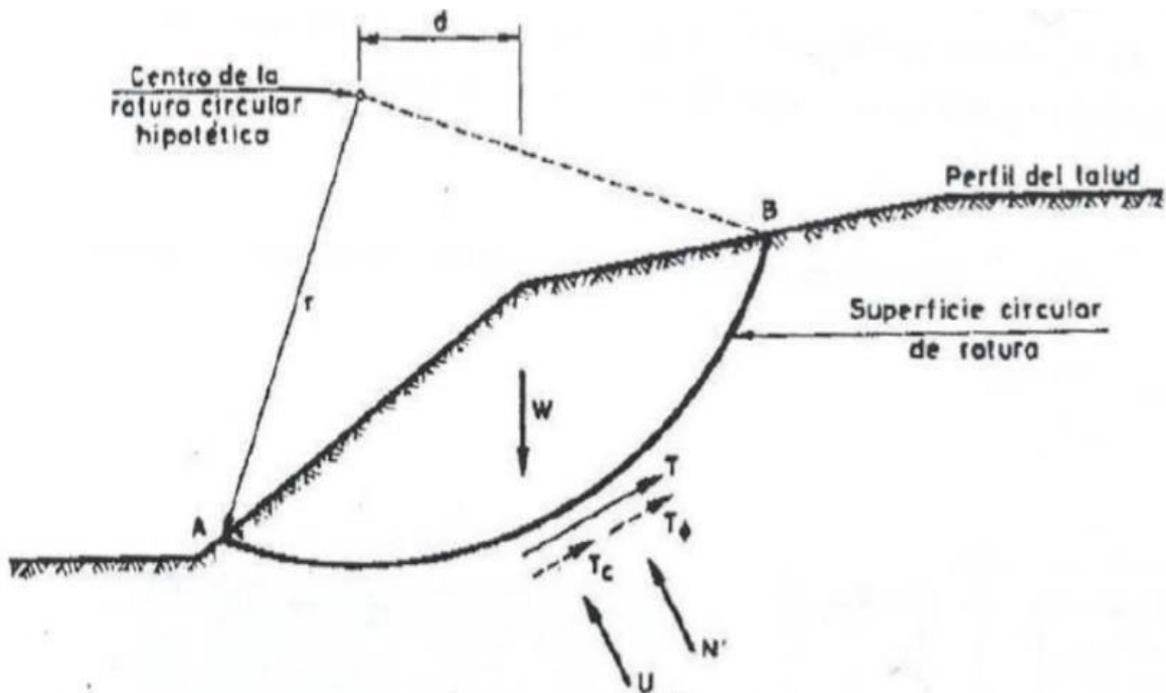
Los métodos más empleados para el análisis de fallas de taludes con geometría curva son el método de la masa total y el método de las rebanadas.

k. Métodos de la masa total

La hipótesis de rotura circular en 2 dimensiones es muy utilizada en el caso de taludes de altura finita en donde no existe una zona que pueda definir la superficie de rotura.

Este método considera que la masa se mueve como un todo uniformemente. Las fuerzas que actúan sobre la superficie de equilibrio son el peso propio, W ; presión intersticial, U ; tensión tangencial, T ; y la tensión normal, N (Alonso, 2 005)

Figura n.º 2.27. Fuerzas que actúan sobre superficie de rotura curva



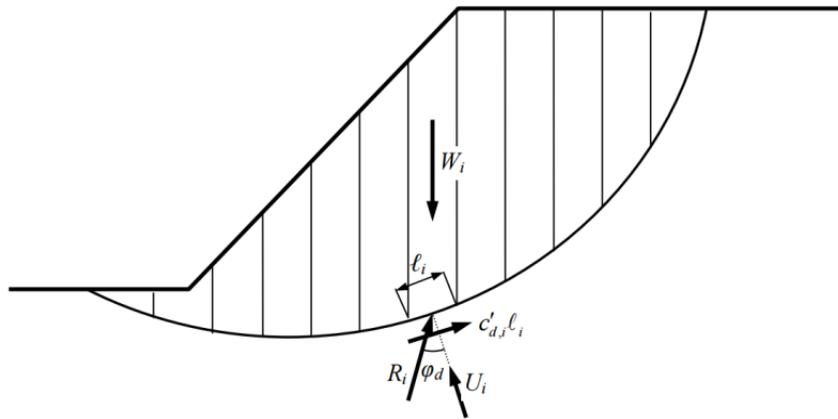
Fuente: (Alonso, 2005)

l. Métodos de las rebanadas

Este método fue desarrollado con el objetivo de tener mayor precisión en cálculo del FS, para ello la masa de deslizamiento se divide en rebanadas verticales y cada una de ellas deberá satisfacer la condición de equilibrio. Entre las ventajas de este método se puede comentar que se tiene una mejor distribución de esfuerzos normales sobre la superficie de deslizamiento. Además, es aplicable a situaciones donde se tenga terreno heterogéneo. Para ello solo es necesario realizar una buena distribución de rebanadas.

No obstante, la desventaja del método es que estáticamente es indeterminado (Alonso, 2005).

Figura n.º 2.28. División de rebanadas para aplicar el equilibrio límite



Fuente: (Alonso, 2005)

Entre las incógnitas se tiene, siendo n el número de rebanadas.

Descripción	Nº de incógnitas
Factor de seguridad (F)	1
Fuerzas efectivas normales en la base (AN'), (la presión de agua, U, es conocida)	n
Posición de la fuerza normal efectiva en cada rebanada (a)	n
Fuerza resistente disponible en la base de cada rebanada ($S = S_r/F$)	n
Fuerzas normales en los bordes laterales (E)	n-1
Fuerzas tangenciales en los bordes laterales (X)	n-1
Localización de los puntos de aplicación de las fuerzas normales en los bordes laterales (y)	n-1
TOTAL	6n-2

Mientras que las ecuaciones son las siguientes:

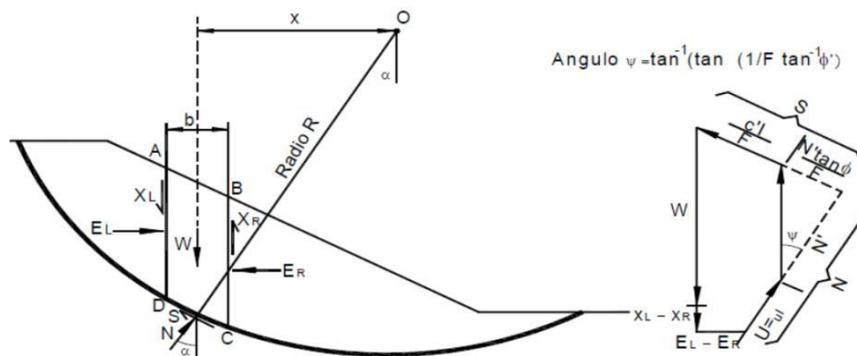
Descripción	Nº de ecuaciones
Ecuaciones de equilibrio de fuerzas según dos direcciones independientes.	2n
Ecuaciones de equilibrio de momentos	n
Relaciones de rotura entre las tensiones normales y tangenciales en la línea de rotura	n
TOTAL	4n

Por lo tanto, queda $2n-2$ incógnitas y para resolverlas se tendrá que realizar algunas suposiciones. La primera es suponer que la presión intersticial actúa exactamente en el centro de la rebanada, por lo tanto, las incógnitas se reducen a $n-2$. La segunda suposición tiene que ver con las fuerzas que actúan en los bordes de las rebanadas y éstas varían según el método: Fellenius, Janbu, Morgenstern y Price, Spencer y Bishop, siendo este último el más empleado (Alonso, 2 005).

m. Métodos de Fellenius

El método ordinario de Fellenius asume una falla circular, divide el bloque de falla en rebanadas y obtiene el equilibrio de momentos producido por las fuerzas actuantes, sobre cada rebanada, respecto el círculo de falla. Las fuerzas que actúan sobre cada división son el peso y las fuerzas resistentes de cohesión y fricción que actúan en la superficie de falla. Este método desprecia las fuerzas de presión y cortante en las paredes de las rebanadas (Suarez, 2 009)

Figura n.º 2.29. Fuerzas que actúan en una rebanada – Método de Fellenius



Fuente: (Suarez, 2 009)

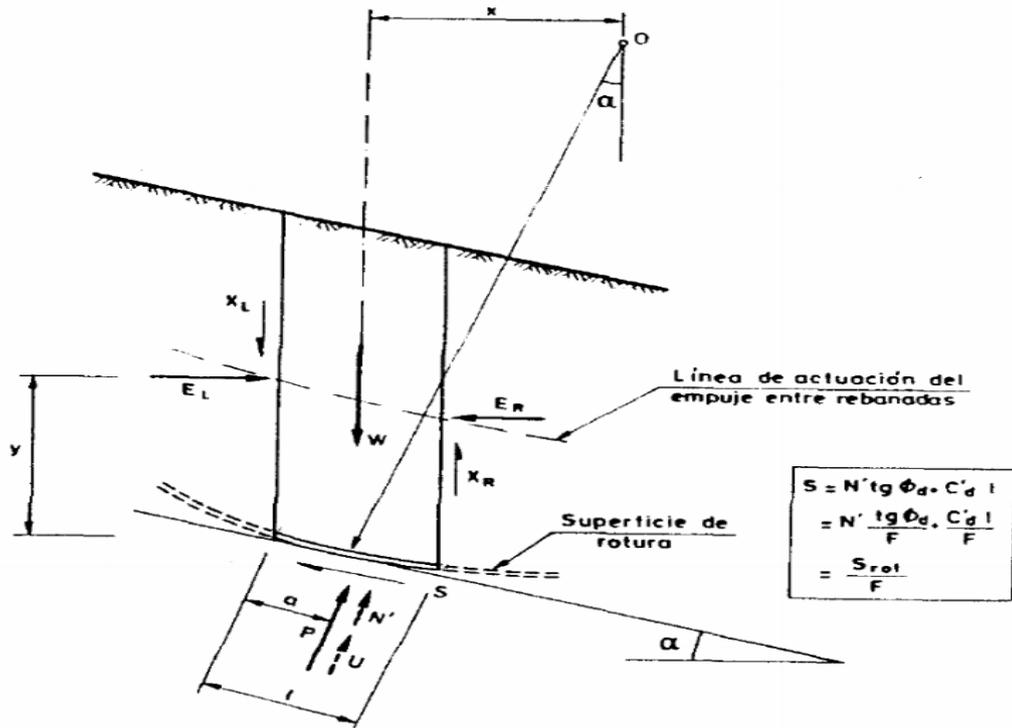
n. Método de Bishop

Bishop en 1 955 desarrolló este método con las siguientes hipótesis:

- 1) Superficie de rotura circular.

- 2) Masa deslizante se divide en rebanadas.
- 3) Se establece equilibrio de momentos de las fuerzas actuantes en cada rebanada respecto del centro del círculo de rotura.
- 4) Del equilibrio de fuerzas verticales se obtiene las fuerzas normales a la superficie de rotura, N. Esta se reemplaza en la de equilibrio de momentos.
- 5) Este método desprecia las fuerzas tangenciales entre rebanadas.

Figura n.º 2.30. Fuerzas actuantes en cada rebanada, Método de Bishop



Fuente: (Alonso, 2 005)

Equilibrio de momentos:

$$\sum S * r = \sum W * x = \sum W * r * \text{sen} \varphi'$$

Pero el esfuerzo total de corte, S, está relacionado con el factor de seguridad, F, mediante la siguiente ecuación:

$$S = \frac{c' * l + N' * \text{tan} \varphi'}{F}$$

Sustituyendo:
$$S = \frac{\sum c' * l + N' * \text{tan} \varphi'}{\sum W \text{sen} \alpha}$$

Se calcula N' a partir del equilibrio de fuerzas verticales en cada rebanada

$$W + \Delta X = S \operatorname{sen} \alpha + N' \operatorname{cos} \alpha + U \operatorname{cos} \alpha$$

Reemplazando:

$$N' = \frac{W + \Delta X - \left(\frac{c' * l * \operatorname{sen} \alpha}{F} + U \operatorname{sen} \alpha \right)}{\operatorname{cos} \alpha + \frac{\tan \varphi' * \operatorname{sen} \alpha}{F}}$$

Por lo tanto, el factor de seguridad quedaría expresado de la siguiente manera:

$$F = \frac{\sum \frac{c'x + \tan \varphi' (W - U \operatorname{cos} \alpha + \Delta X)}{\operatorname{cos} \alpha (1 + \tan \alpha * \frac{\tan \varphi'}{F})}}{\sum W \operatorname{sen} \alpha}$$

De la hipótesis de que las fuerzas tangenciales en los bordes de las rebanadas son nulas:

$$F = \frac{\sum (c'x + (W - U \operatorname{cos} \alpha) \tan \varphi') M(\alpha)}{\sum W \operatorname{sen} \alpha}$$

Con

$$M(\alpha) = \frac{1}{\operatorname{cos} \alpha (1 + \frac{\tan \alpha * \tan \varphi'}{F})}$$

Se inicia el cálculo con un F hipotético e iterando hasta la convergencia, la cual se alcanza rápidamente.

o. Métodos análisis de esfuerzos

Los análisis de estabilidad basados en el estudio de esfuerzos y deformaciones requieren de programas computacionales fundamentados en los métodos de elementos finitos (MEF) o de las diferencias finitas (MDF). La gran ventaja de utilizar estos programas es que en el análisis se pueden incluir; además de los parámetros geotécnicos de resistencia, más características de los materiales involucrados (Gerscovich, 2013), por ejemplo:

- No linealidad de curva σ vs ϵ (Modelos constitutivos no lineales)
- Anisotropía
- Heterogeneidad
- Etapas constructivas

El análisis de estabilidad puede ser realizado por la comparación de esfuerzos cortantes movilizados con los esfuerzos de resistencia al corte. Por ello, es posible:

- Establecer secciones de ruptura donde: $\tau_{mob} = \tau_{resistencia}$
- Niveles de esfuerzo de interés para ensayos de laboratorio.
- Conocer las deformaciones, que en muchos casos, durante la elaboración del proyecto, es más importante que el FS.

- **Consideraciones dinámicas método pseudoestatico-sismico**

La propagación de las ondas sísmicas en una masa de suelo no confinada como lo son los taludes, origina aceleraciones, tensiones localizadas y deformaciones de fuerte magnitud. Por lo tanto, la respuesta de un talud puede ser analizada sometiendo el modelo a una historia de aceleraciones de un evento sísmico. Los estudios ejecutados en el pasado concluyen que la respuesta sísmica de un talud depende de las características dinámicas de los suelos que lo componen, además de los suelos de la fundación. (Troncoso, 1 992)

Del mismo modo, influyen la magnitud de la aceleración sísmica, la duración del sismo, la distancia epicentral y la dirección principal del sismo (Suarez, Comportamiento sísmico de taludes, 2 009)

Los taludes fallan durante un sismo de gran magnitud debido a que se incrementan los esfuerzos y se reduce la resistencia. Este efecto puede generar una falla progresiva o instantánea del talud.

- **Análisis pseudoestatico-sismico**

En el análisis Pseudoestático, se añade sobre todos los elementos en análisis una fuerza horizontal igual a K por el peso del elemento. Terzaghi propuso que la aplicación de esta fuerza debería ser al medio de cada rebanada; sin embargo existen otros autores que recomiendan aplicar la fuerza por encima del centro de las rebanadas basándose en que la aceleración aumenta de abajo hacia arriba.

Este método es igual que el resto de métodos de equilibrio límite, con la diferencia de que se aumentan fuerzas horizontal y vertical debido al sismo. Estas fuerzas son proporcionales al peso del bloque potencial de deslizamiento. Los coeficientes sísmicos son y están en función de la aceleración de la gravedad. Por lo general se asume igual a cero debido a que su valor no es muy representativo. Mientras que, en un análisis conservador debe ser igual a la máxima aceleración pico esperada en la zona. No obstante, este criterio podría ocasionar problemas numéricos para mayores a 0.4.

Figura n.º 2.31. Valores de K recomendados para el análisis Pseudoestático

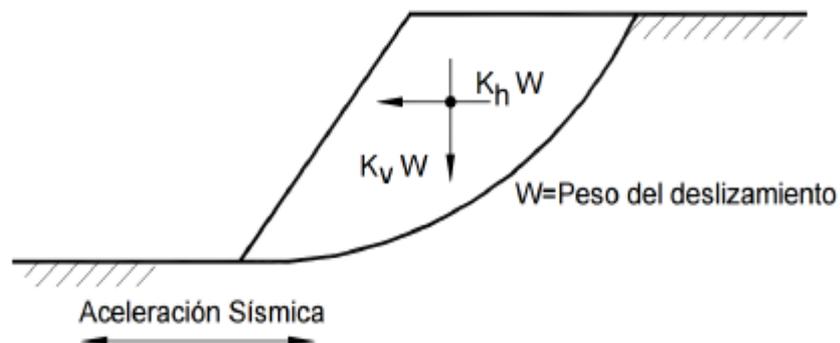
Coefficiente Sísmico k	Observaciones
0.10	Sismo importante, FS > 1.0.
0.15	Sismo de gran magnitud, FS > 1.0.
0.15 a 0.25	Japón FS > 1.0
0.05 a 0.15	Estado de California
0.10 para $\mu = 6.5$ 0.15 para $\mu = 8.5$	(Seed, 1979) con FS>1.15
1/3 a 1/2 de la aceleración pico superficial	(Marcuson y Franklin,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

Fuente: Suarez, Comportamiento sísmico de taludes, 2 009

En el caso de una falla curva, el cálculo de factor de seguridad para condiciones sísmicas se realiza a partir de una modificación de la fórmula empleada en método de Janbu.

$$F_{sd} = \frac{\sum(w \tan \phi + c_d \cos \alpha) / (\cos^2 \alpha (1 + \tan \alpha * \tan \phi / F_d))}{\sum(w \tan \alpha + \frac{a_{max} w}{g})}$$

Figura n.º 2.32. Análisis pseudoestático de una falla curva



Fuente: Suarez, Comportamiento sísmico de taludes, 2 009)

2.3.3.2. Desarrollo del procedimiento para el objetivo específico 3

a. Criterios de Evaluación

En la Tabla 2.23, se presenta los valores de los factores de seguridad mínimos de acuerdo con el criterio del Ministerio de Energía y Minas (MEM). analizados bajo un evento sísmico de 100 y 500 años de periodo de retorno

Tabla n.º 2.23. Valores de factores de seguridad mínimos admisibles

Factor de Seguridad	Condición	MEM
Estático	Operación	1.3
	Cierre	1.5
Pseudoestáticas	Operación ¹	1.2
	Cierre ²	1.0

Fuente: Guía ambiental del MEM (Ref. 15)

Se debe indicar que un factor de seguridad Pseudoestáticas menor a 1.0 no significa que la estructura se moverá excesivamente durante un terremoto. Lo que probablemente ocurrirá es que se produzcan desplazamientos permanentes, asociados al terremoto de diseño. Estos desplazamientos no deberán superar umbrales críticos para que así no se produzcan daños permanentes en la estructura.

b. Sección de análisis:

- Como base para el análisis de estabilidad realizado para el presente estudio, se ha empleado la topografía en la condición actual del depósito de desmontes N°100.
- El análisis de estabilidad se llevó a cabo sobre dos (2) secciones de análisis, las cuales se encuentran distribuidas de manera longitudinal al depósito de desmontes. Estas secciones cortan perpendicularmente a la zona más crítica o de mayor pendiente. Figura n. °2.14 y Figura n. °2.15.

c. Características de los análisis

- El escenario de análisis se ha considerado para condiciones estáticas y pseudoestáticas, para el estado de operación y cierre.
- La sección ha sido analizada buscando obtener fallas críticas, sean circulares o no circulares (método cuckoo search).

d. Aceleración de diseño

Para la condición pseudoestático se han considerado coeficientes sísmicos de 0.09 y 0.20g resultado del estudio de peligro sísmico, equivalente a sismos con período de retorno de 100 y 500 años, respectivamente.

e. Propiedad de los materiales

Las propiedades de los materiales que intervendrán en el modelo geotécnico son las siguientes:

Tabla n.º 2.24. Modelo Geotécnico

Material	Peso Unitario (kN/m ³)	Cohesión (c)	Ángulo de fricción (Φ)
Basamento rocosa	25	297	54
Dique de Arranque	21.8	0	34
DMT vertido anterior	20.0	0	39
DMT conformado hasta Jun.13	24.5	0	39
DMT conformado hasta Mar. 14	24.5	0	39
DMT conformado hasta Abr. 15	24.5	0	39
DMT conformado hasta Abr.15	20.0	0	39
DMT conformado hasta Dic 18	21.0	0	39
DMT vertido proyecto 2019	21.0	0	39

Fuente: SVS, 2015 (Ref. **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**); SRK, 2018

f. Datos operacionales:

En el diseño de ampliación se han considerado los siguientes datos operacionales:

- Días de operación por año: 360 días
- Producción de desmonte anual: 800,000 m³
- Producción nominal diaria de desmonte: 2,222 m³
- Densidad del desmonte: 2.00 t/m³
- Capacidad adicional de almacenamiento: 500,000 m³
- Tiempo de vida adicional: 0.6 años
- Volumen total incluida la ampliación: 2'600,000 m³

Fuente: Milpo - Cerro Lindo 2018

g. Análisis de estabilidad

Para los análisis de estabilidad de taludes, se utilizó el programa de cómputo SLIDE (Rocscience), V.6. Este es un programa de análisis de estabilidad de taludes completamente integrado, que permite: (1) desarrollar la geometría del talud interactivamente y (2) definir los tipos y propiedades de los materiales de manera muy amigable con el usuario.

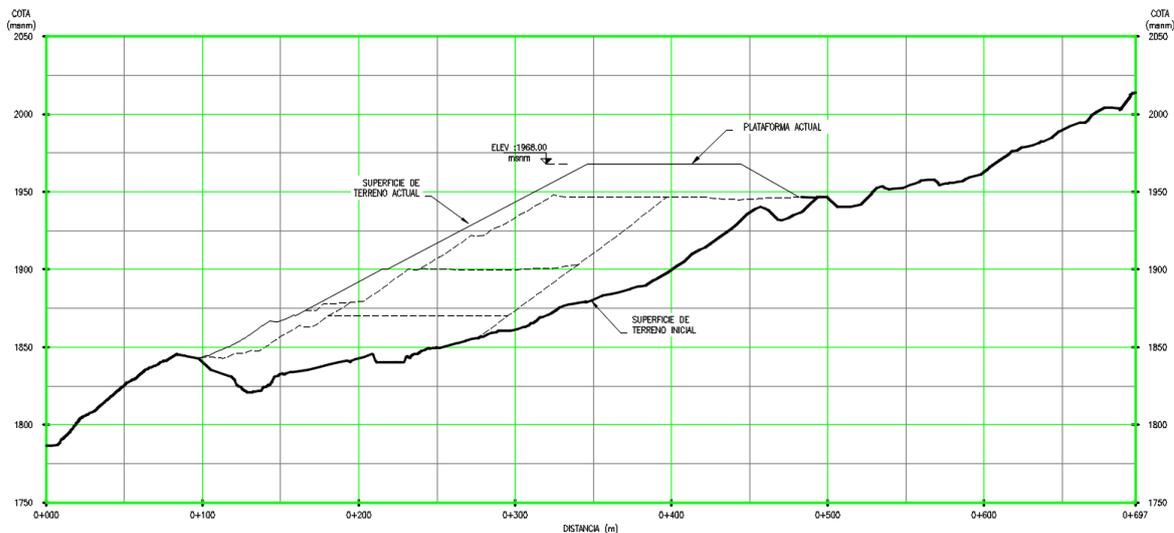
El análisis para calcular el factor de seguridad se lleva a cabo de manera bidimensional usando el concepto de equilibrio límite. El programa tiene la opción de utilizar diferentes métodos de análisis de estabilidad de manera simultánea; sin embargo, para el presente informe se ha utilizado el Método de Spencer empleando dovelas para el cálculo de superficies de falla. La superficie de falla crítica es definida como aquella que proporciona el menor factor de seguridad, y fue encontrada en forma interactiva modificando las condiciones de búsqueda de la misma, evaluándose superficies de falla circulares y del tipo bloque.

Como hipótesis del análisis se considera que las propiedades de los materiales que conforman las diferentes estructuras analizadas, son homogéneas e isotrópicas y que el colapso se produciría como resultado de fallas simultáneas a lo largo de la superficie de deslizamiento. Cada material tiene sus propiedades y características físicas y mecánicas.

Para el análisis pseudoestático se considera que la masa involucrada en la falla está sometida a una aceleración horizontal igual a un coeficiente sísmico multiplicado por la aceleración de la gravedad, esto con el objetivo de tomar en cuenta el efecto de las fuerzas inerciales producidas por el terremoto de diseño

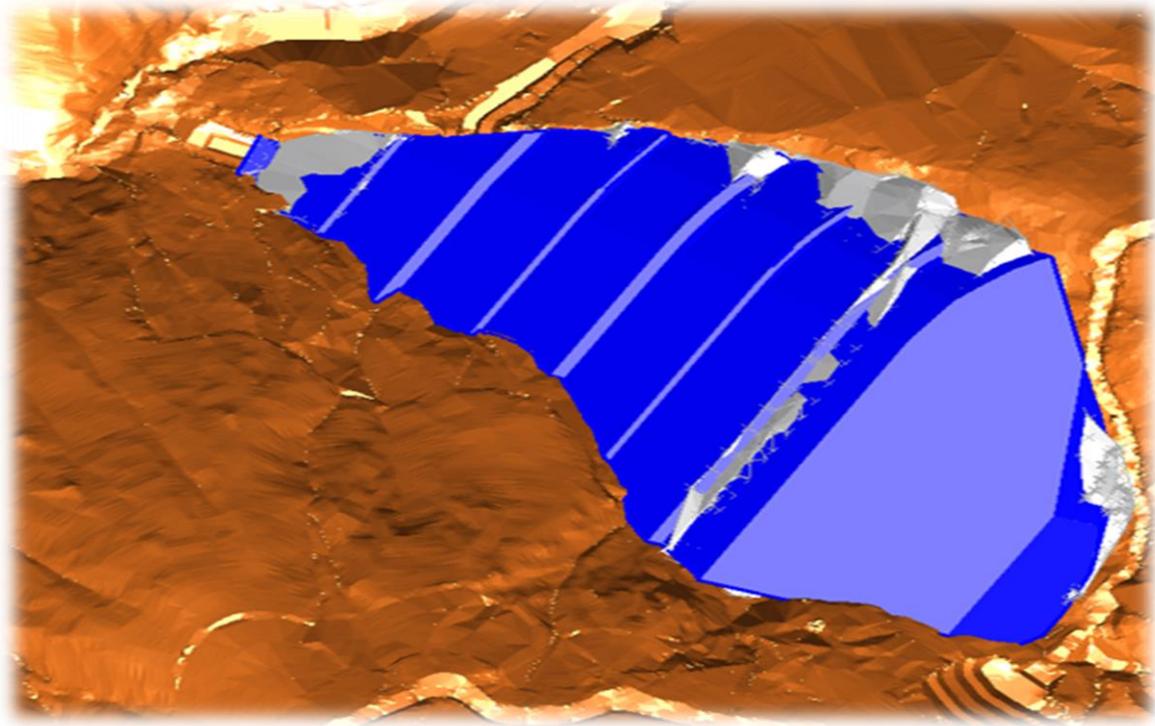
h. Perfil topográfico actualizado

Figura n.º 2.33. Topografía actualizada (sección)



i. Diseño de talud - software Minesight

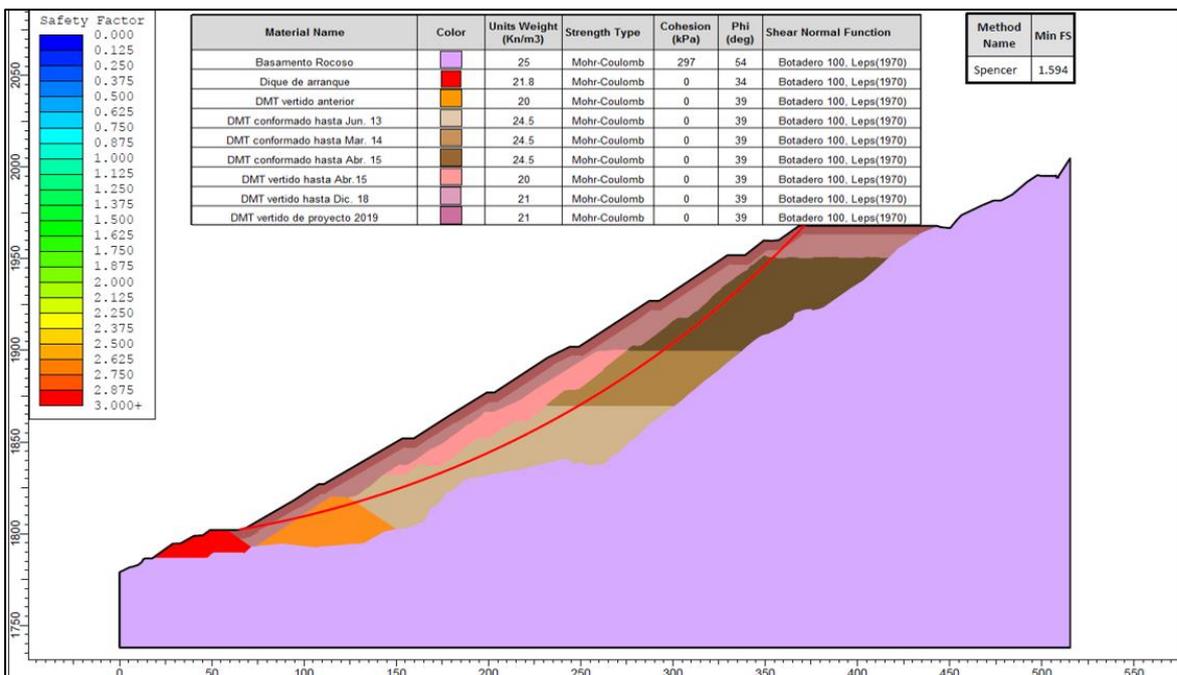
Figura n.º 2.34. Diseño: Software Minesight



Fuente: Diseño de Talud método de banquetas.

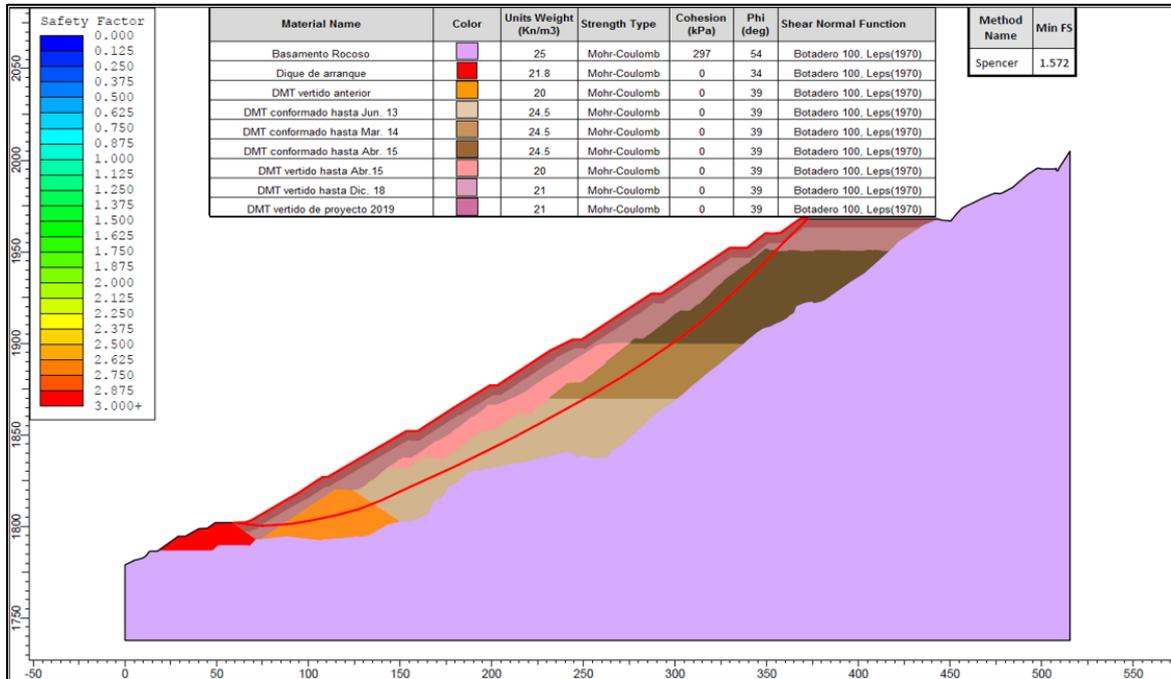
j. Análisis Estático - sección A-A'

Figura n.º 2.35. Análisis estático falla Circular



Fuente: Elaboracion propia (2018)

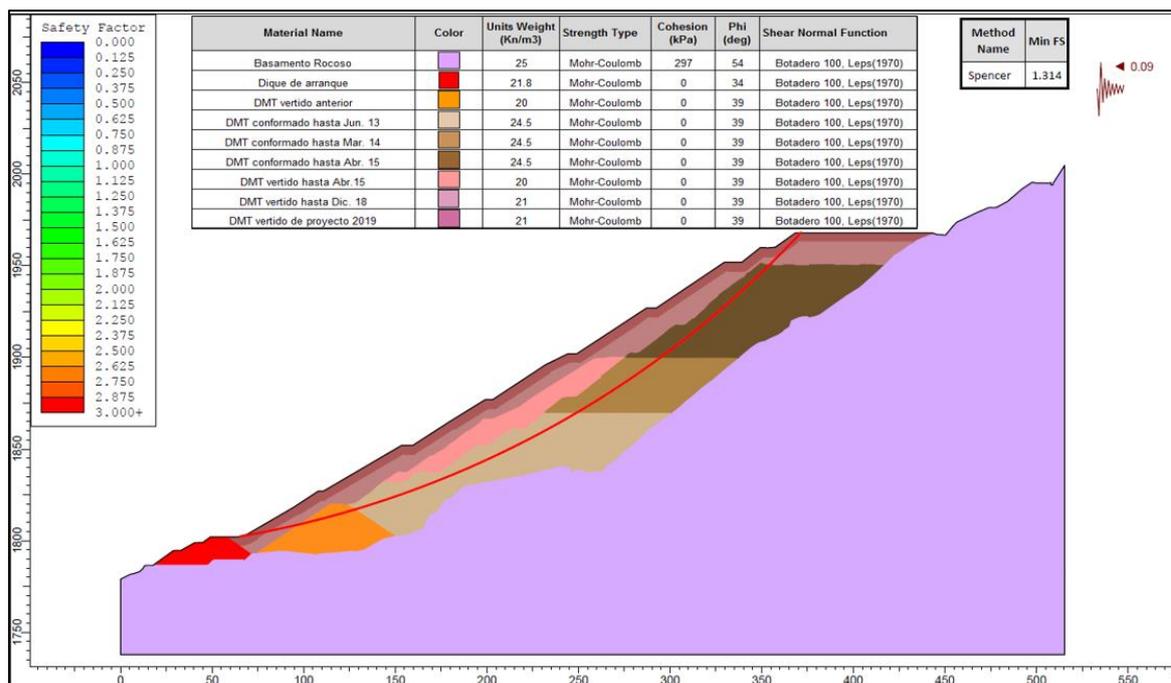
Figura n.º 2.36. Análisis estático falla NO Circular



Fuente: Elaboracion propia (2018)

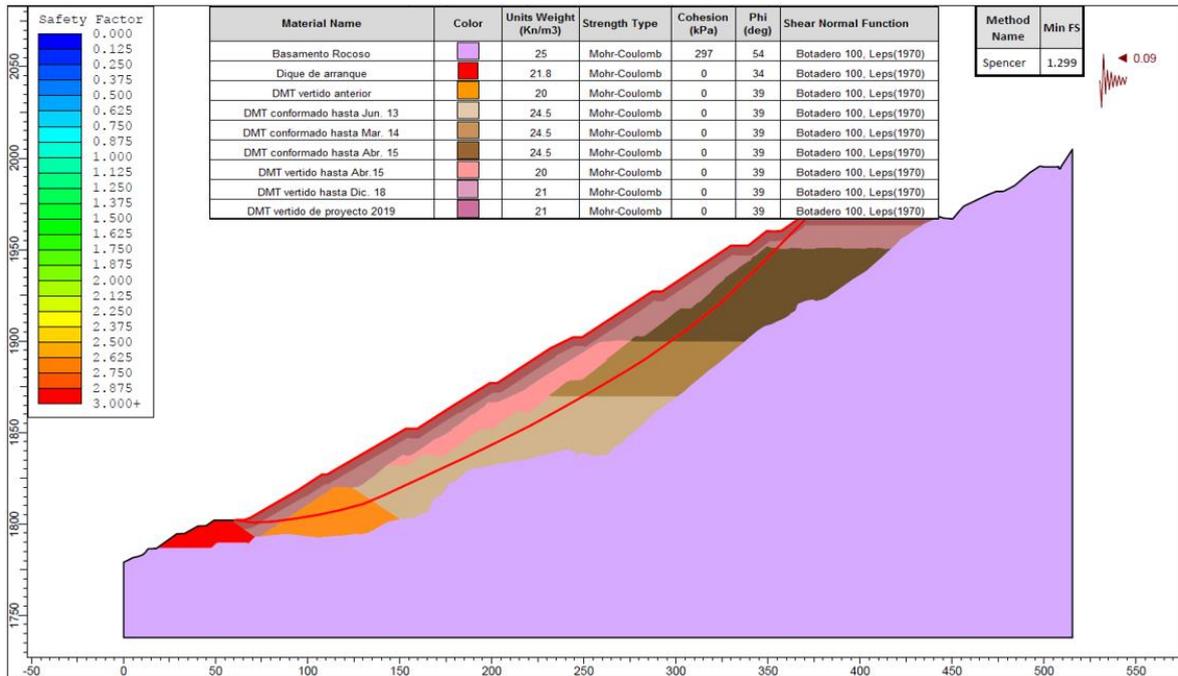
k. Análisis Pseudoestático - sección A-A'

Figura n.º 2.37. Análisis pseudoestático falla Circular



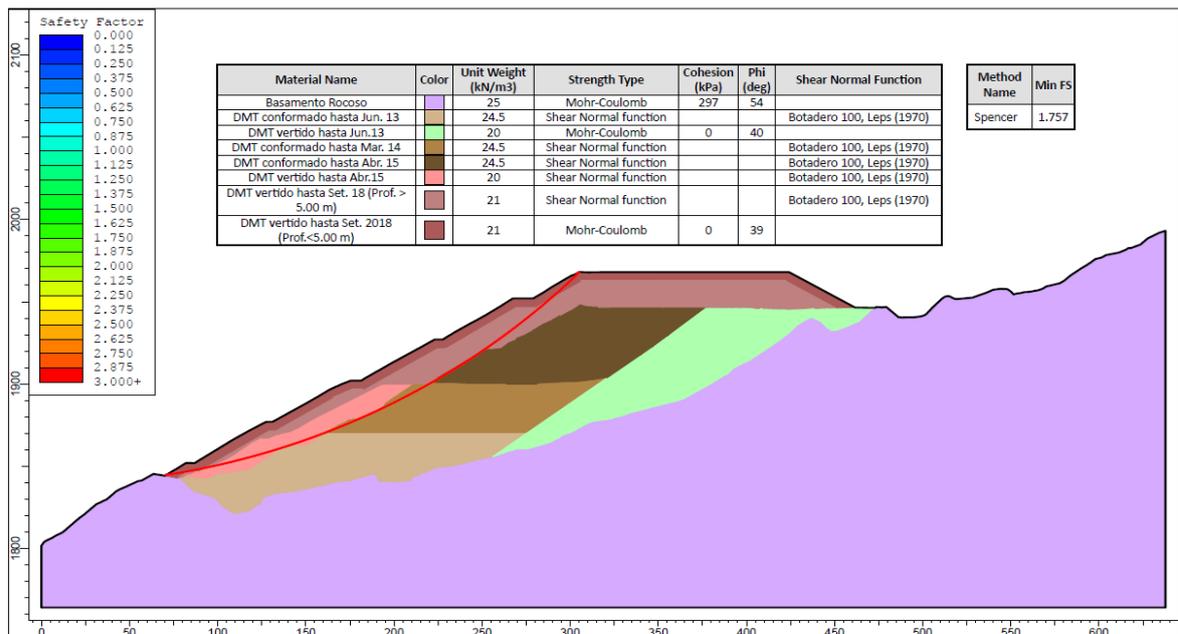
Fuente: Elaboracion propia (2018)

Figura n.º 2.38. Análisis pseudoestático falla NO Circular



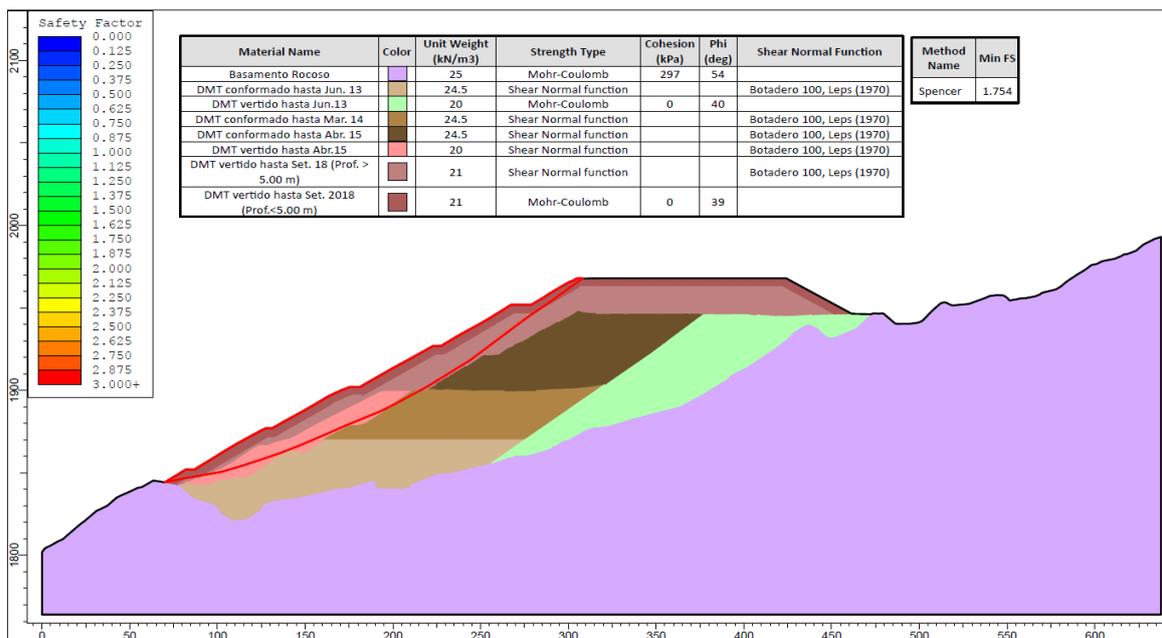
I. Análisis Estático - sección B-B'

Figura n.º 2.39. Análisis estático falla Circular



Fuente: Elaboracion propia (2018)

Figura n.º 2.40. Análisis estático falla NO Circular



Fuente: Elaboracion propia (2018)

m. Análisis Pseudoestático - sección B-B'

Figura n.º 2.41. Análisis pseudoestático falla Circular

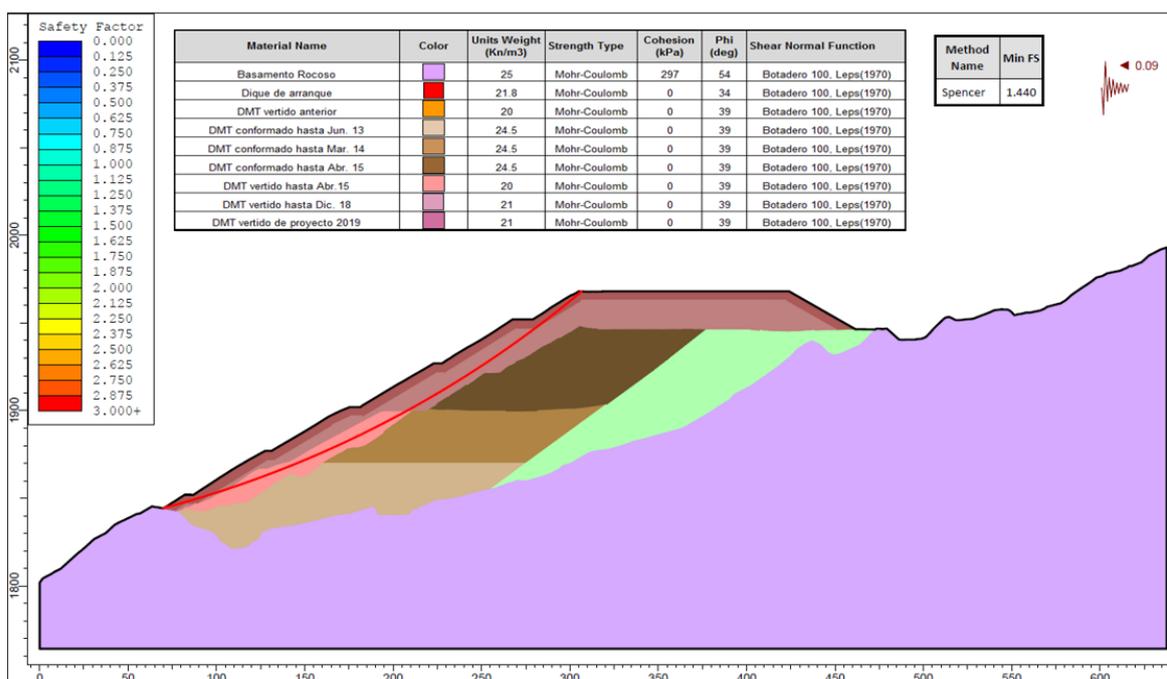
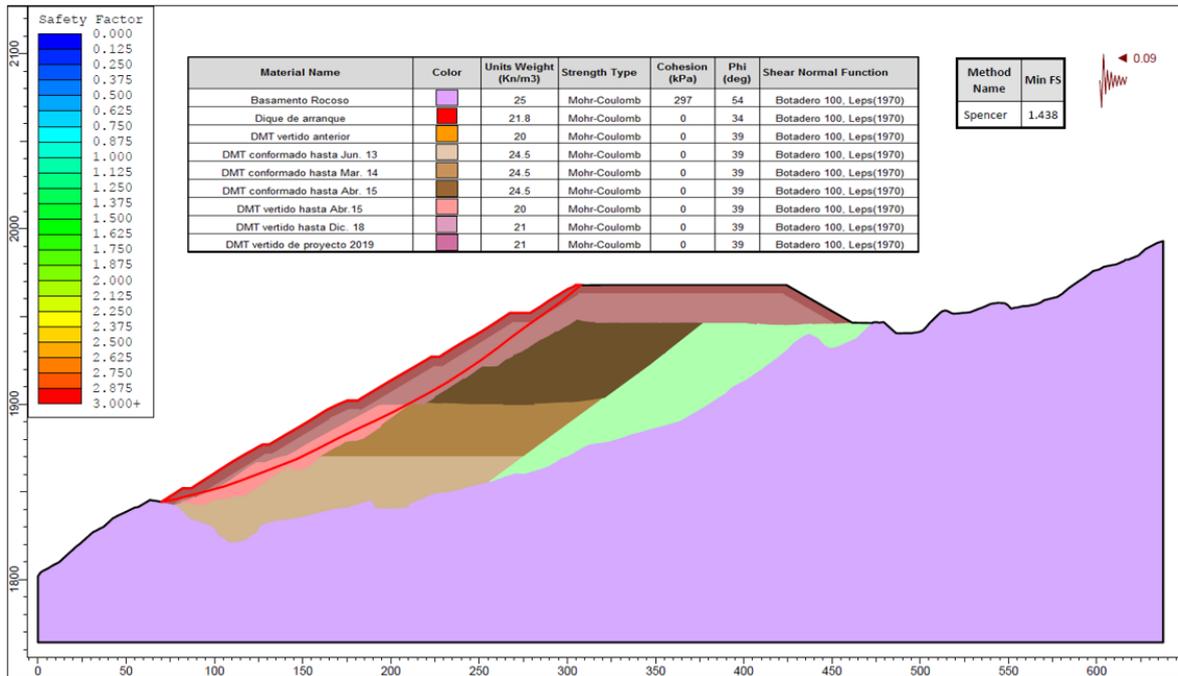


Figura n.º 2.42. Análisis pseudoestático falla NO Circular

n. Datos de Diseño final
Tabla n.º 2.25. Características del diseño final del depósito de desmonte botadero 100

Característica	Unidad	Valor
Cota de plataforma final	msnm	1,968
Altura	m	166
Altura de bancos	m	25
Talud aguas abajo	H:V	1.6:1
Ángulo general inter-rampa	°	32
Volumen total del botadero 100	m ³	2'600,000.00

o. Resultados de análisis

El análisis de estabilidad se ha desarrollado con el objetivo de conocer las condiciones críticas de falla para la ampliación del depósito de desmontes N°100, para una condición de operación y cierre. En la Tabla n.º 2.25 se presenta un resumen de los factores de seguridad obtenidos.

Tabla n.º 2.26. Factores de seguridad del depósito de desmontes 100

Sección Analizada	Tipo de Falla	Factor de Seguridad								
		Estático			Pseudoestáticas					
		Operación y Cierre			Operación (k=0.09)			Cierre (k=0.20)		
		F.S. Slide	F.S. Min.	Estado	F.S. Slide	F.S. Min.	Estado	F.S. Slide	F.S. Min.	Estado
A-A	Circular	1.594	1.30/1.50	Estable	1.314	1.20	Estable	1.063	1.00	Estable
	No Circular	1.572	1.30/1.50	Estable	1.299	1.20	Estable	1.053	1.00	Estable
B-B	Circular	1.757	1.30/1.50	Estable	1.440	1.20	Estable	1.157	1.00	Estable
	No Circular	1.754	1.30/1.50	Estable	1.438	1.20	Estable	1.158	1.00	Estable

A partir de los resultados obtenidos en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se puede concluir que los taludes analizados del depósito de desmontes 100 son físicamente estables, para los estados estático y Pseudoestático y en condiciones operativas y de cierre, cumpliendo con los requerimientos mínimos de seguridad establecidos por el Ministerio de Energía y Minas.

2.3.4. Procedimiento para el objetivo específico 4

Para verificar y controlar la estabilidad física del depósito de desmonte del botadero 100, los desplazamientos verticales serán medidos por hitos topográficos. Los desplazamientos horizontales serán medidos por inclinómetro instalados estratégicamente en lugares más vulnerable y el nivel freático y la presión de los poros serán controlados mediante un piezómetro de cuerda vibrante ubicado en el dique de arranque del depósito.

a. Análisis de estabilidad (procedimiento objetivo 3)

Determinado que la falla y desprendimiento se produciría como resultado de fallas simultáneas a lo largo de la superficie de deslizamiento, agua abajo (Discusión 2) y conociendo la superficie de falla crítica.

b. Estudio geológico

- Geomorfológico, Litoestratigráfico, Geoestructuras, Hidrogeología, Peligro geológico.

c. Diseño plano de Instrumentación:

- Instalación y monitoreo de hitos topográficos y su frecuencia de monitoreo.
- Instalación y monitoreo de piezómetros y la frecuencia de monitoreo
- Instalación y monitoreo de Inclinómetro y la frecuencia de monitoreo

2.3.4.1 Marco teórico del objetivo específico 4

a. Geología

El área del estudio se encuentra enmarcado en el flanco oeste de la Cordillera Occidental y la zona media del valle del río Topará, es la zona de transición entre la sierra y árida, presentar cerros de perfiles redondeados y con laderas que tienen de 15° a 45° de inclinación característico de un valle joven la mina está en el sector central del valle del río Topará, donde están las quebradas de Pahuaypite, Patahuasi, Chavín, Chilcuy, Huiripina, Cullucu Punta etc. que drenan hacia el río Topará. Las laderas están disectadas por cárcavas y quebradas en “V” en la zona e inmediaciones INGEMMET (Mapa Geológico del Cuadrángulo de Tantará 27-I-IV a 1:50000) ha identificado tres unidades litológicas principales, formación Huaranguillo, Batolito de la Costa y depósitos cuaternarios recientes el dique actual y el dique proyectado para ampliación del Botadero 100 estará cimentado en un 100% sobre roca tipo tonalita de textura bandeada – gnéica en todo el flanco izquierdo. El vaso de la desmontera en la roca andesita (volcánico-sedimentaria) de la formación Huaranguillo y algunos cuerpos diorita color gris clara, dura a muy dura la quebrada Patahuasi está ubicado en la margen izquierda del río Topará, la cresta del dique de arranque actual está referido a la coordenada UTM – WGS84 (zona 18 sur) N8553681, E392125 y la elevación 1820 msnm.

b. Geomorfología

La quebrada Patahuasi, está ubicada en el flanco izquierdo del valle del río Topará; la quebrada es de trayectoria corta, de fondo angosto y flancos escarpados. Longitudinalmente, la quebrada muestra tres relieves característico: el sector superior corresponde a la cabecera de la quebrada donde las laderas tiene una superficie uniforme con pendientes de 20 a 25°; el sector intermedio tiene flancos escarpados con pendientes de 40 a 45°, fondo angosto y con fuerte pendiente; y el sector inferior tiene fondo más amplio y flancos asimétricos. El cuerpo del botadero 100 descansa en los sectores medio e inferior y el dique de arranque en el sector inferior

El relieve sobre el eje del dique de arranque (perfil transversal) muestra siguientes características: flanco derecho escarpado con 50° de inclinación que termina en la cota 1840 msnm, flanco izquierdo con 40° de inclinación y fondo angosto. En el tramo final de la quebrada el cauce se ensancha.

c. Litoestratigrafía

En la zona del vaso y del dique se ha identificado tres unidades litológicas como: Formación Huaranguillo, Batolito de la Costa y Depósitos del Cuaternario. A continuación se describen las unidades litológicas desde el más antiguo a más reciente:

- **Formación Huaranguillo (K-hr)**

Formación Huaranguillo; de edad Albiano Medio a Senoniano Cretáceo Medio está compuesta por una secuencia sedimentaria-volcánica de andesitas alteradas por los eventos de mineralización y de tectónismo, aflora en gran parte de la zona de

estudio con coloraciones rojizas a anaranjadas, muy meteorizadas, producto de la oxidación con presencia de areniscas.

- **Batolito de la Costa - Súper Unidad Incahuasi**

- **Tonalita (K-to)**

Este cuerpo intrusivo aflora en la zona media e inferior de la quebrada Patahuasi, exactamente en el flanco izquierdo y se extiende hasta la media ladera del flanco derecho de la quebrada Patahuasi. Así mismo, aflora en la zona confluencia y se extiende a la margen derecha del río Topará.

En el Estudio de ingeniería básica y de detalle del Botadero 100 (SVS, 2010), efectuaron estudio petrográfico – minerográfico sobre una muestra tomada de los testigos de la perforación diamantina; el análisis determinó como tonalita compuesta por siguientes elementos: 50% de plagioclasa y 30% de cuarzo como minerales principales, 15% Biotita como accesorio, y zircón, apatita, epidota, rutilo y calcita como trazas.

La tonalita tiene una textura bandeada – gnéisica, atravesada por venillas de cuarzo opacos oxidados. Ha sufrido una alteración de marcada silicificación, seritización, moderado argilización, cloritización, ligera epidotización y oxidación, pudiendo identificarse como minerales de alteración cuarzo, sericita, arcilla, clorita, epidota, hematita y goethita.

La tonalita es de color verde claro, holocristalino, fanerítica, y dura; está ligeramente meteorizada y ligeramente fracturada a masiva. En el borde del cuerpo intrusivo, desde el contacto con los volcánicos y en una franja de aproximadamente 200 m ancho y con dirección noroeste - sureste se presenta bandeada y genisificada, manifestándose con mayor intensidad en la quebrada Patahuasi. Sobre este macizo está apoyado el dique de arranque y la desmontera.

- **Diorita (K-di)**

Esta roca aflora como cuerpos aislados y alargados en ambos flancos de la quebrada Patahuasi. La diorita es de color gris blanquecino, holocristalino y fanerítica, resistencia dura a muy dura, ligeramente meteorizada y ligeramente fracturada.

- **Depósitos del Cuaternario y Antropogénico**

- **Depósito aluvial**

Depósito aluvial (Q-av2) constituido por arena gravosa, finos de baja plasticidad seca, medianamente compacta, color marrón claro, con presencia de bloques angulosos a subangulosos de rocas intrusivas con tamaños máximos de 5”.

Depósito aluvial reciente (Q-av1) está ocupando el cauce del río topará; está compuesto por grava con matriz arena - limosa y algunos cantos angulosos, aglutinados en una masa suelta. El espesor de este material varía entre 0.3 a 1.2 metros aproximadamente.

- **Depósito Coluvial (Q-cv)**

El depósito Coluvial se ha acumulado principalmente al pie del flanco izquierdo de la quebrada Patahuasi, donde su granulometría consta de grava con matriz arenolimsa y cantos angulosos que se han aglutinado en una masa suelta a medianamente densa. La potencia de este depósito varía entre 0.5 a 2 m.

- **Depósito antropogénico - desmonte de mina**

Se refiere a los materiales de origen antropogénico, es decir, lo originado por la actividad humana. El material presente en el Botadero 100, corresponde a material de mina (desmonte de mina) que es extraído producto de las actividades mineras y que es transportando hacia este lugar de depósito.

En el Botadero 100 encontramos dos (02) tipos de material de acuerdo a la litología, lo que se denomina material piritoso y material volcánico, con respecto al material piritoso se presenta en fragmentos de pirita de hasta 5" de diámetro y material volcánico corresponde a fragmentos angulosos de andesitas de hasta 7" de diámetro, color verde claro con una matriz de polvo de roca.

d. Geoestructuras

La estructura principal es la falla de contacto entre la tonalita del Batolito de la Costa y la formación Huaranguillo y que atraviesa la zona del proyecto por el flanco derecho de la quebrada Patahuasi. Esta falla, de rumbo Noroeste-Sureste, tiene 5.00 m de zona cizallada. La falla es muy antigua y no ha representado ningún peligro en la estabilidad del depósito de desmonte.

Estructuras menores como diaclasas están distribuidas en tres sistemas, el primero corresponde a los planos de foliación con orientación N30°E/55°NW, el segundo con orientación N10°E/74°NW y el tercero con orientación N37°E/10°SE.

e. Hidrogeología

La cuenca de la quebrada Patahuasi tiene una extensión aproximada de 135 ha y se caracteriza por presentar una superficie escarpada con vegetación escasa a nula y escasa presencia de suelos hidromórficos. En la cabecera, las laderas se inclinan con 25 a 30°, en los flancos laterales con 35° y el talud de la quebrada baja con 18%; estas condiciones topográficas determinan que la velocidad de la escorrentía sea alta y no favorece las infiltraciones.

En cuanto a la precipitación pluvial en la zona del proyecto, ésta presenta un sesgo estacional donde la mayor parte de la precipitación ocurre entre los meses de noviembre y abril, siendo los meses restantes el período de sequía con escasa y ocasional precipitación pluvial. Según el IILA, la precipitación total anual en las cuencas Patahuasi es 100.3 mm, considera un valor de 1,500 mm para la evaporación, sin embargo en los periodos de lluvia se presenta flujos de agua en la quebrada Patahuasi, periodo en que supera la precipitación a la evaporación.

f. Peligro geológico

En el año de 2009 se ha efectuado el estudio del depósito de desmonte 100 y en el año 2012 entró en operación. El informe de peligro geológico de 2009 (SVS) ha llegado a tres conclusiones finales:

- Los peligros geológicos potenciales que podría afectar la estabilidad del depósito están relacionados con las avenidas máximas que podrían bajar por la quebrada Patahuasi y las vibraciones sísmicas.
- Hay evidencias que en la quebrada Patahuasi ha ocurrido flujos de lodos con escombros y procesos de erosión; como lo muestran los sedimentos recientes acumulados en el fondo de la quebrada y las cárcavas de erosión ubicadas en la cabecera de la quebrada.
- En el diseño se ha considerado estructuras de control de avenidas y el botadero se ha diseñado para soportar cargas sísmicas producidas por el sismo máximo creíble.

A raíz de flujo ocurrido en febrero de 2013. El estudio permitió registrar los eventos mayores antes y después de la operación de la mina, tal como se cita a continuación:

- Desde la operación de la mina Cerro Lindo se tiene registrados tres eventos, 2008, 2012 y 2013. Es probable que la intensidad de los huaycos durante El Niño de 1997-1998 haya sido más alta, porque la intensidad de las lluvias registradas en las estaciones meteorológicas fue también altos.
- Eventos de huaycos más recientes lo atestiguan en la quebrada Patahuasi son los sedimentos aluviales jóvenes que están rellorando el cauce de la quebrada y cuya composición consta de gravas y fragmentos de roca de mayores diámetros y escasa matriz fina. Se puede observar dos horizontes de materiales que deben estar asociados a dos eventos de huaycos, posiblemente uno de ellos está asociado al fenómeno de El Niño 1997-1998 que tuvo un carácter regional.
- El año 2012, durante la etapa de construcción ocurrieron flujos de lodos y avenidas de mediana magnitud, que interfirieron con la construcción del dique de arranque del depósito del botadero 100. Las zanjas para la construcción del plinto fueron parcialmente inundadas.
- El huayco que ocurrió el 11 de febrero del 2013 en la quebrada Patahuasi fue el que ocasiono mayores daños, a pesar de que su cuenca no es muy grande. Se encontró dos factores principales e importantes; el factor detonante fue la lluvia y escorrentía, y el factor que incremento la magnitud del huayco fue la modificación del patrón de drenaje y disturbado de la morfología natural (antrópico).

g. Hitos topográficos

En la actualidad se cuenta con una gran variedad de herramientas para la medición y cálculo de manera rápida, eficaz y precisa de los movimientos superficiales. El método más sencillo, económico y confiable es la instrumentación superficial que consiste en utilizar los datos topográficos medidos desde hitos, para conocer los movimientos que se manifiestan en la superficie de la obra. Para obtener los movimientos que se producen en la cortina y en el terraplén de la presa, durante y posteriormente a su construcción es necesario instalar un grupo de monumentos que están divididos en dos grupos que son: Los testigos superficiales y los bancos de referencia.

o Cálculo

Para conocer la dirección y magnitud de los desplazamientos horizontales en la corona y en los taludes de la presa, se realizan cálculos para obtener las coordenadas correspondientes a cada uno de los testigos superficiales, así como los rumbos de las visuales a cada testigo y el desplazamiento respectivo, todo esto referido a la línea base utilizada. Es importante señalar que se trabaja con promedios de las lecturas, así se trate de coordenadas (X, Y, Z). Con las coordenadas obtenidas de las observaciones realizadas, se obtiene el valor promedio de las coordenadas que se registran en el formato que se muestra en el Anexo 5. El desplazamiento observado se calcula con la ecuación:

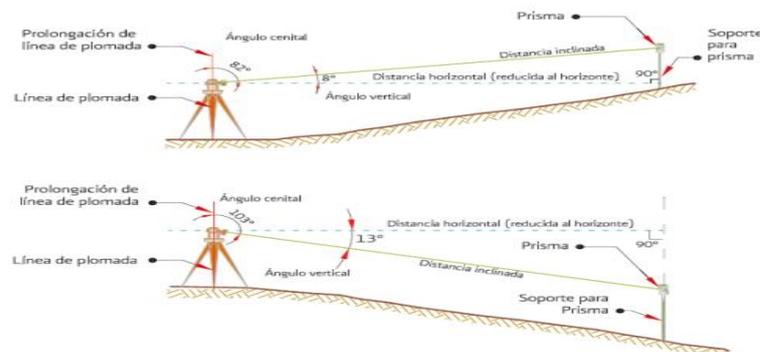
$$D = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

Dónde:

- D = Distancia entre dos puntos
- X1= Valor de la coordenada X del punto 1
- Y1= Valor de la coordenada Y del punto 1
- X2=Valor de la coordenada X del punto 2
- Y2=Valor de la coordenada Y del punto 2

Si se obtuvieron distancias en lugar de coordenadas, éstas deben ser las distancias horizontales, caso contrario se debe calcular utilizando las distancias inclinadas y los ángulos verticales; utilizando las funciones trigonométricas.

Figura N° 2.43. Cálculo de distancia horizontal



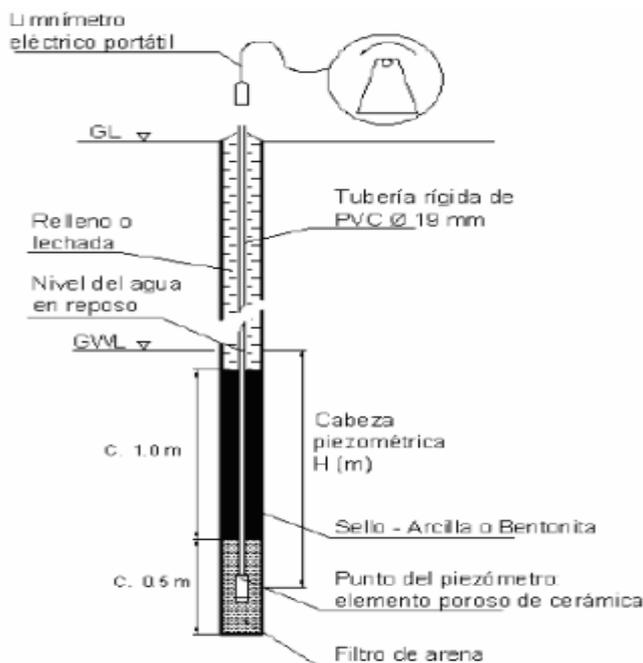
Elaboración: Tesis Carlos Beltrán T.

h. Piezómetro

Piezómetros de Casagrande pueden usarse para la medición del nivel freático respecto a la superficie de la tierra, presión de agua en terraplenes, fundaciones, presas, o en sitios seleccionados. Está formado por un tubo plástico o de metal y con una piedra porosa en su base. Se puede usar con un limnómetro o un manómetro en la cabeza para registrar el nivel del agua. Entre las ventajas son su simplicidad, su costo de instalación barato, su adaptabilidad, no requiere mantenimiento y sus datos pueden usarse prácticamente con poco o ningún cálculo matemático. En las desventajas podemos decir, que las perforaciones son caras, el tiempo de lectura es relativamente largo y durante la construcción puede ser golpeado e interferir con el equipo.

Según Rivas 15 el tubo utilizado debe tener un diámetro recomendado de 12 mm para que las burbujas de aire puedan subir libremente sin obstruirlo. Otras de las exigencias, son que el tubo debe colocarse lo más verticalmente posible. Así evitar cualquier inconveniente o desperfecto. Una de sus limitaciones es que no se pueden usar en ciertas zonas de las presas donde tengan grandes deformaciones

Figura n.º 2.23. Piezómetro de tipo Casagrande,



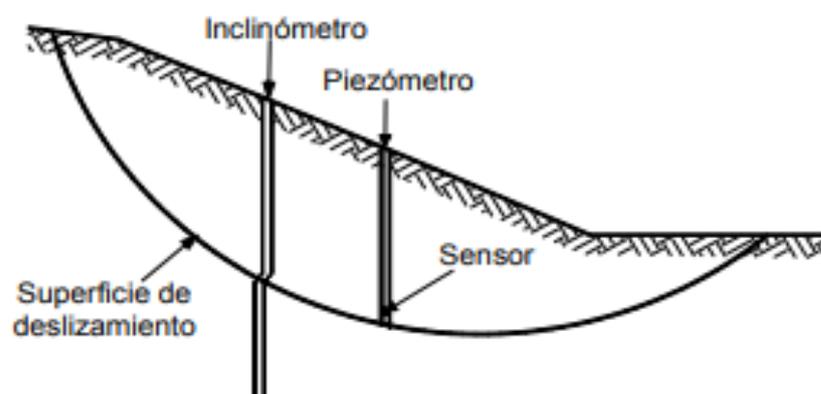
Fuente: Adaptado de Estructuras Hidráulicas, P. Novak - 2001.

i. Inclínómetro

El Inclínómetro mide el cambio de inclinación de un tubo que se coloca en una perforación dentro del talud y de esta manera, se calcula la distribución de los movimientos laterales se puede determinar la profundidad de la superficie de falla y la dirección y magnitud de los desplazamientos. Un sistema de inclinómetro está compuesto por cuatro componentes principales.

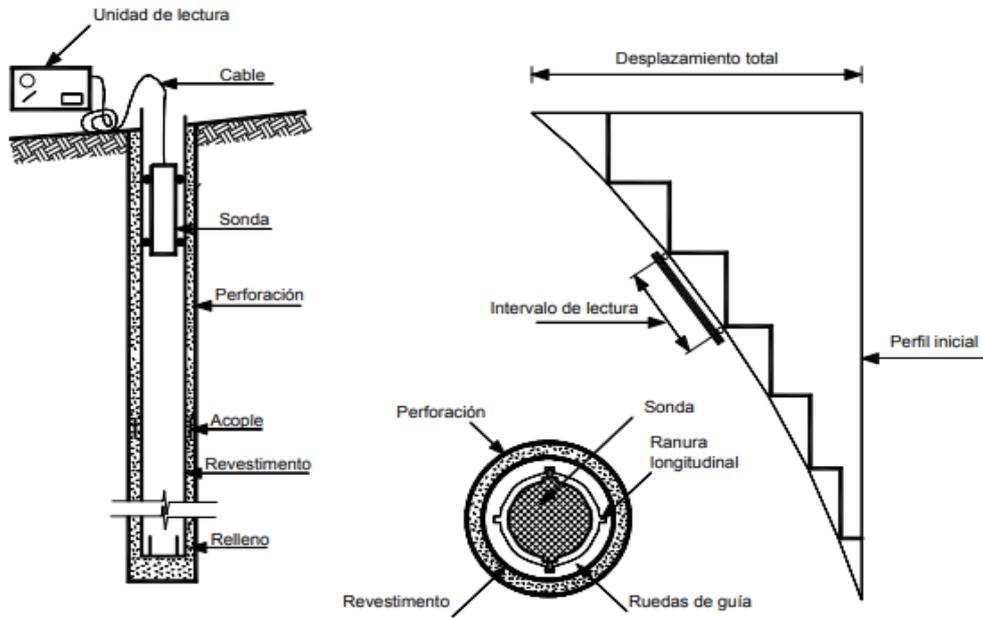
- Un tubo guía de plástico, acero o aluminio, instalado dentro de una perforación. Este tubo tiene unas guías longitudinales para orientar la unidad sensora. Generalmente, se utilizan diámetros de tubo entre 1.5 y 3.5 pulgadas.
- Un sensor portátil montado sobre un sistema de ruedas que se mueven sobre la guía del tubo. El inclinómetro incorpora dos servo acelerómetros con fuerzas balanceadas para medir la inclinación del instrumento.
- Un cable de control que baja y sube el sensor y transmite señales eléctricas a la superficie. Generalmente, el cable está graduado para el control superficial. El cable tiene un núcleo de acero para minimizar las deformaciones.
- los cables eléctricos se encuentran espaciados alrededor y unidos al núcleo. La cubierta exterior es de neopreno y permanece siempre flexible. El cable tiene unas marcas para medir profundidades. Estas medidas están relacionadas hasta la mitad de la altura del torpedo. Superficialmente, el cable se maneja con una polea, que tiene unas tenazas para sostenerla. Se recomienda siempre, trabajar con la polea para evitar el riesgo de que el cable pueda torcerse al sostenerlo.
- Un equipo de lectura en la superficie (que sirve de proveedor de energía) recibe las señales eléctricas, presenta las lecturas y en ocasiones, puede guardar y procesar los datos. El equipo de lectura es compacto y está sellado contra la humedad. La memoria puede guardar hasta 40 mediciones completas. La unidad también puede realizar chequeos y revalidar la información. En oficina, los datos del inclinómetro se descargan en un computador
- Los instrumentos difieren de acuerdo con el tipo de sensor utilizado, el cual da un nivel determinado de precisión. Generalmente, los inclinómetros pueden medir deformaciones de 1.3 a 2.5 mm, en una longitud de 33 metros, equivalente a una precisión 1:10.000
- Existe un tipo de inclinómetro conocido como inclinómetro "in situ", el cual emplea una serie de servo-acelerómetros o sensores electrolíticos; estos sensores tienen una mayor precisión y suministran información continua con una precisión aproximada de 1:25.000.

Figura n.º 2.44. Monitoreo de deslizamientos utilizando inclinómetro y piezómetros



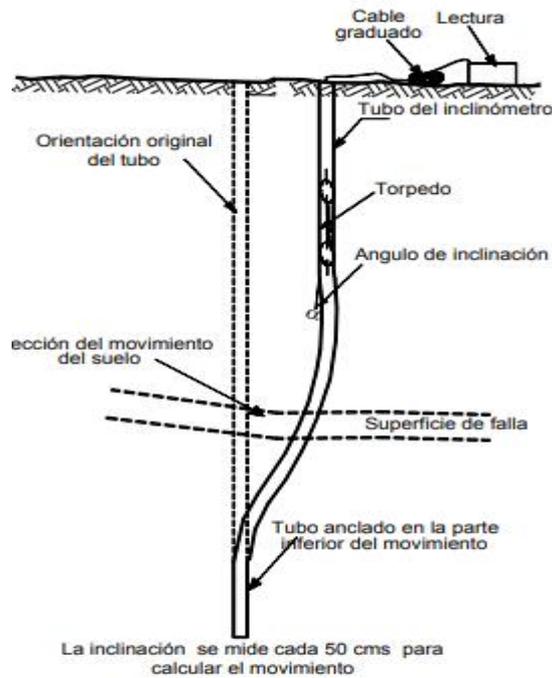
Fuente: (Abramson y otros, 2002)

Figura n.º 2.25. Esquema de un inclinómetro



Fuente: (Hanna, 1985).

Figura n.º 2.45. Esquema del desplazamiento de un inclinómetro



Fuente: (Adaptado de Abramson y otros, 2002).

2.3.4.2 Desarrollo procedimiento 4

- **Geología:**

La estructura principal es la falla de contacto entre la tonalita del Batolito de la Costa y la formación Huaranguillo y que atraviesa la zona del proyecto por el flanco derecho de la quebrada Patahuasi. Esta falla, de rumbo Noroeste-Sureste, tiene 5.00 m de zona cizallada. La falla es muy antigua y no ha representado ningún peligro en la estabilidad del depósito de desmonte.

La cuenca de la quebrada Patahuasi tiene una extensión aproximada de 135 ha y se caracteriza por presentar una superficie escarpada con vegetación escasa a nula y escasa presencia de suelos hidromórficos. En la cabecera, las laderas se inclinan con 25 a 30°, en los flancos laterales con 35° y el talud de la quebrada baja con 18%; estas condiciones topográficas determinan que la velocidad de la esorrentía sea alta y no favorece las infiltraciones.

- **Geotecnia:**

La roca de fundación ha sido identificada como una roca del tipo tonalita, esta roca es gris clara y gris rojiza de textura fanerítica con grano fino y estructura bandeada. En el margen derecho sobre la cota 1855 msnm está la formación Huaranguillo representado por andesitas y areniscas muy resistentes, facturadas a ligeramente meteorizadas.

Figura n.º 2.46. Plano Vista en planta Geología y Geotecnia (Botadero 100)

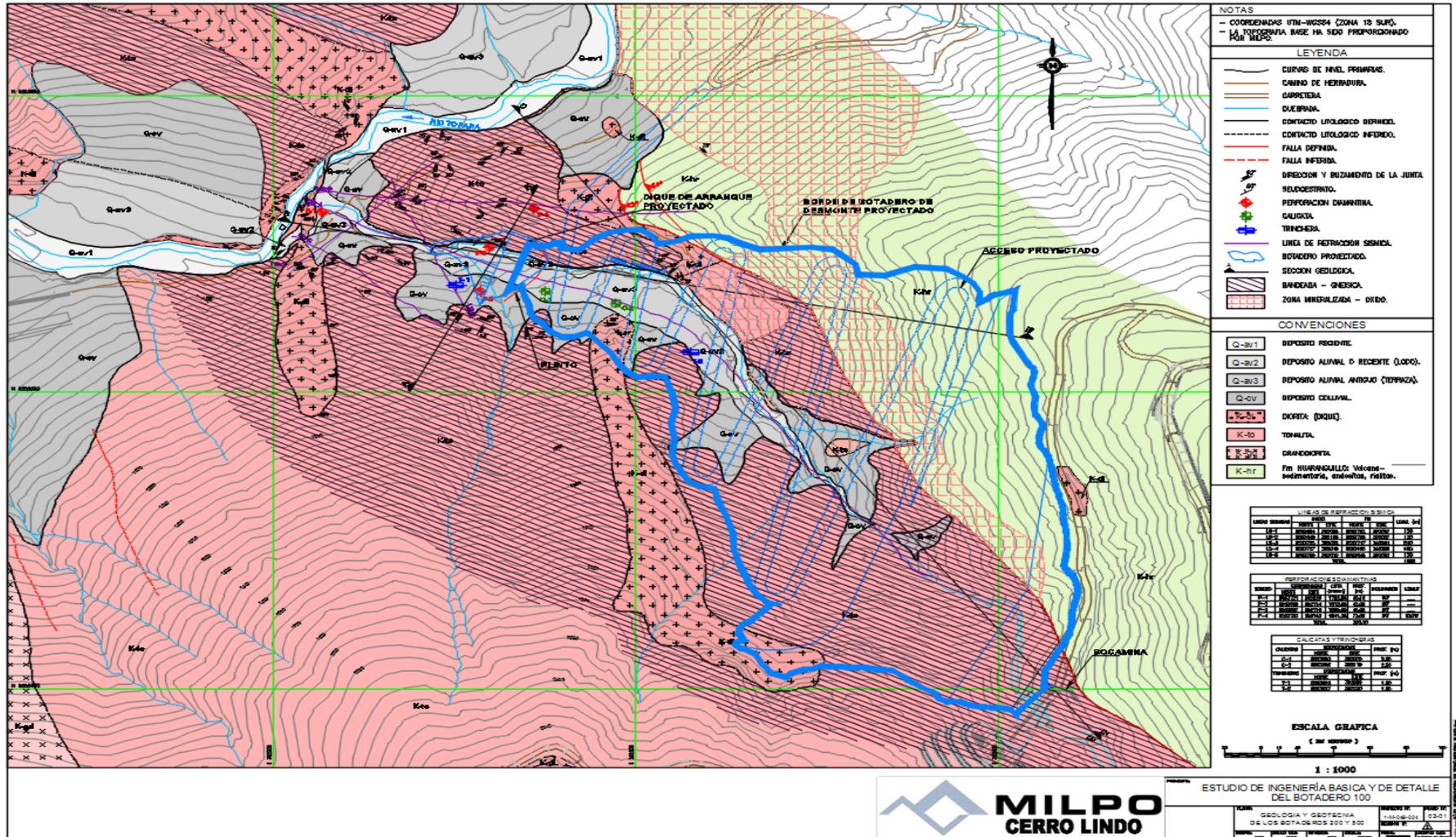
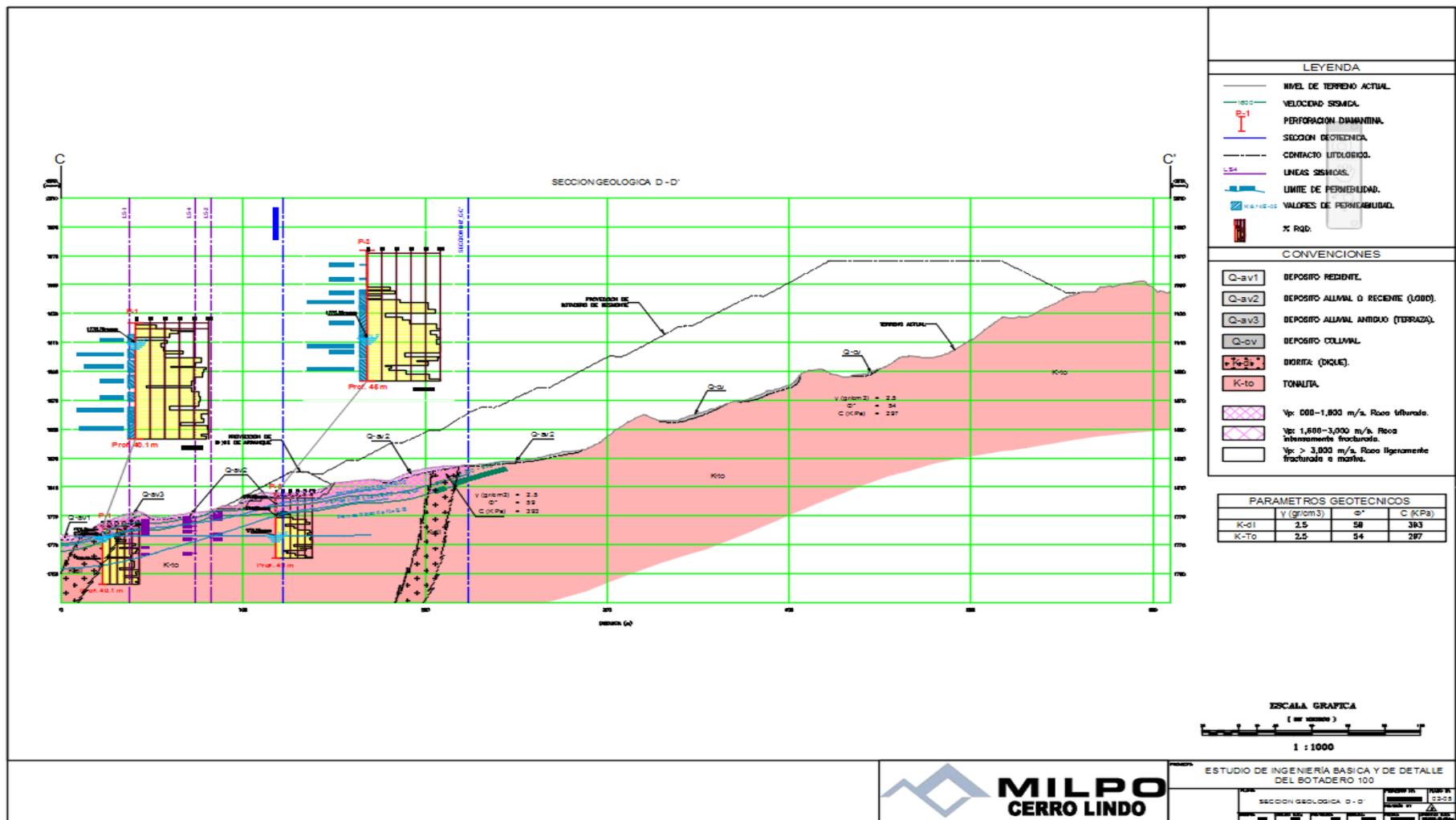


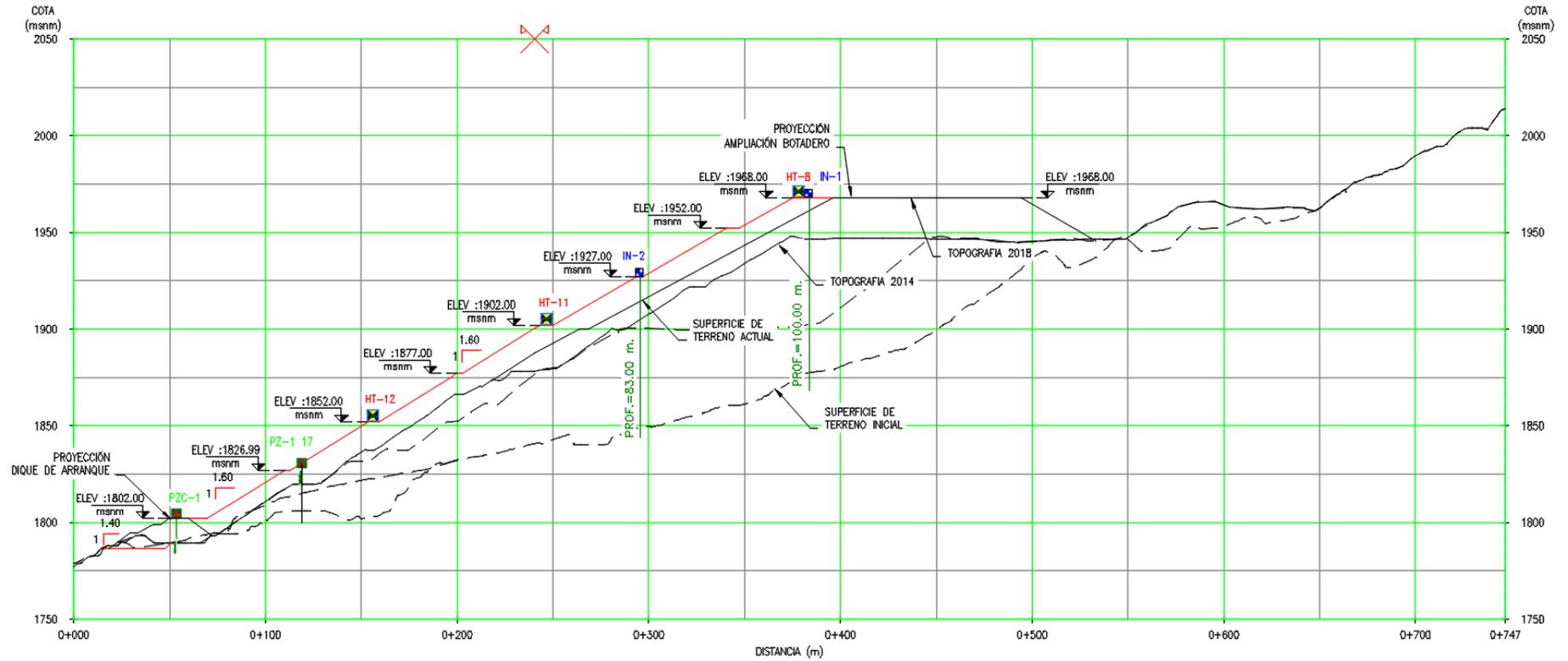
Figura n.º 2.47. Vista en Perfil Geología y Geotecnia (Botadero 100)



Fuente: Elaboracion propia (2018)

a. Diseño plano de Instrumentación

Figura n.º 2.48. Plano de Instrumentación



b. Instalación de hito

Construcción de hitos de concreto simple, de resistencia a la compresión $f'c=210$ Kg/cm², los mismos que se ubicarán en el cuerpo del botadero, en las ubicaciones que se indican en los planos.

Estos hitos tendrán la finalidad de monitorear las eventuales deformaciones que podrían ocurrir en el cuerpo del botadero

- **Materiales**

Bloque de concreto $f'c=210$ Kg/cm²

Fierro corrugado: $\varnothing = 1/2''$,

Arena fina

Piedra chancada de $3/4''$

Cemento Portland Tipo V (42.5 Kg)

Pintura anticorrosiva

- **Equipo**

Herramientas manuales

Vibrador de concreto

- **Método de Medición:**

Esta partida se medirá por unidad de hito de concreto de 0.3m x 0.3m x 0.7 m, terminado de acuerdo a lo indicado por los planos del proyecto y la presente especificación y bajo aprobación de la Supervisión

c. Instalación de piezómetros

Instalación de piezómetros, los mismos que se instalarán en el dique del botadero 100, en la ubicación que se indica en los planos. Estos piezómetros tendrán la finalidad de monitorear el nivel freático en el dique de arranque del botadero.

- **Materiales**

Tipo de tubo: PVC (Longitud = 3m) Clase Sch 80

Diámetro exterior: 50.8 mm

Longitud de tubo ranurado: 2 m

Espaciado entre ranuras: 1.0 cm

Abertura de la ranura: 1.0 mm (Max.)

Longitud del piezómetro: variable

Geotextil de 2 mm de espesor (200 g/m²).

Pegamento para tubo tipo PVC, cinta adhesiva, etc.

- **Instalación del piezómetro:**

La instalación del piezómetro implica la ejecución de las siguientes fases: perforación del hueco, lavado y verificación de la profundidad del pozo, preparación del piezómetro, instalación de la tubería piezométrica, verificación del nivel freático, encapsulamiento y protección del piezómetro, cementación del espacio anular entre tubería y pared de pozo.

- **Ejecución de Perforación**

La ejecución de la perforación diamantina para instrumentación geotécnica debe ser efectuada de preferencia con muestreador de triple tubo. El diámetro mínimo del testigo (núcleo) de perforación debe corresponder a la línea HQ.

- Lavado del pozo y verificación de la profundidad.
- Preparación de la tubería piezométrica.
- Instalación de la tubería piezométrica, y verificación del nivel freático.
- Encapsulamiento y protección del piezómetro.
- **Inyectado y cementado del Piezómetro.**

Después del sellado del piezómetro se inicia con el proceso de inyectado de lechada cemento con bentonita del espacio anular que está entre la tubería piezométrica y la pared del sondeo. El cementado del pozo se realiza por etapas.

- **Tubería metálica y Dado Protector del Piezómetro.**

Después de la cementación del pozo con el piezómetro y verificada la profundidad se procede a la construcción del dado de concreto con una tapa metálica y un candado, para la protección de la tubería piezométrica. Los dados serán bloques de concreto de sección cuadrada de 40x40x40 cm ($f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$).

- **Mediciones base del Piezómetro.**

Una vez terminado la instalación del piezómetro se procede con las primeras mediciones de control.

d. Instalación de Inclínometro

La instalación de la tubería para los piezo-inclínómetros para el cuerpo del botadero 100, será ubicados según indican en los planos. Estos piezo-inclínómetros tendrán la finalidad de monitorear el nivel freático y las eventuales deformaciones que podrían ocurrir en el cuerpo del botadero 100

- **Tubería del Inclínometro**

- Casing o tubería inclinométrica de 10' compatible para el equipo de medición de Marca RST

- Diámetro interno: 85 mm
- Resistencia a colapso: 220 psi
- Resistencia a la carga: 3429 kg
- Resistencia a la temperatura: -29 a 88 °C.
- Pegamento, cinta adhesiva, etc.
- **Sensor o Sonda Inclinométrica:**
 - Milpo proporcionara de un sensor inclinometrico de marca RST
- **Requerimiento de Construcción:**
 - La instalación del piezo-inclinómetros implica la ejecución de las siguientes fases: perforación del hueco, lavado y verificación de la profundidad del pozo, preparación del piezómetro y tubos inclinométricos, instalación de las tuberías inclinométrica, verificación del nivel freático, encapsulamiento y protección del piezómetro, cementación del espacio anular entre tubería y pared de pozo, construcción de los datos de protección y mediciones base del inclinó metros.
 - Se registrarán la orientación de la ranura principal, longitud del inclinó metros, longitud del tubo ranurado del piezómetro y profundidad del Inclinometro-piezómetro.
 - **Ejecución de Perforación**
 - La ejecución de la perforación diamantina para instrumentación geotécnica debe ser efectuada de preferencia con muestreador de triple tubo. El diámetro mínimo del testigo (núcleo) de perforación debe corresponder a la línea HQ (96mm).
 - **Lavado del pozo y verificación de la profundidad.**
 - Una vez concluido el sondeo se retira la sarta de tuberías de perforación para retirar la broca, luego se baja nuevamente al sondeo con una zapata en su extremo inferior para efectuar el lavado del pozo. Teniendo como revestimiento las tuberías HW se procede con el lavado del pozo, para lo cual se bajan las tuberías HQ y se introduce el agua en su interior.
 - **Preparación de la tubería piezo-inclinométrica.**
 - Previa al lavado del pozo se prepara al piezómetro, protegiéndolo con forro de Geotextil de 2mm (200 g/cm²) y colocando las reducciones para unirlo al tubo inclinométrico que tiene mayor diámetro. El piezómetro es unido al extremo del tubo inclinométrico con pegamento y remache. La tubería inclinométrica es de tipo estándar (Di=85mm), lleva dos reducciones en los extremos que se unen por medio de una copla. Previa a la colocación de la tubería, en el pozo la copla es colocada en uno de los extremos del tubo con pegamento y remache.
 - **Instalación de la tubería piezo-inclinométrica, y verificación del nivel freático.**
 - Se empieza a bajar el primer tubo piezo-inclinómetros, que es unido al tubo siguiente con pegamento y remache para luego ser protegido con cinta adhesiva. Las tuberías inclinométricas de 3.00 m de longitud son instaladas secuencialmente hasta llegar al fondo del pozo. Aproximadamente a 15 m por encima del extremo inferior de la tubería se coloca

el extremo de la tubería de inyección y acompaña pegada al casing inclinométrico hasta la superficie.

- Después de instalada la tubería se orienta las ranuras interiores del casing según la dirección previamente establecida. Una vez instalado las tuberías piezo-inclinométricas se mide el nivel freático.
- **Encapsulamiento y protección del piezómetro.**
- El espacio anular entre el piezómetro y la pared de la perforación se rellena con arena de cuarzo que actúa como filtro. La arena es vertida por gravedad por el espacio anular, en un volumen tal que debería cubrir el piezómetro por lo menos 1.5 a 2.0 m por encima del extremo superior de la ranura.
- Después de colocado el filtro de arena se procede con el sellado del piezómetro añadiendo una lechada de bentonita. La bentonita es introducida por la manguera de inyección de ½” en una cantidad estimada para producir un sello de 2.00 m. de espesor como mínimo.
- **Inyectado y cementado del Inclinómetro**
- Después de sellado el piezómetro se inicia con el proceso de inyectado, de lechada de cemento con bentonita, del espacio anular que está entre la tubería inclinométrica y la pared del sondeo. El cementado del pozo se realiza por etapas.
- La primera etapa de inyección se realiza en varias tandas y con espera de fraguado entre 4 a 6 horas. Esta etapa de inyección es hasta un metro por debajo del casing. Para inyectar la lechada se utiliza una manguera de ½”. Después del inyectado se retira del casing.
- En la segunda etapa se inyecta el tramo del espacio anular que está con el revestimiento HW, hasta 1.00 m por debajo del revestimiento de 5”, con un procedimiento similar a la primera etapa. Luego del inyectado se procede con el retiro del revestimiento PW (5”). Con la tercera fase se inyecta el resto del sondeo hasta 0.5 m de la superficie.
- **Tubería metálica y Dado Protector de Inclinómetro**
- Después de la cementación del pozo con el inclinómetro y verificado la profundidad del mismo se procede con la construcción del dado de concreto con una tapa metálica y un candado, para la protección de los tubos inclinométricos. Los dados serán de sección cuadrada de 40x40 x40 cm.
- Mediciones base del Inclinómetro.
- Una vez terminado la instalación del inclinómetro se procede con la primera medición de control. El procedimiento de medición se realiza según la norma ASTM D 6230-98.

Tabla n.º 2.27. Hitos de control topográfico

Cuadro de coordenadas				
Hitos de control topográfico				
Punto	Descripción	Norte	Este	Cota (msnm)
7	HT-7	8553492.12	392266.47	1968
8	HT-8	8553552.55	392300.67	1968
9	HT-9	8553599.36	392328.68	1968
10	HT-10	8553599.99	392226.12	1902
11	HT-11	8553654.81	392257.98	1902
12	HT-12	8553665.87	392160.87	1852

Fuente: Elaboracion propia (2018)

Tabla n.º 2.28. Inclínómetros y piezómetros

Cuadro de coordenadas						
Punto	Descripción	Norte	Este	Cota (msnm)	Profundidad	Instrumento
1	IN-1	8553416.35	392394.63	1968	91	Inclinometro
2	IN-2	8553586.82	392270.28	1927	83	Inclinometro
3	PZ-1 – 17 (Existente)	8553693.94	392132.11	1830.57	11	Piezómetro de tubo abierto
4	PZC-1 (Existente)	8553702.76	392068.40	1802	18	Piezómetro de cuerda vibrante

Fuente: Elaboracion propia (2018)

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Resultado del Objetivo específico 1

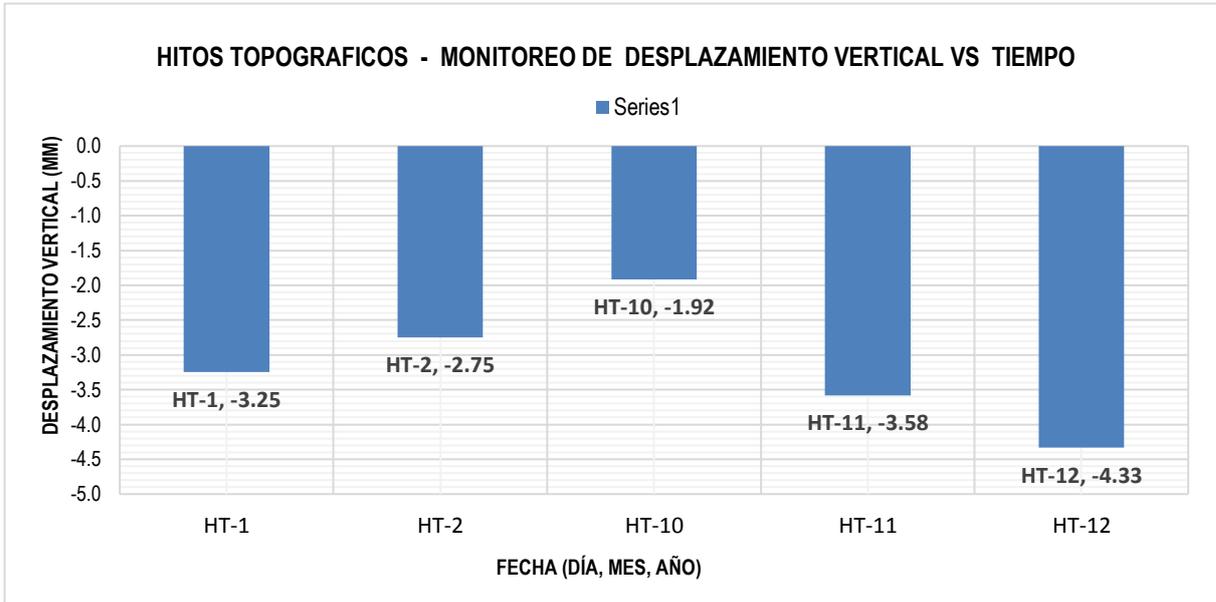
- Obtención de planos del terreno plasmadas en curvas de nivel de 1.00 metro para curvas secundarias y 5 metros para curvas mayores.
- El depósito de desmonte “Botadero 100”, tiene instalado un sistema de hitos topográficos de topografía para el control y vigilancia de los movimientos (desplazamientos) superficiales este sistema consta de 05 hitos topográficos ubicados en el cuerpo del depósito, de los cuales dos se sitúan al pie del depósito en la poza de agua y los otros 03 en el talud del depósito. Los registros de las lecturas del sistema de auscultación del depósito datan desde marzo del año 2016, la frecuencia de lectura es mensual desde enero 2018 a diciembre del 2018.

Tabla n.º 3.1. Inclínómetros y piezómetros

Punto	Fecha de medición		Variación en (mm.)	Cota Inicial
	Medición Inicial	Medición ultima	Cota (mm.)	Metros
HT-1	10-mar-16	30-dic-18	-3.25	1802.0
HT-2	10-mar-16	30-dic-18	-2.75	1802.0
HT-10	30-sep-16	30-dic-18	-1.92	1902.0
HT-11	30-sep-16	30-dic-18	-3.58	1902.0
HT-12	30-ago-16	30-dic-18	-4.33	1852.0

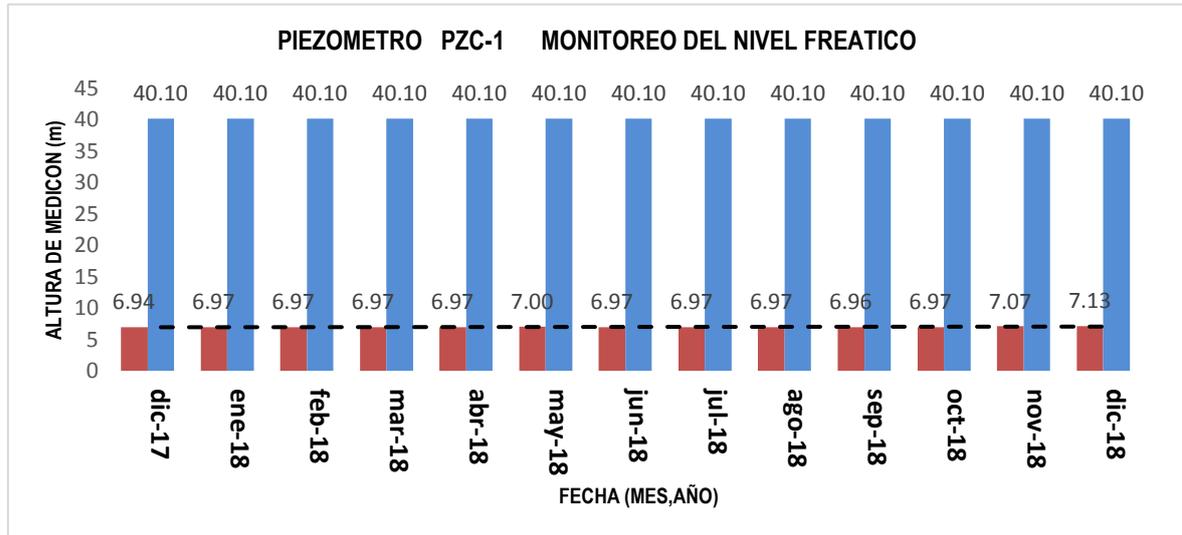
Fuente: Elaboracion propia (2018)

Figura n.º 3.1. Hitos topográficos monitoreo anual (Ref.2.10.2.)



Fuente: Elaboracion propia (2018)

Figura n.º 3.2. Piezómetro monitoreo mensual (Ref.2.10.2.)



Fuente: Elaboracion propia (2018)

3.2. Resultado del Objetivo específico 2

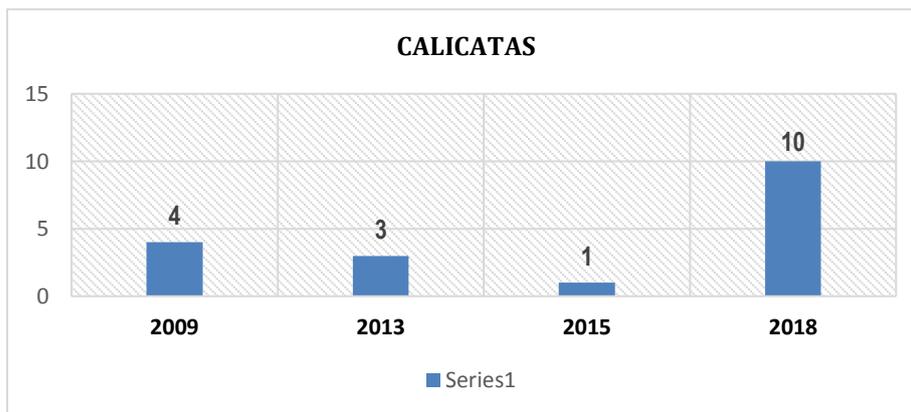
- La información obtenida de las investigaciones geotécnicas, los estudios realizados en la zona del proyecto, los registros de calidad de obra y la topografía, ha permitido actualizar el modelo geotécnico del depósito de desmontes 100.

Tabla n.º 3.2. Numero de muestras de Calicatas (Tabla n.º2.11)

Muestras de Calicatas	
Año	Cantidad
2009	4
2013	3
2015	1
2018	10
Total	18

Fuente: Elaboracion propia (2018)

Figura n.º 3.3. Numero de muestras de Calicatas

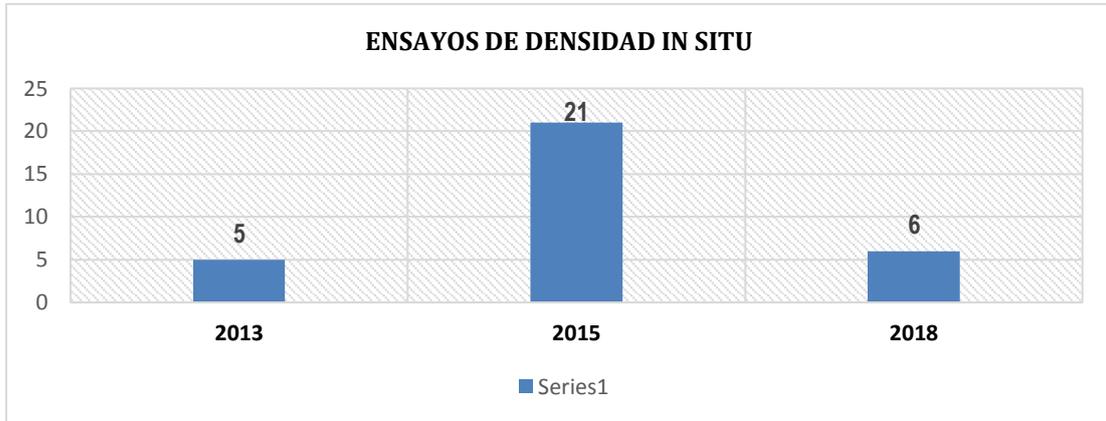


Fuente: Elaboracion propia (2018)

Tabla n.º 3.3. Numero de Ensayos en campo (método reemplazo de agua) (Tabla n.º2.12)

Ensayos de densidad in situ	
Año	Cantidad
2013	5
2015	21
2018	6
Total	32

Figura n.º 3.4. Numero de Ensayos en campo (método reemplazo de agua)



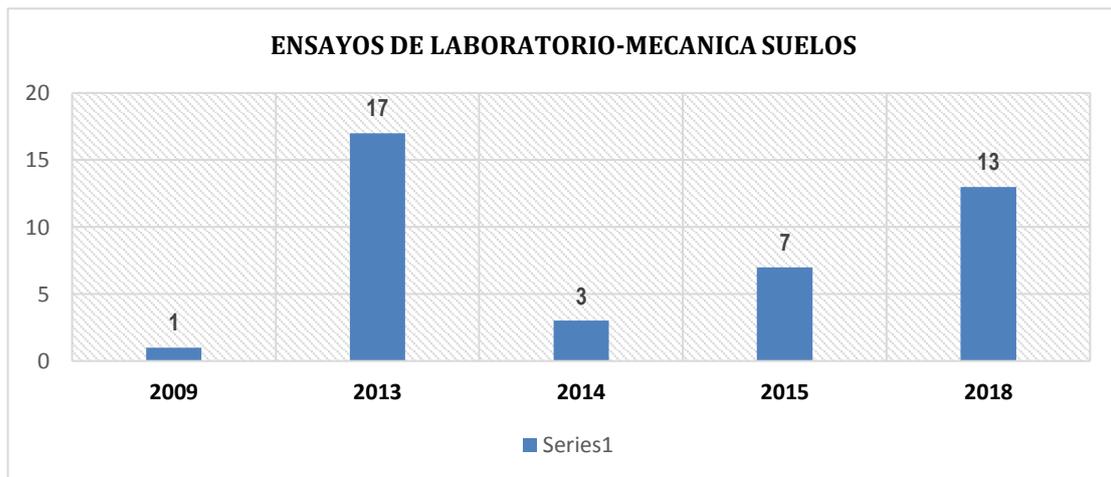
Fuente: Elaboracion propia (2018)

Tabla n.º 3.4. Numero de muestras analizadas - Laboratorio (Tabla n.º.2.18)

Ensayos de laboratorio – Mecánica suelos	
Año	Cantidad
2009	1
2013	17
2014	3
2015	7
2018	13
Total	41

Fuente: Elaboracion propia (2018)

Figura n.º 3.5. Numero de muestras analizadas - Laboratorio mecánica suelos



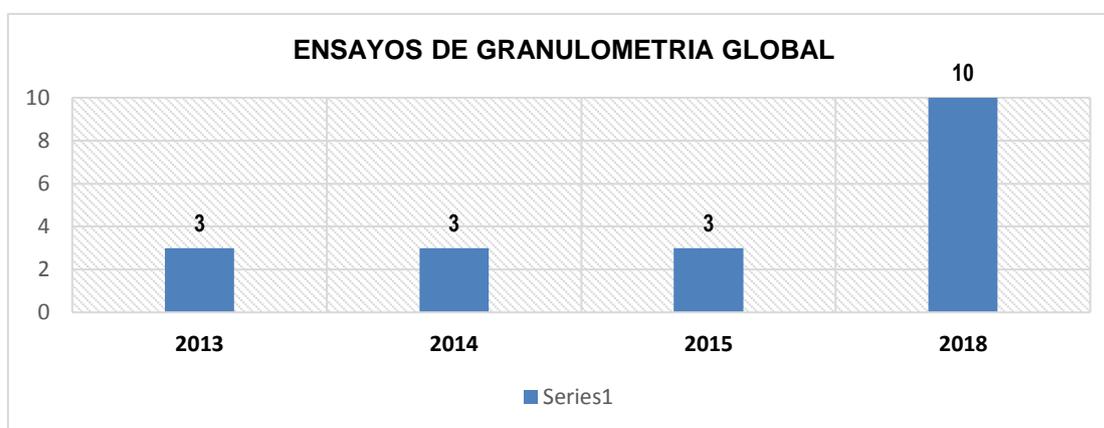
Fuente: Elaboracion propia (2018)

Tabla n.º 3.4. Numero de ensayos de granulometría global (Tabla n.º2.19)

Ensayos de granulometría de global	
Año	Cantidad
2013	3
2014	3
2015	3
2018	10
Total	19

Fuente: Elaboracion propia (2018)

Figura n.º 3.6. Numero de ensayos de granulometría global



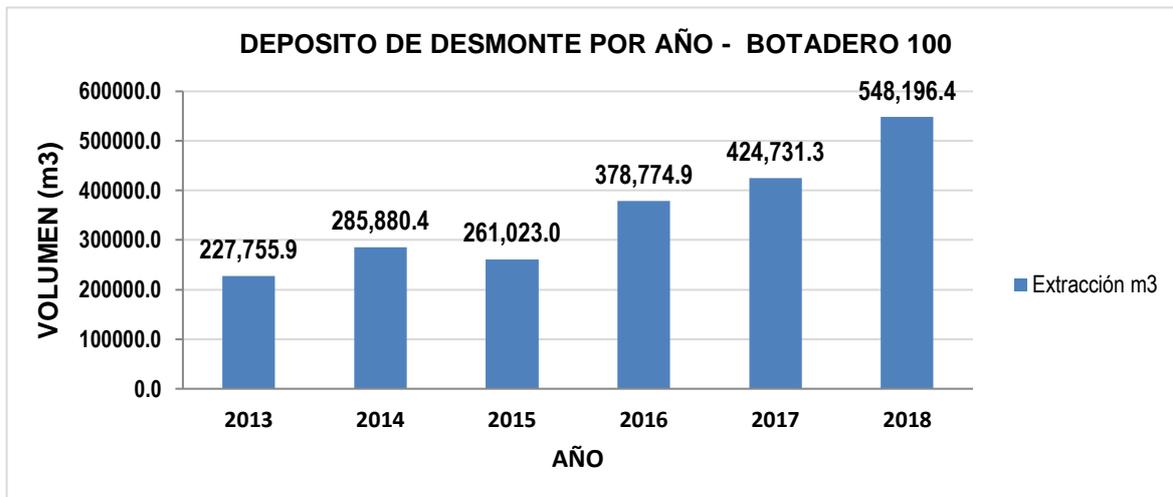
Fuente: Elaboracion propia (2018)

- Tabla n.º 3.5. Extracción de desmonte Mina – Superficie (Tabla n.º2.6)

Extracción de desmonte Mina-Superficie				
Año	Detritico (m3)	Desmonte (m3)	Extracción m3	Destino
2013	21,863.0	1,253,570.0	227,755.9	Botadero 100
2014	0.0	1,600,930.0	285,880.4	Botadero 100
2015	0.0	1,461,729.0	261,023.0	Botadero 100
2016	364,864.4	1,756,275.0	378,774.9	Botadero 100
2017	672,225.4	1,706,270.0	424,731.3	Botadero 100
2018	713,120.1	2,356,780.0	548,196.4	Botadero 100
			2,126,361.9	

Fuente: Elaboracion propia (2018)

Figura n.º 3.6. Extracción de desmonte Mina – Superficie



Fuente: Elaboracion propia (2018)

- La materiales que componen el modelo geotécnico del depósito de desmontes botadero 100,

Tabla n. °3.6: Modelo geotécnico del desmonte mina

Material	Peso Unitario (kN/m³)	Cohesión (c)	Ángulo de fricción (Φ)
Basamento rocosa	25	297	54
Dique de Arranque	21.8	0	34
DMT vertido anterior	20.0	0	39
DMT conformado hasta Jun.13	24.5	0	39
DMT conformado hasta Mar. 14	24.5	0	39
DMT conformado hasta Abr. 15	24.5	0	39
DMT conformado hasta Abr.15	20.0	0	39
DMT conformado hasta Dic 18	21.0	0	39
DMT vertido proyecto 2019	21.0	0	39

Fuente: Elaboracion propia (2018)

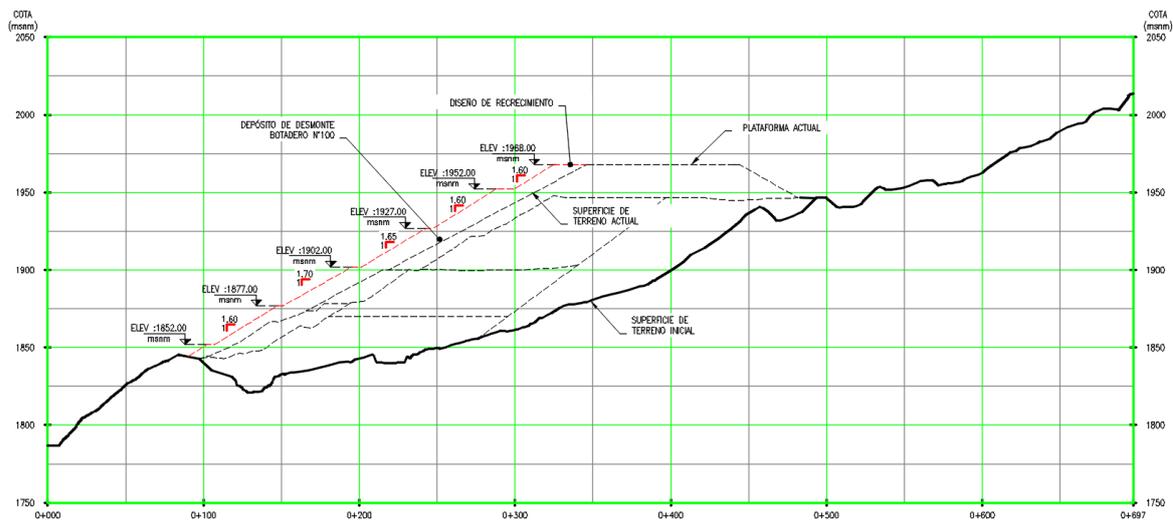
3.3. Resultado del Objetivo específico 3

El diseño se considera por banquetas, con los siguientes datos:

Tabla n. °3.6: Características del diseño final del depósito de desmonte botadero 100

Característica	Unidad	Valor
Cota de plataforma final	msnm	1,968
Altura	m	166
Altura de bancos	m	25
Talud aguas abajo	H:V	1.6:1
Ángulo general inter-rampa	°	32
Volumen de almacenamiento	m ³	2'600,000.00

Figura n.° 3.7. Diseño final del depósito de desmonte botadero 100



Fuente: Elaboración propia (2018)

Tabla 3.8: Factores de seguridad del depósito de desmontes 100

Sección Analizada	Tipo de Falla	Factor de Seguridad								
		Estático			Pseudoestático					
		Operación y Cierre			Operación (k=0.09)			Cierre (k=0.20)		
		F.S. Slide	F.S. Min.	Estado	F.S. Slide	F.S. Min.	Estado	F.S. Slide	F.S. Min.	Estado
A-A	Circular	1.594	1.30/1.50	Estable	1.314	1.20	Estable	1.063	1.00	Estable
	No Circular	1.572	1.30/1.50	Estable	1.299	1.20	Estable	1.053	1.00	Estable
B-B	Circular	1.757	1.30/1.50	Estable	1.440	1.20	Estable	1.157	1.00	Estable
	No Circular	1.754	1.30/1.50	Estable	1.438	1.20	Estable	1.158	1.00	Estable

Fuente: Elaboración propia (2018)

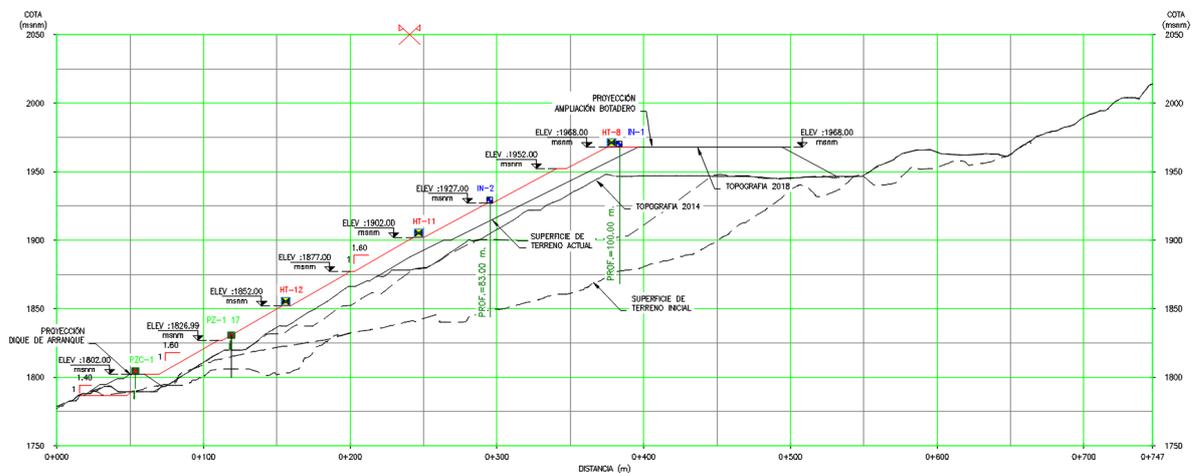
3.4. Resultado del Objetivo específico 4

Determinado que la falla y desprendimiento se produciría como resultado de fallas simultáneas a lo largo de la superficie de deslizamiento, agua abajo (Discusión 2) y conociendo La superficie de falla crítica.

Se realizó la de un plano de Instrumentación para los monitores:

- 06 hitos de control topográfico: para el control de desplazamientos Vertical y horizontal.
- 02 inclinómetro para controlar el desplazamiento horizontal
- 01 piezómetro adicional al existente para medir niveles de flujo en la cimentación.

Figura n.º 3.8. Diseño de instrumentación, considerando el análisis de riesgo del botadero 100



Fuente: Elaboracion propia (2018)

Tabla n.º 3.9. Hitos de control topográfico

Cuadro de coordenadas Hitos de control topográfico				
Punto	Descripción	Norte	Este	Cota (msnm)
7	HT-7	8553492.12	392266.47	1968
8	HT-8	8553552.55	392300.67	1968
9	HT-9	8553599.36	392328.68	1968
10	HT-10	8553599.99	392226.12	1902
11	HT-11	8553654.81	392257.98	1902
12	HT-12	8553665.87	392160.87	1852

Tabla n.º 4.0. Inclinómetros y piezómetros

Cuadro de coordenadas						
Punto	Descripción	Norte	Este	Cota (msnm)	Profundidad	Instrumento
1	IN-1	8553416.35	392394.63	1968	91	Inclinometro

2	IN-2	8553586.82	392270.28	1927	83	Inclinometro
3	PZ-1 – 17 (Existente)	8553693.94	392132.11	1830.57	11	Piezómetro de tubo abierto
4	PZC-1 (Existente)	8553702.76	392068.40	1802	18	Piezómetro de cuerda vibrante

Fuente: Elaboracion propia (2018)

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSION

4.0 Discusión general

Con el planteamiento del diseño final:

Angulo de talud: 1V:1.6H

Altura de banco: 25.0 metros

Banquetas: 3.0 y 6.0 metros

Volumen de ampliación: 500,000.0 m³.

Volumen total de depósito de desmonte: 2'600,000.0 m³

Y que el diseño cumple con los requisitos mínimos de seguridad que exige el ministerio de energía y minas (MEM) analizados bajo un evento sísmico de 100 y 500 años de periodo de retorno

- Estático FS>1.3 en la etapa de operación
- Pseudoestático FS>1.2 en la etapa de operación
- Estático FS>1.5 en la etapa de Cierre
- Pseudoestático FS>1.0 en la etapa de Cierre

La ampliación del depósito de desmonte botadero 100, es estable físicamente y reúne todas las condiciones para realizar la ampliación.

4.1. Discusión 1:

La finalidad de la actualización de datos y recopilación de información del depósito de desmonte botadero 100, es realizar una evaluación para una posible ampliación

Después de actualizar la topografía e interpretar los datos de hitos topográficos y piezómetros se concluye que el botadero 100, es estable físicamente y reúne todas las condiciones para realizar la ampliación.

Los datos interpretados corresponden a un periodo de 12 meses.

Hitos topográficos: Desplazamiento vertical máximo promedio -3.17 mm.

Piezómetro: Nivel freático variación promedio -0.25 m.

4.2. Discusión 2:

El análisis para calcular el factor de seguridad se llevó acabo de manera bidimensional usando el concepto de equilibrio límite y utilizando el método de Spencer empleando dovelas para el cálculo de superficie de falla.

La superficie de falla crítica es definida como aquella que proporciona el menor factor de seguridad, ($FS < 1$) y fue encontrada en forma interactiva modificando las condiciones de búsqueda de la misma, evaluándose superficies de falla circulares y del tipo bloque.

Como hipótesis de análisis se considerando que las propiedades de los materiales que conforman las diferentes estructuras analizadas son homogéneas e isotrópicas, determinando que la falla y desprendimiento se produciría como resultado de fallas simultáneas a lo largo de la superficie de deslizamiento (agua abajo).

Cuckoo search: Análisis de fallas críticas, circulares o no circulares,

4.3. Discusión 3

El diseño final del talud es: 25 metros de altura con banquetas de 3 y 6 metros y un ángulo de 32° , después del análisis estático y pseudoestático son considerados estables y cumplen con los requisitos mínimos requeridos por el ministerio de energía y minas (MEM).

En cuanto a los valores de factor de seguridad:

- Estático $FS > 1.3$ en la etapa de operación
- Pseudoestático $FS > 1.2$ en la etapa de operación

Los valores de los factores de seguridad mínimos de acuerdo con el criterio del Ministerio de Energía y Minas (MEM) para cierre de operación

- Estático $FS > 1.5$ en la etapa de Cierre
- Pseudoestático $FS > 1.0$ en la etapa de Cierre

4.4. Discusión 4

Determinado que la falla y desprendimiento se produciría como resultado de fallas simultáneas a lo largo de la superficie de deslizamiento, agua abajo (Desarrollo del procedimiento para el objetivo específico 3) y conociendo La superficie de falla crítica.

Se realizó plano de Instrumentación para los monitoreos:

- Para controlar el desplazamiento y deformación interno es el Inclinómetro,
- Para medir el flujo de agua (nivel freático) piezómetro.

- Para controlar el desplazamiento vertical son los hitos topográficos.

La distribución se realizó a criterio, no existe norma con relación a la distribución de la instrumentación de geotecnia

5.0 Conclusión general

El Volumen y área en la configuración final luego de la ampliación del botadero 100 tendría las siguientes dimensiones: Largo 470.0 metros, Ancho 120.0 metros promedio, Altura 166.0 metros, con un volumen de ampliación de 500,000.0 m³ y un volumen total de 2'600,000 m³.

El diseño cumple con los requisitos mínimos de seguridad que exige el ministerio de energía y minas (MEM) analizados bajo un evento sísmico de 100 y 500 años de periodo de retorno

- Estático FS>1.3 en la etapa de operación
- Pseudoestático FS>1.2 en la etapa de operación
- Estático FS>1.5 en la etapa de Cierre
- Pseudoestático FS>1.0 en la etapa de Cierre

La ampliación del depósito de desmonte botadero 100, es estable físicamente y reúne todas las condiciones para realizar la ampliación.

5.1. Conclusión 1

La evaluación del estado actual de la desmontera se determinó mediante la interpretación de datos existentes de monitoreo mensual, tanto de los hitos topográficos y piezómetro concluyéndose que la desmontera se encuentra estable físicamente; es decir no se tiene desplazamiento horizontal y vertical significativo, además, nivel freático no tiene variación de relevancia.

5.2. Conclusión 2

Mediante el cálculo de estabilidad de taludes para este caso se utilizó el programa de cómputo Slide V6, el análisis se realizó con el concepto de equilibrio límite, por el Método de Spencer empleando dovelas para el cálculo de superficies de falla

Fue encontrada en forma interactiva modificando las condiciones de búsqueda de la misma (diseño de ángulo de talud), evaluándose superficies de falla circulares y del tipo bloque.

5.3. Conclusión 3

El diseño y el modelamiento en 3D se realizaron con el software Minesight y el análisis de estabilidad con el software Slide V6, el concepto utilizado es el de equilibrio límite y el método de Spencer empleando dovelas.

Como resultado final se tiene:

Angulo de talud: 1V:1.6H

Altura de banco: 25.0 metros

Banquetas: 3.0 y 6.0 metros

Volumen de ampliación: 500,000.0 m³.

Volumen total de depósito de desmonte: 2'600,000.0 m³

El diseño cumple con los requisitos mínimos de seguridad que exige el ministerio de energía y minas (MEM) analizados bajo un evento sísmico de 100 y 500 años de periodo de retorno Estático FS>1.3 en la etapa de operación

Pseudoestático FS>1.2 en la etapa de operación

Software Minesight: Diseño en 3d, modelamiento en 3d, Calculo de volumen, cálculo de área, secciones....etc.

5.4. Conclusión 4

Realizado el análisis de estabilidad física, determinado la superficie de falla crítica y conociendo que el desprendimiento se produciría como resultado de fallas simultáneas a lo largo de la superficie de deslizamiento (agua abajo).

El diseño del plano de instrumentación, la distribución se realiza a criterio del geotecnista, no hay una norma con relación a la distribución de la instrumentación de geotecnia

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Autodesk – Civil 3D (2019)
2. Evans y Call (1 992) Metodología de planificación minera. Recuperado de:
<https://www.monografias.com/trabajos-pdf/planificacion-minera-diseno-cantera-pifo/planificacion-minera-diseno-cantera-pifo2.shtml>

3. Gerscovich (2013) Estabilidad de taludes. LEMOINE EDITORES SAS.
4. Galdámez, Vásquez, & Fiebig (2010) Introducción al diseño computacional.
5. Taylor y Greenwood (1981) .Reporte de producción minera.
6. OSM et al (1989) clasificación de los botaderos. Memoria Botadero Final 100 Mv Ofs Rev5. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/372504060/Memoria-Botadero-Final-100-Mv-Ofs-Rev5>
7. Mendoza (2014) Estabilidad de taludes. GEOTECNIA .disponible en:<https://ieonline.microsoft.com/#ieslice>
8. Mintec Inc. (1970) Mintec, Inc - Mining Foundation of the Southwest.
9. SRK, (2010) Rellenos y Desechos Sólidos Mineros - SRK Consultoria Minera. Disponible en: <https://www.srk.com/es/nuestros-servicios/relaves-pilas-de-lixivacion-y-botaderos/ww-rellenos-y-desechos-solidos>
10. Yucra (2016) La creciente preocupación de los botaderos. Recuperado en: <http://inte.pucp.edu.pe/noticias/opinion-la-creciente-preocupacion-los-botaderos-residuos-solidos/>
11. Besio, G. "Uso del método de curvas homotéticas en la representación de ensayos monotónicos y cíclicos en suelos gruesos". Tesis de Ingeniero Civil. Universidad de Chile, Santiago de Chile, 2012.
12. De La Hoz, K."Estimación de los parámetros de resistencia al corte en suelos granulares gruesos". Tesis de Ingeniero Civil y Magister. Universidad de Chile, Santiago de Chile, 2007.
13. Dorador & Besio. "Some considerations about geotechnical characterization on soil with oversize". Fifth International Young Geotechnical Engineering Conference, París, 2013.
14. Dorador, L. "Análisis experimental de las metodologías de curvas homotéticas y corte en la evaluación de propiedades geotécnicas de suelos gruesos. Tesis de Ingeniero Civil y Magister. Universidad de Chile, Santiago de Chile, 2010.

15. MEM, Ministerio de Energía y Minas. "Guía ambiental para la estabilidad de taludes de depósitos de desechos sólidos de mina". Lima, Perú, 1997.
16. Riquelme & Dorador. "Metodología para determinar densidades máxima y mínima en suelos granulares gruesos a partir de ensayos de laboratorio de escala reducida". VIII Congreso Chileno de Ingeniería Geotécnica, Santiago de Chile, 2014.
17. Saragoni, R. (1993). "Análisis de riesgo sísmico para la reconstrucción del Puerto de Valparaíso". 6tas Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Santiago, Vol 2, 165-178.
18. SVS INGENIEROS, "Estudios de ingeniería básica y de detalle del Botadero 100", Lima, Febrero del 2010.
19. SVS INGENIEROS. "Caracterización geotécnica y evaluación de estabilidad de taludes del Botadero 100", Lima, 2013.
20. SVS INGENIEROS. "Supervisión de Obra del Depósito de Desmonte Botadero 100", Ica, Octubre del 2015.
21. SRK Consulting (Peru) S.A. (2016). "Anexo 3: Peligro Sísmico del Estudio de Ingeniería de Detalle para el Depósito de Desmonte Pahuaypite en UM Cerro Lindo." Chinchá, Ica.
22. SRK Consulting (Peru) S.A. (2016). Evaluación de Estabilidad Física y Actualización de Manual de Operación del Depósito de Desmontes N°100

ANEXOS

Matriz de Consistencia

EVALUACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DEL DEPOSITO DE DESMONTE BOTADERO 100 DE LA MINA CERRO LINDO 2019	Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables $y=f(x)$	Indicadores	Diseño de la investigación
	<p>Problema general:</p> <p>¿Cómo llegar a evaluar la ampliación del botadero 100 a fin de cumplir con la demanda de almacenamiento de desmonte resultante de la explotación de la mina Cerro Lindo 2019?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Evaluar la ampliación del depósito de desmonte botadero 100 a fin de cumplir con la demanda de almacenamiento de desmonte en la mina Cerro Lindo.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>Al realizar la ampliación del botadero 100 de la mina Cerro Lindo los impactos se minimizan, por la no modificatoria de componentes del diseño inicial y llegar a cumplir con la demanda de almacenamiento de desmonte.</p>	<p>Variable dependiente (y): Ampliación del depósito de desmonte.</p> <p><u>DIMENSIONES</u></p> <p>D1.Trabajadores D2.Equipos</p>	<p>Trabajadores capacitados en este tipo DE trabajos y maquinaria pesada,</p>	<p>Tipo: Investigación Aplicada.</p> <p>Método: Enfoque Cualitativo</p> <p>Diseño: Experimental.</p> <p>En tiempo: Transversal</p>
	<p>Problemas específicos:</p> <p>¿Cuál es el estado actual del botadero 100 a fin de ser evaluado para su ampliación? ¿Cuáles van a ser los riesgos de falla y desprendimiento del talud por la ampliación en el botadero? ¿Cuál será el diseño del Talud por la ampliación del volumen en el depósito de desmonte? ¿Cómo verificar y controlar la estabilidad de talud durante la etapa de construcción?</p>	<p>Objetivos específicos:</p> <p>Determinar el estado actual del botadero 100 a fin de ser evaluado para su ampliación.</p> <p>Determinar los riesgos de falla y desprendimientos del talud por la ampliación en el botadero 100.</p> <p>Estabilidad física.</p> <p>Determinar el diseño del talud para la ampliación del botadero 100.</p> <p>Determinar el tipo de instrumentación para verificar y controlar la estabilidad del botadero 100.</p>	<p>Hipótesis específicas:</p> <p>Con el levantamiento topográfico, los estudios geotécnicos, monitoreo de la instrumentación y análisis de datos de monitoreo se realiza una evaluación real. La estabilidad física de los botaderos evita deslizamientos de material desmonte producto de un factor de seguridad bajo. El diseño y evaluación óptima de los valores de factor de seguridad garantizan la estabilidad del talud. La instrumentación geotécnica nos permite el control, desplazamiento, saturación y otros controles dentro de la estabilidad del talud.</p>	<p>Variable independiente (x): Evaluación (x)</p> <p><u>DIMENSIONES</u></p> <p>D1.Especialista D2.Sofwear</p>	<p>Especialistas capacitados en diseños y software de carreteras.</p>	



**ENSAYO DE REEMPLAZO POR VOLUMEN DE AGUA
ASTM D - 5030**

Proyecto Evaluación de Estabilidad Física y Actualización de Manual de Operación del Depósito de Desmontes N°100
Ubicación Chincha- Ica
Cliente Nexa Resources
N° Proyecto 18-G-048-05

Tecnico : M.C.C
Responsable PLL

CALICATA : CD-2
PROFUNDIDAD DE ENSAYO (m) : 0.00 - 0.50
FECHA : 15 de octubre de 2018
AREA PROMEDIO (m²) : 0.00

A) VOLUMEN INICIAL (V1) - Agua usada para llenar el anillo / marco

Recipiente	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)	Recipiente	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)
R1	0.00	0.00	0.00	R4	0.00	0.00	0.00
R2	0.00	0.00	0.00	R5	0.00	0.00	0.00
R3	0.00	0.00	0.00	R6	0.00	0.00	0.00
Total (Kg)							0.00
Densidad del Agua (Kg/cm3)							0.001
Volumen de Agua usada para llenar el anillo / marco (cm3)							0.00

B) PESO DE LA MUESTRA (W) - Peso de la muestra extraída del hoyo (Kg)

Saco	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)	Saco	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)
B1	200.75	0.00	200.75	B8	0.00	0.00	0.00
B2	301.40	0.00	301.40	B9	0.00	0.00	0.00
B3	0.00	0.00	0.00	B10	0.00	0.00	0.00
B4	0.00	0.00	0.00	B11	0.00	0.00	0.00
B5	0.00	0.00	0.00	B12	0.00	0.00	0.00
B6	0.00	0.00	0.00	B13	0.00	0.00	0.00
B7	0.00	0.00	0.00	B14	0.00	0.00	0.00
Total (Kg)							502.15

C) VOLUMEN FINAL (V2) - Agua usada para llenar el hoyo + anillo / marco

Recipiente	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)	Recipiente	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)
R1	40.00	0.00	40.00	R9	0.00	0.00	0.00
R2	40.00	0.00	40.00	R10	0.00	0.00	0.00
R3	40.00	0.00	40.00	R11	0.00	0.00	0.00
R4	40.00	0.00	40.00	R12	0.00	0.00	0.00
R5	40.00	0.00	40.00	R13	0.00	0.00	0.00
R6	40.00	0.00	40.00	R14	0.00	0.00	0.00
R7	40.00	0.00	40.00	R15	0.00	0.00	0.00
R8	0.00	0.00	0.00	R16	0.00	0.00	0.00
Total (Kg)							280.00
Densidad del Agua (Kg/cm3)							0.001
Volumen de Agua usada para llenar el anillo sin incluir el marco (cm3)							280.000.00

D) CONTENIDO DE HUMEDAD (w%)

Contenido de humedad (%)	7.46%
--------------------------	-------

E) CÁLCULOS

E.1.- Peso de la muestra W (gr)	502.150.00
E.2.- Volumen del hoyo $V = V2 - V1$ (cm3)	280.000.00
E.3.- Densidad Humeda $y_h = W / V$ (gr/cm3)	1.79
E.4.- Densidad Seca $y_d = y_h / (1+w\%)$ (gr/cm3)	1.67
E.5.- Peso Especifico de Roca (gr/cm3)	2.84


MANUEL CAHUANA C.

TECNICO


JUAN CIPRIANO
NUÑEZ CARIPIO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 113266

INGENIERO



**ENSAYO DE REEMPLAZO POR VOLUMEN DE AGUA
ASTM D - 5030**

Proyecto Evaluación de Estabilidad Física y Actualización de Manual de Operación del Depósito de Desmontes N°100
Ubicación Chincha- Ica
Cliente Nexa Resources
N° Proyecto 18-G-048-05
Tecnico : M.C.C
Responsable PLL

CALICATA : CD-1
PROFUNDIDAD DE ENSAYO (m) : 0.00 - 0.50
FECHA : 15 de octubre de 2018
AREA PROMEDIO (m²) : 0.00

A) VOLUMEN INICIAL (V1) - Agua usada para llenar el anillo / marco

Recipiente	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)	Recipiente	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)
R1	0.00	0.00	0.00	R4	0.00	0.00	0.00
R2	0.00	0.00	0.00	R5	0.00	0.00	0.00
R3	0.00	0.00	0.00	R6	0.00	0.00	0.00
Total (Kg)							0.00
Densidad del Agua (Kg/cm3)							0.001
Volumen de Agua usada para llenar el anillo / marco (cm3)							0.00

B) PESO DE LA MUESTRA (W) - Peso de la muestra extraida del hoyo (Kg)

Saco	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)	Saco	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)
P1	80.00	0.00	80.00	B8	0.00	0.00	0.00
P2	203.65	0.00	203.65	B9	0.00	0.00	0.00
P3	114.30	0.00	114.30	B10	0.00	0.00	0.00
P4	193.30	0.00	193.30	B11	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	B12	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	B13	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	B14	0.00	0.00	0.00
Total (Kg)							591.25

C) VOLUMEN FINAL (V2) - Agua usada para llenar el hoyo + anillo / marco

Recipiente	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)	Recipiente	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)
R1	40.00	0.00	40.00	R9	0.00	0.00	0.00
R2	40.00	0.00	40.00	R10	0.00	0.00	0.00
R3	40.00	0.00	40.00	R11	0.00	0.00	0.00
R4	40.00	0.00	40.00	R12	0.00	0.00	0.00
R5	40.00	0.00	40.00	R13	0.00	0.00	0.00
R6	40.00	0.00	40.00	R14	0.00	0.00	0.00
R7	20.00	0.00	20.00	R15	0.00	0.00	0.00
R8		0.00	0.00	R16	0.00	0.00	0.00
Total (Kg)							260.00
Densidad del Agua (Kg/cm3)							0.001
Volumen de Agua usada para llenar el anillo sin incluir el marco (cm3)							260,000.00

D) CONTENIDO DE HUMEDAD (w%)

Contenido de humedad (%)	4.46%
--------------------------	-------

E) CÁLCULOS

E.1.- Peso de la muestra W (gr)	591,250.00
E.2.- Volumen del hoyo V = V 2- V1 (cm3)	260,000.00
E.3.- Densidad Humeda $\gamma_h = W / V$ (gr/cm3)	2.27
E.4.- Densidad Seca $\gamma_d = \gamma_h / (1+w\%)$ (gr/cm3)	2.18
E.5.- Peso Especifico de Roca (gr/cm3)	3.03


MANUEL ENCARNACIÓN C.

TECNICO


JUAN CIPRIANO
NÚÑEZ CARPIO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 113268

INGENIERO

ENSAYO DE REEMPLAZO POR VOLUMEN DE AGUA
ASTM D - 5030

Proyecto Evaluación de Estabilidad Física y Actualización de Manual de Operación del Depósito de
Desmontes N°100
Ubicación Chincha- Ica
Cliente Nexa Resources
N° Proyecto 18-G-048-05

Tecnico : M.C.C
Responsable PLL

CALICATA : CD-3
PROFUNDIDAD DE ENSAYO (m) : 0.00 - 0.50
FECHA : 15 de octubre de 2018
AREA PROMEDIO (m²) : 0.00

A) VOLUMEN INICIAL (V1) - Agua usada para llenar el anillo / marco

Recipiente	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)	Recipiente	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)
R1	0.00	0.00	0.00	R4	0.00	0.00	0.00
R2	0.00	0.00	0.00	R5	0.00	0.00	0.00
R3	0.00	0.00	0.00	R6	0.00	0.00	0.00
Total (Kg)							0.00
Densidad del Agua (Kg/cm3)							0.001
Volumen de Agua usada para llenar el anillo / marco (cm3)							0.00

B) PESO DE LA MUESTRA (W) - Peso de la muestra extraida del hoyo (Kg)

Saco	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)	Saco	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)
B1	110.05	0.00	110.05	B8	0.00	0.00	0.00
B2	326.05	0.00	326.05	B9	0.00	0.00	0.00
B3	0.00	0.00	0.00	B10	0.00	0.00	0.00
B4	0.00	0.00	0.00	B11	0.00	0.00	0.00
B5	0.00	0.00	0.00	B12	0.00	0.00	0.00
B6	0.00	0.00	0.00	B13	0.00	0.00	0.00
B7	0.00	0.00	0.00	B14	0.00	0.00	0.00
Total (Kg)							436.10

C) VOLUMEN FINAL (V2) - Agua usada para llenar el hoyo + anillo / marco

Recipiente	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)	Recipiente	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)
R1	40.00	0.00	40.00	R9	0.00	0.00	0.00
R2	40.00	0.00	40.00	R10	0.00	0.00	0.00
R3	40.00	0.00	40.00	R11	0.00	0.00	0.00
R4	40.00	0.00	40.00	R12	0.00	0.00	0.00
R5	40.00	0.00	40.00	R13	0.00	0.00	0.00
R6	0.00	0.00	0.00	R14	0.00	0.00	0.00
R7	0.00	0.00	0.00	R15	0.00	0.00	0.00
R8	0.00	0.00	0.00	R16	0.00	0.00	0.00
Total (Kg)							200.00
Densidad del Agua (Kg/cm3)							0.001
Volumen de Agua usada para llenar el anillo sin incluir el marco (cm3)							200,000.00

D) CONTENIDO DE HUMEDAD (w%)

Contenido de humedad (%)	1.53%
--------------------------	-------

E) CÁLCULOS

E.1.- Peso de la muestra W (gr)	436,100.00
E.2.- Volumen del hoyo $V = V2 - V1$ (cm3)	200,000.00
E.3.- Densidad Humeda $y_h = W / V$ (gr/cm3)	2.18
E.4.- Densidad Seca $y_d = y_h / (1+w\%)$ (gr/cm3)	2.15
E.5.- Peso Especifico de Roca (gr/cm3)	3.04



MANUEL CAHUA C.

TECNICO



JUAN CIPRIANO
NUÑEZ CARPIO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 113266

INGENIERO

**ENSAYO DE REEMPLAZO POR VOLUMEN DE AGUA
ASTM D - 5030**

Proyecto Evaluación de Estabilidad Física y Actualización de Manual de Operación del Depósito de Desmontes N°100
Ubicación Chincha- Ica
Cliente Nexa Resources
N° Proyecto 18-G-048-05

Tecnico : M.C.C
Responsable PLL

CALICATA : CD-4
PROFUNDIDAD DE ENSAYO (m) : 0.00 - 0.50
FECHA : 15 de octubre de 2018
AREA PROMEDIO (m²) : 0.00

A) VOLUMEN INICIAL (V1) - Agua usada para llenar el anillo / marco

Recipiente	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)	Recipiente	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)
R1	0.00	0.00	0.00	R4	0.00	0.00	0.00
R2	0.00	0.00	0.00	R5	0.00	0.00	0.00
R3	0.00	0.00	0.00	R6	0.00	0.00	0.00
Total (Kg)							0.00
Densidad del Agua (Kg/cm3)							0.001
Volumen de Agua usada para llenar el anillo / marco (cm3)							0.00

B) PESO DE LA MUESTRA (W) - Peso de la muestra extraida del hoyo (Kg)

Saco	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)	Saco	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)
B1	105.50	0.00	105.50	B8	0.00	0.00	0.00
B2	93.10	0.00	93.10	B9	0.00	0.00	0.00
B3	79.30	0.00	79.30	B10	0.00	0.00	0.00
B4	118.25	0.00	118.25	B11	0.00	0.00	0.00
B5	222.95	0.00	222.95	B12	0.00	0.00	0.00
B6	0.00	0.00	0.00	B13	0.00	0.00	0.00
B7	0.00	0.00	0.00	B14	0.00	0.00	0.00
Total (Kg)							619.10

C) VOLUMEN FINAL (V2) - Agua usada para llenar el hoyo + anillo / marco

Recipiente	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)	Recipiente	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)
R1	40.00	0.00	40.00	R9	20.00	0.00	20.00
R2	40.00	0.00	40.00	R10	0.00	0.00	0.00
R3	40.00	0.00	40.00	R11	0.00	0.00	0.00
R4	40.00	0.00	40.00	R12	0.00	0.00	0.00
R5	40.00	0.00	40.00	R13	0.00	0.00	0.00
R6	40.00	0.00	40.00	R14	0.00	0.00	0.00
R7	40.00	0.00	40.00	R15	0.00	0.00	0.00
R8	40.00	0.00	40.00	R16	0.00	0.00	0.00
Total (Kg)							340.00
Densidad del Agua (Kg/cm3)							0.001
Volumen de Agua usada para llenar el anillo sin incluir el marco (cm3)							340,000.00

D) CONTENIDO DE HUMEDAD (w%)

Contenido de humedad (%)	2.26%
--------------------------	-------

E) CÁLCULOS

E.1.- Peso de la muestra W (gr)	619,100.00
E.2.- Volumen del hoyo $V = V2 - V1$ (cm3)	340,000.00
E.3.- Densidad Humeda $y_h = W / V$ (gr/cm3)	1.82
E.4.- Densidad Seca $y_d = y_h / (1+w\%)$ (gr/cm3)	1.78
E.5.- Peso Especifico de Roca (gr/cm3)	2.96


MANUEL CAHUANA C.

TECNICO


JUAN CIPRIANO
NUÑEZ CARPIO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 113256

INGENIERO

ENSAYO DE REEMPLAZO POR VOLUMEN DE AGUA
ASTM D - 5030

Proyecto Evaluación de Estabilidad Física y Actualización de Manual de Operación del Depósito de
Desmontes N°100
Ubicación Chincha- Ica
Cliente Nexa Resources Técnico : M.C.C
N° Proyecto 18-G-048-05 Responsable PLL

CALICATA : CD-5
PROFUNDIDAD DE ENSAYO (m) : 0.00 - 0.50
FECHA : 15 de octubre de 2018
AREA PROMEDIO (m²) : 0.00

A) VOLUMEN INICIAL (V1) - Agua usada para llenar el anillo / marco

Recipiente	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)	Recipiente	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)
R1	0.00	0.00	0.00	R4	0.00	0.00	0.00
R2	0.00	0.00	0.00	R5	0.00	0.00	0.00
R3	0.00	0.00	0.00	R6	0.00	0.00	0.00
Total (Kg)							0.00
Densidad del Agua (Kg/cm ³)							0.001
Volumen de Agua usada para llenar el anillo / marco (cm ³)							0.00

B) PESO DE LA MUESTRA (W) - Peso de la muestra extraída del hoyo (Kg)

Saco	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)	Saco	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)
B1	127.60	0.00	127.60	B8	0.00	0.00	0.00
B2	101.55	0.00	101.55	B9	0.00	0.00	0.00
B3	137.20	0.00	137.20	B10	0.00	0.00	0.00
B4	129.15	0.00	129.15	B11	0.00	0.00	0.00
B5	0.00	0.00	0.00	B12	0.00	0.00	0.00
B6	0.00	0.00	0.00	B13	0.00	0.00	0.00
B7	0.00	0.00	0.00	B14	0.00	0.00	0.00
Total (Kg)							495.50

C) VOLUMEN FINAL (V2) - Agua usada para llenar el hoyo + anillo / marco

Recipiente	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)	Recipiente	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Peso Neto (Kg)
R1	40.00	0.00	40.00	R9	0.00	0.00	0.00
R2	40.00	0.00	40.00	R10	0.00	0.00	0.00
R3	40.00	0.00	40.00	R11	0.00	0.00	0.00
R4	40.00	0.00	40.00	R12	0.00	0.00	0.00
R5	40.00	0.00	40.00	R13	0.00	0.00	0.00
R6	40.00	0.00	40.00	R14	0.00	0.00	0.00
R7	0.00	0.00	0.00	R15	0.00	0.00	0.00
R8	0.00	0.00	0.00	R16	0.00	0.00	0.00
Total (Kg)							240.00
Densidad del Agua (Kg/cm ³)							0.001
Volumen de Agua usada para llenar el anillo sin incluir el marco (cm ³)							240,000.00

D) CONTENIDO DE HUMEDAD (w%)

Contenido de humedad (%)	0.63%
--------------------------	-------

E) CÁLCULOS

E.1.- Peso de la muestra W (gr)	495,500.00
E.2.- Volumen del hoyo $V = V2 - V1$ (cm ³)	240,000.00
E.3.- Densidad Humeda $\gamma_h = W / V$ (gr/cm ³)	2.06
E.4.- Densidad Seca $\gamma_d = \gamma_h / (1+w\%)$ (gr/cm ³)	2.05
E.5.- Peso Especifico de Roca (gr/cm ³)	3.05



MANUEL CAHUANA C.

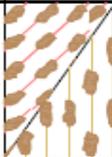
TECNICO



JUAN CIPRIANO
NUÑEZ CARPIO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 113266

INGENIERO

CALICATAS

		PERFIL ESTRATIGRAFICO			CALICATA: CD-1		
CLIENTE: Nexa Resources				UBICACION: Chíncha - Perú			
PROYECTO: Evaluación de Estabilidad Física y Actualización de Manual de Operación del Depósito de Desmontes N° 100				N°: 18-G-048-05			
TIPO DE SONDAJE: CALICATA		COTA TERRENO: 1,968.00 msnm	PROF. TOTAL: 0.50 m.		FECHA: Octubre 2018		
REGISTRADO: P.LL.		REVISADO: J.N.	COORDENADAS: 392,352 E 8'553,553 N				
PROFUNDIDAD (m)	SÍMBOLO SUCS	SÍMBOLO GRÁFICO	TIPO DE EXCAVACIÓN: <i>Manual</i>		TIPO DE MUESTRA	CODIGO DE MUESTRA	COMENTARIOS
			CONDICIÓN SUPERFICIAL: <i>Plana</i>				
			LEYENDA:				
			Muestra Alterada: A		S/M: Sin muestra		
			Muestra Inalterada: I		Tmáx: Tamaño máximo		
			<i>DESCRIPCIÓN</i>				
0.00	GC-GM		Grava arcillosa mal graduada con limos, finos de plasticidad baja, medianamente húmeda, medianamente denso, color marrón amarillento claro. Con presencia de bolonería sub angular de Tmáx = 6". Grava=57.8%; Arena =28.4%; Finos =13.8% LL=16, LP=11, IP=5 w=4.5%		A	M-1	Densidad In-situ
0.50							
1.00							
1.50							
2.00							
2.50							
3.00							
3.50							

		PERFIL ESTRATIGRAFICO			CALICATA: CD-2		
CLIENTE: Nexa Resources				UBICACION: Chmcha - Perú			
PROYECTO: Evaluación de Estabilidad Física y Actualización de Manual de Operación del Depósito de Desmontes N° 100				N°: 18-G-048-05			
TIPO DE SONDAJE: CALICATA		COTA TERRENO: 1,968.00 msnm	PROF. TOTAL: 0.50 m.		FECHA: Octubre 2018		
REGISTRADO: P.LL.		REVISADO: J.N.	COORDENADAS: 392,404 E 8'553,467 N				
PROFUNDIDAD (m)	SÍMBOLO SUCS	SÍMBOLO GRÁFICO	TIPO DE EXCAVACIÓN: Manual		TIPO DE MUESTRA	CODIGO DE MUESTRA	COMENTARIOS
			CONDICIÓN SUPERFICIAL: Plana				
			LEYENDA: Muestra Alterada: A S/M: Sin muestra Muestra Inalterada: I Tmáx: Tamaño máximo				
			DESCRIPCIÓN				
0.00	GP-GM		Grava mal graduada con limos, finos de plasticidad baja, húmeda, medlanamente denso, de color amarillento claro. Con presencia de bolonería angular y sub angular de Tmáx = 6", Grava=78,1%; Arena =14,4%; Finos =7,5% LL=16, LP=12, IP=4 w=7,5%		A	M-1	Densidad In-situ
0.50							
1.00							
1.50							
2.00							
2.50							
3.00							
3.50							

		PERFIL ESTRATIGRAFICO			CALICATA: CD-3		
CLIENTE: Nexa Resources				UBICACION: Chíncha - Perú			
PROYECTO: Evaluación de Estabilidad Física y Actualización de Manual de Operación del Depósito de Desmontes N° 100				N°: 18-G-048-05			
TIPO DE SONDAJE: CALICATA		COTA TERRENO: 1,840.00 msnm	PROF. TOTAL: 0.50 m.		FECHA: Octubre 2018		
REGISTRADO: P.L.L.		REVISADO: J.N.	COORDENADAS: 392,148 E 8'553,689 N				
PROFUNDIDAD (m)	SÍMBOLO SUCS	SÍMBOLO GRÁFICO	TIPO DE EXCAVACIÓN: Manual		TIPO DE MUESTRA	CODIGO DE MUESTRA	COMENTARIOS
			CONDICIÓN SUPERFICIAL: Plana				
			LEYENDA:				
			Muestra Alterada: A		S/M: Sin muestra		
			Muestra Inalterada: I		Tmáx: Tamaño máximo		
			DESCRIPCIÓN				
0.00	GP-GM		Grava mal graduada con limos, finos de plasticidad baja, ligeramente húmeda, medianamente denso, de color marrón claro. Con presencia de bolonería angular y sub angular de Tmáx = 9". Grava=54,0%; Arena =35,2%; Finos =10,8% LL=13, LP=10, IP=3 w=1.5%		A	M-1	Densidad in-situ
0.50							
1.00							
1.50							
2.00							
2.50							
3.00							
3.50							

		PERFIL ESTRATIGRAFICO			CALICATA: CD-4		
CLIENTE: Nexa Resources				UBICACION: Chíncha - Perú			
PROYECTO: Evaluación de Estabilidad Física y Actualización de Manual de Operación del Depósito de Desmontes N° 100				N°: 18-G-048-05			
TIPO DE SONDAJE: CALICATA		COTA TERRENO: 1,852.00 msnm	PROF. TOTAL: 0.50 m.		FECHA: Octubre 2018		
REGISTRADO: P.L.L.		REVISADO: J.N.	COORDENADAS: 392,157 E 8'553,678 N				
PROFUNDIDAD (m)	SÍMBOLO SUCS	SÍMBOLO GRÁFICO	TIPO DE EXCAVACIÓN: Manual		TIPO DE MUESTRA	CODIGO DE MUESTRA	COMENTARIOS
			CONDICIÓN SUPERFICIAL: Plana				
			LEYENDA:				
			Muestra Alterada: A		S/M: Sin muestra		
			Muestra Inalterada: I		Tmáx: Tamaño máximo		
			DESCRIPCIÓN				
0.00	GP-GM		Grava mal graduada con finos, finos de plasticidad baja, de ligera a medianamente húmeda, medianamente denso, de color amarillento claro. Con presencia de bolsonera angular y sub angular de Tmáx = 8". Grava=60,3%; Arena =31,7%; Finos =8,0% LL=17, LP=13, IP=4 w=2,3%		A	M-I	Densidad In-situ
0.50							
1.00							
1.50							
2.00							
2.50							
3.00							
3.50							

		PERFIL ESTRATIGRAFICO			CALICATA: CD-5		
CLIENTE: Nexa Resources				UBICACION: Chíncha - Perú			
PROYECTO: Evaluación de Estabilidad Física y Actualización de Manual de Operación del Depósito de Desmontes N° 100				N°: 18-G-048-05			
TIPO DE SONDAJE: CALICATA		COTA TERRENO: 1,877.00 msnm	PROF. TOTAL: 0.50 m.		FECHA: Octubre 2018		
REGISTRADO: P.LL.		REVISADO: J.N.	COORDENADAS: 392,156 E 8'553,641 N				
PROFUNDIDAD (m)	SÍMBOLO SUCS	SÍMBOLO GRÁFICO	TIPO DE EXCAVACIÓN: <i>Manual</i>		TIPO DE MUESTRA	CODIGO DE MUESTRA	COMENTARIOS
			CONDICIÓN SUPERFICIAL: <i>Plana</i>				
			LEYENDA: <i>Muestra Alterada: A S/M: Sin muestra</i> <i>Muestra Inalterada: I Tmáx: Tamaño máximo</i>				
			<i>DESCRIPCIÓN</i>				
0.00	GP-GM		Grava mal graduada con finos, finos de plasticidad baja, ligeramente húmeda, medianamente denso, de color marrón claro. Con presencia de bolonería angular y sub angular de Tmáx = 6". Grava=51.0%; Arena =40.6%; Finos =8.3% LL=12, LP=10, IP=2 w=0.6%		A	M-I	Densidad In-situ
0.50							
1.00							
1.50							
2.00							
2.50							
3.00							
3.50							

ENSAYOS DE RESISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



Av. Túpac Amaru Nº 1150, Lima 25, Perú - Telf. (51-1) 482-0804, 481-0170, 482-0777 - Correo labgeoc@uni.edu.pe - Página http://www.cisniid-uni.org

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

(ASTM - D4426; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

Informe : LG13-130

Fecha : Junio, 2013

Solicitante : SVS INGENIEROS S. A.

Proyecto : Caracterización Geotécnica y Evaluación de Estabilidad de Taludes del Botadero 100

Ubicación : Dist. Chavín, Prov. Chincha, Dpto. Ica

Sondaje : D - 02

Hoja : 1 de 1

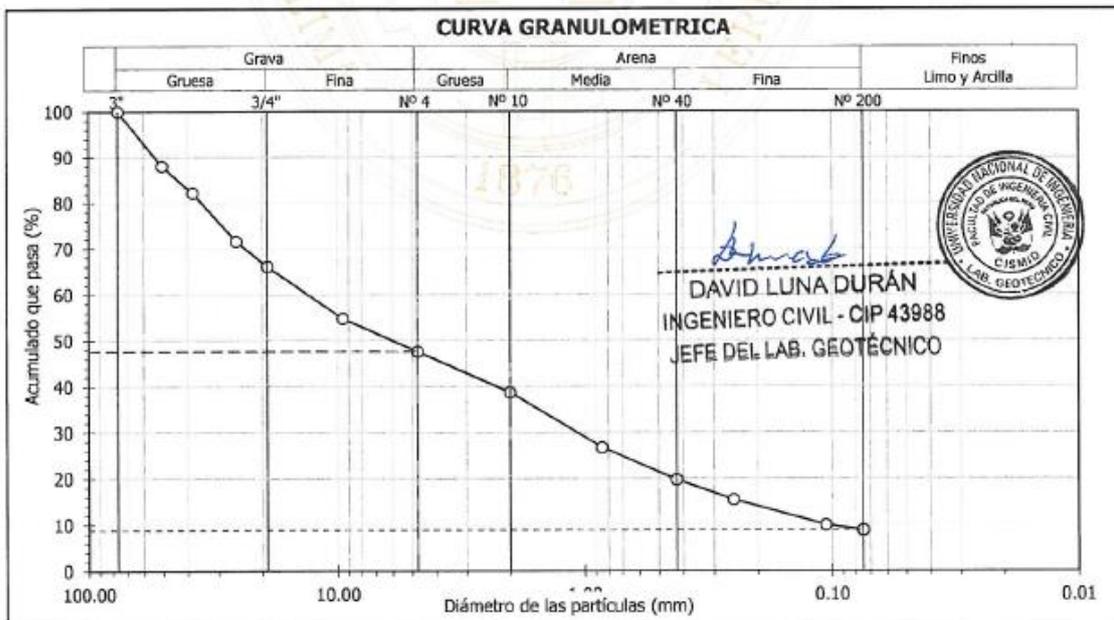
Muestra : M - 05

Profundidad (m) : 0.40

Granulometría por tamizado		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	88.1
1½"	38.100	82.2
1"	25.400	71.6
¾"	19.050	66.1
3/8"	9.525	54.8
Nº 4	4.750	47.6
Nº 10	2.000	38.7
Nº 20	0.850	26.7
Nº 40	0.425	19.7
Nº 60	0.250	15.4
Nº 140	0.106	9.9
Nº 200	0.075	8.8

Contenido de humedad		(%)	0.5
Límites de consistencia	Límite Líquido	(%)	NP
	Límite Plástico	(%)	NP
	Índice de Plasticidad	(%)	NP
	Límite de Contracción	(%)	---
Resultados de granulometría por tamizado	Coefficiente de Uniformidad (Cu)		122.1
	Coefficiente de Curvatura (Cc)		0.8
	Grava [Nº 4 < ϕ < 3"]	(%)	52.4
	Arena [Nº 200 < ϕ < Nº 4]	(%)	38.8
	Finos [ϕ < Nº 200]	(%)	8.8

Clasificación	
AASHTO	SUCS
A-1a (0)	GP - GM
Grava mal gradada con limo y arena	





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



Av. Túpac Amaru Nº 1150, Lima 25, Perú - Telf. (51-1) 482-0804, 481-0170, 482-0777 - Correo: labgeco@uni.edu.pe - Página: http://www.cismid-uni.org

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

(ASTM - D4426; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

Informe : LG13-130

Fecha : Junio, 2013

Solicitante : SVS INGENIEROS S. A.

Proyecto : Caracterización Geotécnica y Evaluación de Estabilidad de Taludes del Botadero 100

Ubicación : Dist. Chavín, Prov. Chincha, Dpto. Ica

Sondaje : D - 02

Hoja : 1 de 1

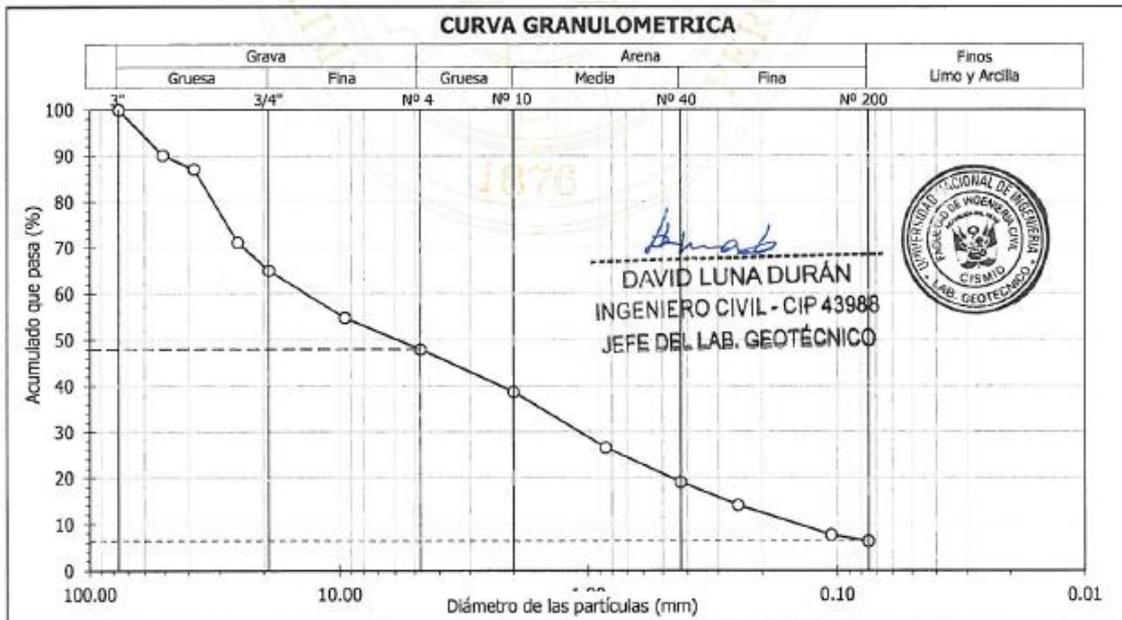
Muestra : M - 06

Profundidad (m) : 0.40

Granulometría por tamizado		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	90.1
1½"	38.100	87.1
1"	25.400	71.2
¾"	19.050	65.0
3/8"	9.525	54.8
Nº 4	4.750	47.9
Nº 10	2.000	38.7
Nº 20	0.850	26.6
Nº 40	0.425	19.1
Nº 60	0.250	14.1
Nº 140	0.106	7.7
Nº 200	0.075	6.4

Contenido de humedad		(%)	0.7
Límites de consistencia	Límite Líquido	(%)	NP
	Límite Plástico	(%)	NP
	Índice de Plasticidad	(%)	NP
	Límite de Contracción	(%)	---
Resultados de granulometría por tamizado	Coeficiente de Uniformidad (Cu)		94.0
	Coeficiente de Curvatura (Cc)		0.6
	Grava [Nº 4 < ϕ < 3"]	(%)	52.1
	Arena [Nº 200 < ϕ < Nº 4]	(%)	41.5
	Finos [ϕ < Nº 200]	(%)	6.4

Clasificación	
AASHTO	SUCS
A-1a (0)	GP - GM
Grava mal gradada con limo y arena	



Observación : La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



Av. Túpac Amaru Nº 1150, Lima 25, Perú - Telf. (51-1) 482-0804, 481-0170, 482-0777 - Correo labgeoci@uni.edu.pe - Página http://www.cisamid-uni.org

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

(ASTM - D4426; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

Informe : LG13-130

Fecha : Junio, 2013

Solicitante : SVS INGENIEROS S. A.

Proyecto : Caracterización Geotécnica y Evaluación de Estabilidad de Taludes del Botadero 100

Ubicación : Dist. Chavín, Prov. Chinchá, Dpto. Ica

Sondaje : D - 02

Hoja : 1 de 1

Muestra : M - 08

Profundidad (m) : 0.40

Granulometría por tamizado		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	84.9
1½"	38.100	74.8
1"	25.400	69.2
¾"	19.050	62.5
3/8"	9.525	54.2
Nº 4	4.750	47.2
Nº 10	2.000	38.6
Nº 20	0.850	26.4
Nº 40	0.425	18.7
Nº 60	0.250	13.6
Nº 140	0.106	7.5
Nº 200	0.075	6.2

Contenido de humedad	(%)	0.5
Límites de consistencia	Límite Líquido	(%) NP
	Límite Plástico	(%) NP
	Índice de Plasticidad	(%) NP
	Límite de Contracción	(%) ---
Resultados de granulometría por tamizado	Coefficiente de Uniformidad (Cu)	102.4
	Coefficiente de Curvatura (Cc)	0.5
	Grava [Nº 4 < φ < 3"]	(%) 52.8
	Arena [Nº 200 < φ < Nº 4]	(%) 41.0
	Finos [φ < Nº 200]	(%) 6.2

Clasificación	
AASHTO	SUCS
A-1a (0)	GP - GM Grava mal gradada con limo y arena



Observación : La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Telf (51-1) 482-0804, 481-0170, 482-0777 - Correo labgeoc@uni.edu.pe - Página http://www.cismid.uni.org

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

(ASTM - D4426; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

Informe : LG13-130 Fecha : Junio, 2013
Solicitante : SVS INGENIEROS S. A.
Proyecto : Caracterización Geotécnica y Evaluación de Estabilidad de Taludes del Botadero 100
Ubicación : Dist. Chavín, Prov. Chincha, Dpto. Ica

Sondaje : D - 02 Hoja : 1 de 1
Muestra : M - 09
Profundidad (m) : 0.40

Granulometría por tamizado		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	86.3
1½"	38.100	73.5
1"	25.400	68.2
¾"	19.050	60.9
3/8"	9.525	52.7
Nº 4	4.750	46.3
Nº 10	2.000	38.1
Nº 20	0.850	25.8
Nº 40	0.425	18.0
Nº 60	0.250	13.2
Nº 140	0.106	7.4
Nº 200	0.075	5.8

Contenido de humedad		(%)	0.5
Límites de consistencia	Límite Líquido	(%)	NP
	Límite Plástico	(%)	NP
	Índice de Plasticidad	(%)	NP
	Límite de Contracción	(%)	---
Resultados de granulometría por tamizado	Coeficiente de Uniformidad (Cu)		113.4
	Coeficiente de Curvatura (Cc)		0.5
	Grava [Nº 4 < φ < 3"]	(%)	53.7
	Arena [Nº 200 < φ < Nº 4]	(%)	40.5
	Finos [φ < Nº 200]	(%)	5.8

Clasificación	
AASHTO	SUCS
A-1a (0)	GP - GM Grava mal gradada con limo y arena



Observación : La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Telf (51-1) 482-0804, 481-0170, 482-0777 - Correo labgeco@una.edu.pe - Página http://www.cismid-uni.org

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS

(ASTM - D4426; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

Informe : LG13-130
Solicitante : SVS INGENIEROS S. A.
Proyecto : Caracterización Geotécnica y Evaluación de Estabilidad de Taludes del Botadero 100

Fecha : Junio, 2013

Ubicación : Dist. Chavín, Prov. Chincha, Dpto. Ica

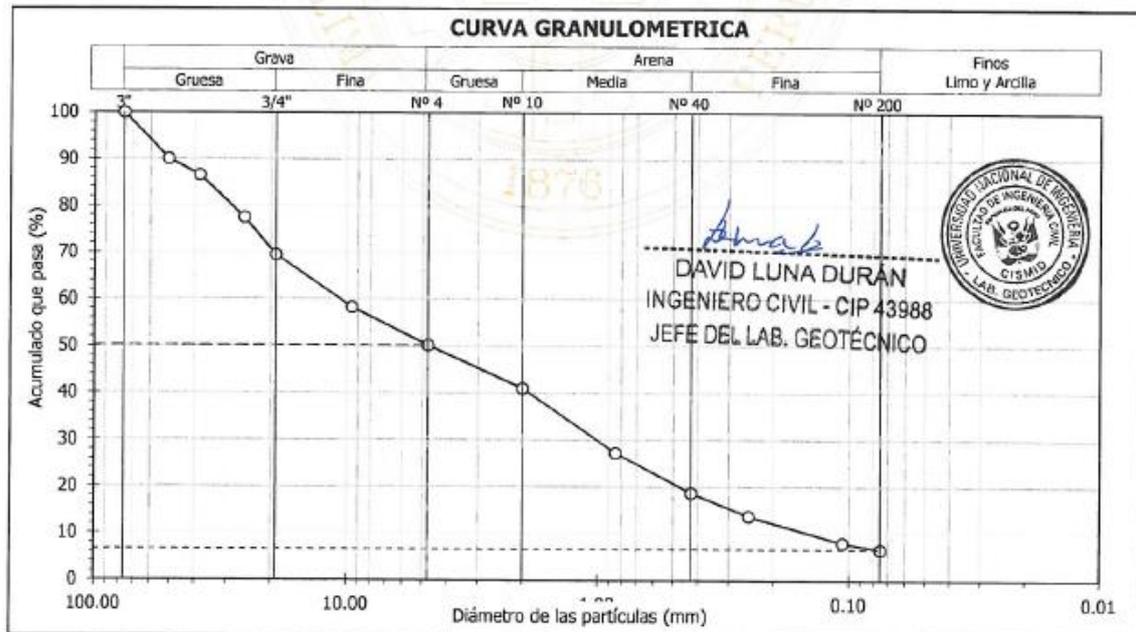
Sondaje : D - 03
Muestra : M - 03
Profundidad (m) : 0.40

Hoja : 1 de 1

Granulometría por tamizado		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	90.1
1½"	38.100	86.6
1"	25.400	77.5
¾"	19.050	69.5
3/8"	9.525	58.3
Nº 4	4.750	50.2
Nº 10	2.000	41.0
Nº 20	0.850	27.3
Nº 40	0.425	18.7
Nº 60	0.250	13.7
Nº 140	0.106	8.0
Nº 200	0.075	6.6

Contenido de humedad		
	(%)	
		0.4
Límites de consistencia	Límite Líquido	(%) NP
	Límite Plástico	(%) NP
	Índice de Plasticidad	(%) NP
	Límite de Contracción	(%) ---
Resultados de granulometría por tamizado	Coficiente de Uniformidad (Cu)	73.4
	Coficiente de Curvatura (Cc)	0.7
	Grava [Nº 4 < ϕ < 3"]	(%) 49.8
	Arena [Nº 200 < ϕ < Nº 4]	(%) 43.7
	Finos [ϕ < Nº 200]	(%) 6.6

Clasificación	
AASHTO	SUCS
A-1a (0)	GP - GM
Grava mal gradada con limo y arena	



Observación : La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante.



ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS

(ASTM - D4426; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

Informe : LG13-130 Fecha : Junio, 2013
Solicitante : SVS INGENIEROS S. A.
Proyecto : Caracterización Geotécnica y Evaluación de Estabilidad de Taludes del Botadero 100

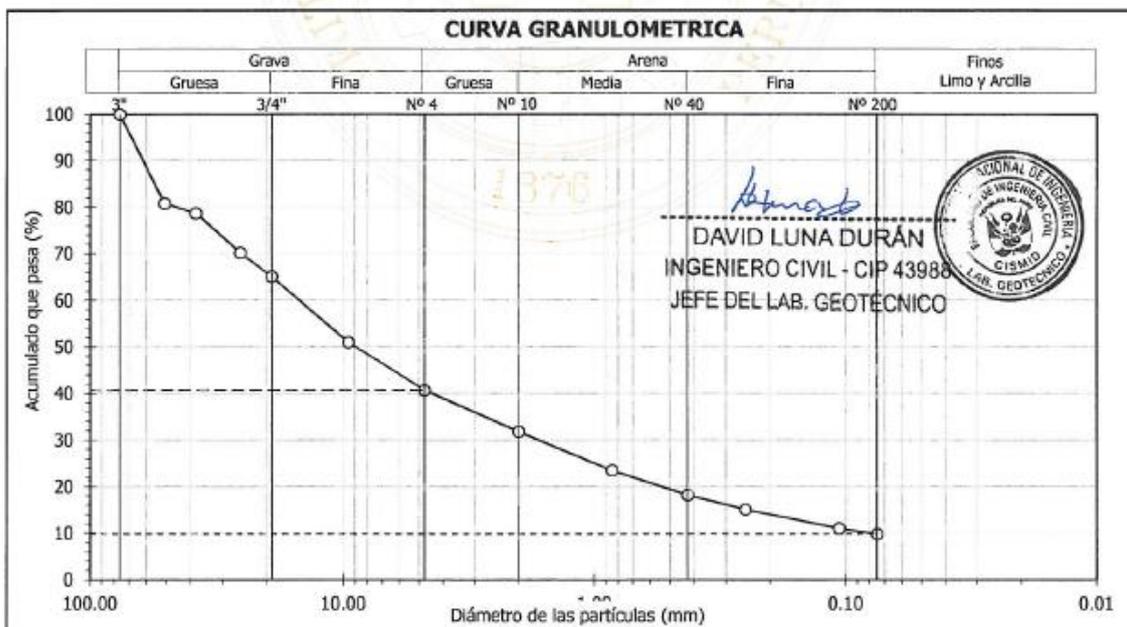
Ubicación : Dist. Chavín, Prov. Chincha, Dpto. Ica

Sondaje : D - 03 Hoja : 1 de 1
Muestra : M - 04
Profundidad (m) : 0.40

Granulometría por tamizado		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	80.8
1½"	38.100	78.7
1"	25.400	70.2
¾"	19.050	65.1
3/8"	9.525	51.0
Nº 4	4.750	40.7
Nº 10	2.000	31.8
Nº 20	0.850	23.5
Nº 40	0.425	18.2
Nº 60	0.250	15.1
Nº 140	0.106	11.0
Nº 200	0.075	9.8

Contenido de humedad		(%)	0.5
Límites de consistencia	Límite Líquido	(%)	NP
	Límite Plástico	(%)	NP
	Índice de Plasticidad	(%)	NP
	Límite de Contracción	(%)	---
Resultados de granulometría por tamizado	Coeficiente de Uniformidad (Cu)		187.8
	Coeficiente de Curvatura (Cc)		2.3
	Grava [Nº 4 < φ < 3"]	(%)	59.3
	Arena [Nº 200 < φ < Nº 4]	(%)	30.9
	Finos [φ < Nº 200]	(%)	9.8

Clasificación	
AASHTO	SUCS
A-1a (0)	GW - GM Grava bien gradada con limo y arena





ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

(ASTM - D4426; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

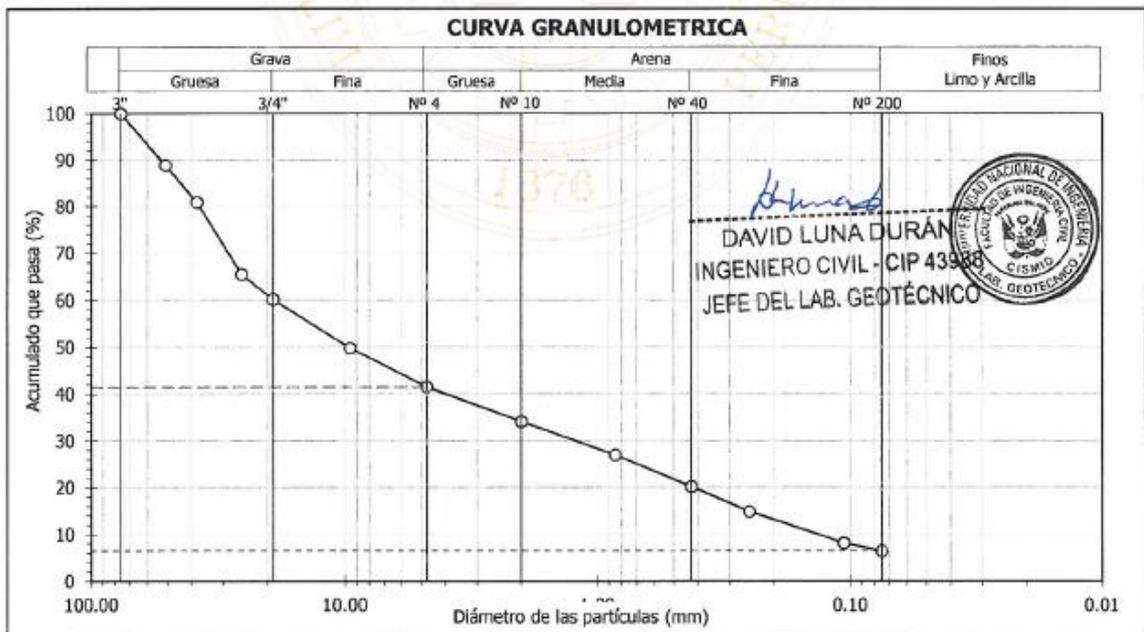
Informe : LG13-130 Fecha : Junio, 2013
Solicitante : SVS INGENIEROS S. A.
Proyecto : Caracterización Geotécnica y Evaluación de Estabilidad de Taludes del Botadero 100
Ubicación : Dist. Chavín, Prov. Chincha, Dpto. Ica

Sondaje : D - 03 Hoja : 1 de 1
Muestra : M - 06
Profundidad (m) : 0.40

Granulometría por tamizado		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	88.9
1½"	38.100	80.9
1"	25.400	65.5
¾"	19.050	60.2
3/8"	9.525	49.8
Nº 4	4.750	41.5
Nº 10	2.000	34.1
Nº 20	0.850	27.0
Nº 40	0.425	20.2
Nº 60	0.250	14.9
Nº 140	0.106	8.2
Nº 200	0.075	6.5

Contenido de humedad		(%)	0.4
Límites de consistencia	Límite Líquido	(%)	NP
	Límite Plástico	(%)	NP
	Índice de Plasticidad	(%)	NP
	Límite de Contracción	(%)	---
Resultados de granulometría por tamizado	Coeficiente de Uniformidad (Cu)		140.9
	Coeficiente de Curvatura (Cc)		0.6
	Grava [Nº 4 < φ < 3"]	(%)	58.5
	Arena [Nº 200 < φ < Nº 4]	(%)	35.0
	Finos [φ < Nº 200]	(%)	6.5

Clasificación	
AASHTO	SUCS
A-1a (0)	GP - GM Grava mal gradada con limo y arena



Observación : La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante.



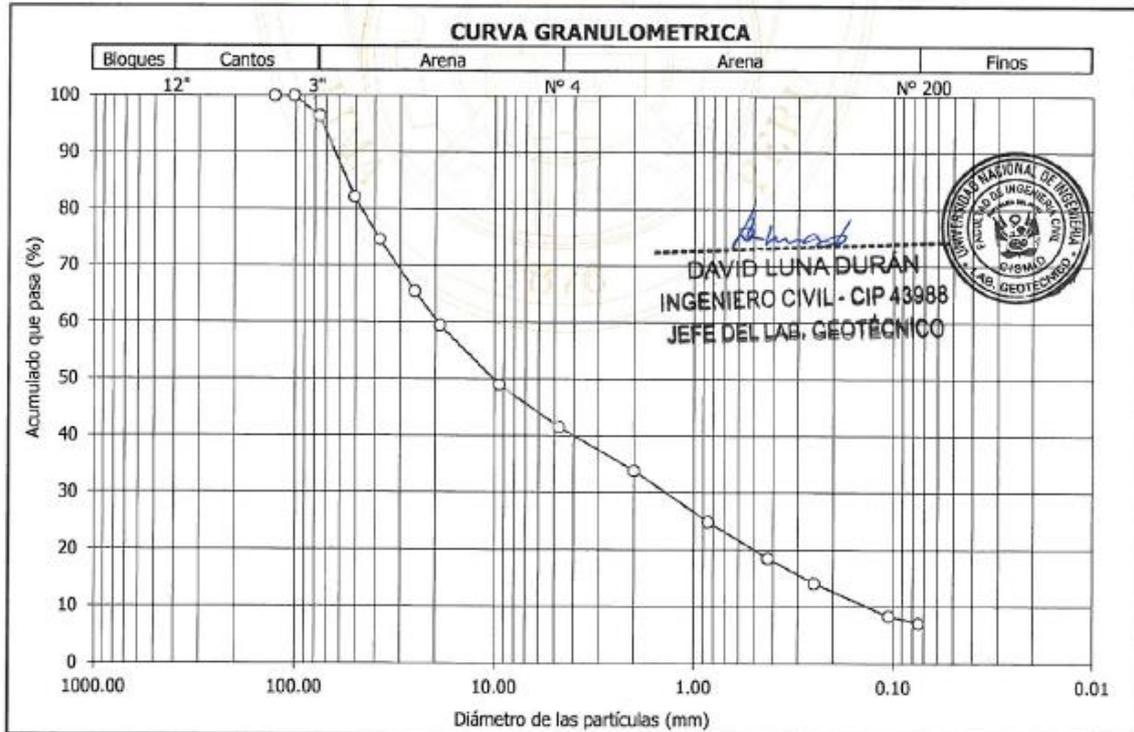
GRANULOMETRIA INTEGRAL POR TAMIZADO

Informe : LG13-130 Fecha : Junio, 2013
 Solicitante : SVS INGENIEROS S. A.
 Proyecto : Caracterización Geotécnica y Evaluación de Estabilidad de Taludes del Botadero 100
 Ubicación : Dist. Chavín, Prov. Chincha, Dpto. Ica

Sondaje : Mezcla D - 02 y D - 03
 Muestra : ---
 Prof. (m) : 0.40

Bloques [$\phi > 12''$]	(%)	0.0
Cantos [$3'' < \phi < 12''$]	(%)	3.6
Grava [$N^{\circ} 4 < \phi < 3''$]	(%)	54.9
Arena [$N^{\circ} 200 < \phi < N^{\circ} 4$]	(%)	34.4
Grava [$\phi < N^{\circ} 200$]	(%)	7.1

Tamiz	(mm)	(%)
5 "	127.0	100.0
4 "	101.6	100.0
3 "	76.20	96.4
2 "	50.80	82.2
1 1/2 "	38.10	74.6
1 "	25.40	65.5
3/4 "	19.05	59.5
3/8 "	9.525	49.0
Nº 004	4.750	41.6
Nº 010	2.000	33.8
Nº 020	0.850	24.9
Nº 040	0.425	18.5
Nº 060	0.250	14.1
Nº 140	0.106	8.4
Nº 200	0.075	7.1





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



Av. Túpac Amaru Nº 1150, Lima 25, Perú - Teléf. (51-1) 482-0804, 481-0170, 482-0777 - Correo labgeoc@uni.edu.pe - Página http://www.cismid-uni.org

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(A GRAN ESCALA) ASTM - D3080

Informe Nº
LG13-130

Solicitante : SVS INGENIEROS S. A.
Proyecto : Caracterización Geotécnica y Evaluación de Estabilidad de Taludes del Botadero 100

Ubicación : Dist. Chavín, Prov. Chíncha, Dpto. Ica

Fecha : Junio, 2013

Sondaje : Mezcla D - 02 y D - 03 Muestra : --- Profundidad (m) : 0.40 Página : 1 de 11

Esfuerzo Normal : 0.50 kg/cm²

Características del espécimen

Velocidad : 0.50 mm/min
Estado : Remoldeado
Condición : Sin saturar
Humedad : 2.5 %
Densidad seca : 2.29 g/cm³

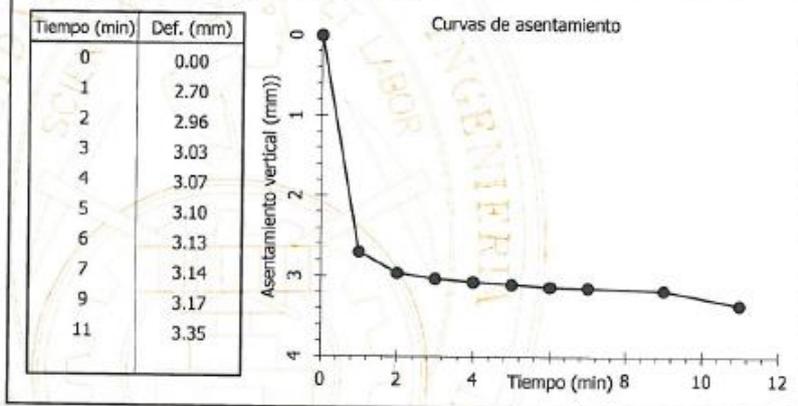
Etapas inicial del ensayo

Humedad : 2.5 %
Densidad seca : 2.3 g/cm³

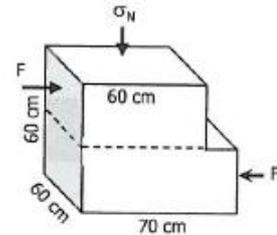
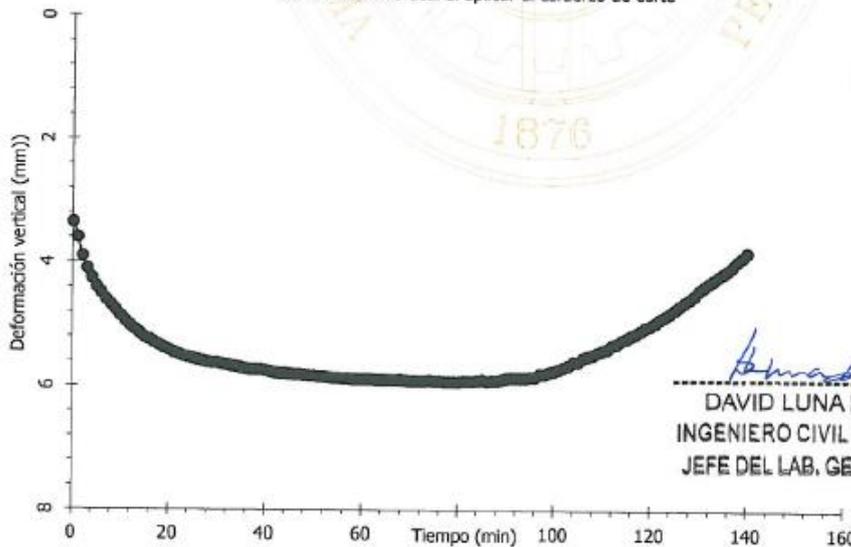
Etapas final del ensayo

Humedad : 2.5 %
Densidad seca : 2.3 g/cm³

Deformación vertical al aplicar el esfuerzo normal



Deformación vertical al aplicar el esfuerzo de corte



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



Observaciones :

La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante. Material menor de 4", humedad = 2.5%, mínima densidad seca remoldeable = 2.29g/cm³ (densidad seca proporcionada = 2.20g/cm³). Los datos de remoldeo han sido autorizados por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



Av. Túpac Amaru Nº 1150, Lima 25, Perú - Telf. (51-1) 482-0804, 481-0170, 482-0777 - Correo labgeoc@uni.edu.pe - Página: http://www.cismid-uni.org

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(A GRAN ESCALA) ASTM - D3080

Solicitante : SVS INGENIEROS S. A.
Proyecto : Caracterización Geotécnica y Evaluación de Estabilidad de Taludes del Botadero 100

Informe Nº
LG13-130

Ubicación : Dist. Chavín, Prov. Chíncha, Dpto. Ica

Fecha : Junio, 2013

Sondaje : Mezcla D - 02 y D - 03

Muestra : ---

Profundidad (m) : 0.40

Página : 2 de 11

Esfuerzo Normal : 0.50 kg/cm²

Aplicación del Esfuerzo de Corte (Hoja de detalle)

Tiempo (min)	Def. Vertical (mm)	Def. Tang. (mm)	Def. Tang. (%)	Esf. de corte (kg/cm ²)	Tiempo (min)	Def. Vertical (mm)	Def. Tang. (mm)	Def. Tang. (%)	Esf. de corte (kg/cm ²)
0	3.35	0.00	0.00	0.00	35	5.70	17.14	2.86	0.42
1	3.60	0.43	0.07	0.12	36	5.72	17.64	2.94	0.44
2	3.90	0.91	0.15	0.16	37	5.73	18.17	3.03	0.43
3	4.10	1.40	0.23	0.17	38	5.73	18.64	3.11	0.44
4	4.25	1.86	0.31	0.20	39	5.73	19.17	3.20	0.44
5	4.39	2.35	0.39	0.22	40	5.74	19.67	3.28	0.44
6	4.49	2.83	0.47	0.23	41	5.76	20.18	3.36	0.46
7	4.60	3.31	0.55	0.23	42	5.78	20.67	3.45	0.47
8	4.68	3.79	0.63	0.24	43	5.79	21.16	3.53	0.46
9	4.77	4.28	0.71	0.26	44	5.79	21.64	3.61	0.46
10	4.86	4.77	0.80	0.25	45	5.80	22.12	3.69	0.47
11	4.94	5.27	0.88	0.26	46	5.81	22.63	3.77	0.48
12	5.02	5.79	0.97	0.28	47	5.81	23.14	3.86	0.47
13	5.08	6.27	1.05	0.28	48	5.82	23.61	3.94	0.48
14	5.14	6.76	1.13	0.31	49	5.83	24.18	4.03	0.49
15	5.21	7.27	1.21	0.32	50	5.83	24.67	4.11	0.48
16	5.24	7.75	1.29	0.32	51	5.84	25.22	4.20	0.50
17	5.29	8.27	1.38	0.31	52	5.84	25.69	4.28	0.51
18	5.33	8.75	1.46	0.33	53	5.85	26.20	4.37	0.50
19	5.38	9.29	1.55	0.34	54	5.86	26.72	4.45	0.52
20	5.41	9.77	1.63	0.35	55	5.86	27.25	4.54	0.52
21	5.45	10.24	1.71	0.36	56	5.87	27.74	4.62	0.54
22	5.48	10.75	1.79	0.34	57	5.87	28.27	4.71	0.52
23	5.51	11.23	1.87	0.35	58	5.88	28.78	4.80	0.54
24	5.53	11.68	1.95	0.36	59	5.88	29.26	4.88	0.54
25	5.55	12.19	2.03	0.36	60	5.88	29.76	4.96	0.55
26	5.57	12.71	2.12	0.37	61	5.88	30.22	5.04	0.58
27	5.59	13.19	2.20	0.38	62	5.88	30.75	5.13	0.56
28	5.61	13.68	2.28	0.37	63	5.89	31.22	5.20	0.56
29	5.62	14.18	2.36	0.37	64	5.89	31.71	5.29	0.58
30	5.62	14.68	2.45	0.38	65	5.89	32.26	5.38	0.58
31	5.64	15.18	2.53	0.39	66	5.89	32.76	5.46	0.58
32	5.65	15.65	2.61	0.40	67	5.89	33.23	5.54	
33	5.67	16.17	2.70	0.41	68	5.90	33.77	5.62	
34	5.68	16.66	2.78	0.41	69	5.90	34.23	5.71	
35	5.70	17.14	2.86	0.42	70	5.91	34.74	5.79	

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





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Telf (51-1) 482-0804, 481-0170, 482-0777 - Correo labgeoc@uni.edu.pe - Página http://www.cismid-uni.org

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(A GRAN ESCALA) ASTM - D3080

Solicitante : SVS INGENIEROS S. A.
Proyecto : Caracterización Geotécnica y Evaluación de Estabilidad de Taludes del Botadero 100

Informe N°
LG13-130

Ubicación : Dist. Chavin, Prov. Chincha, Dpto. Ica

Fecha : Junio, 2013

Sondaje : Mezcla D - 02 y D - 03 Muestra : --- Profundidad (m) : 0.40 Página : 3 de 11

Esfuerzo Normal : 0.50 kg/cm²

Aplicación del Esfuerzo de Corte (Hoja de detalle)

Tiempo (min)	Def. Vertical (mm)	Def. Tang. (mm)	Def. Tang. (%)	Esf. de corte (kg/cm ²)	Tiempo (min)	Def. Vertical (mm)	Def. Tang. (mm)	Def. Tang. (%)	Esf. de corte (kg/cm ²)
70	5.91	34.74	5.79	0.59	105	5.59	52.15	8.69	0.80
71	5.91	35.20	5.87	0.59	106	5.53	52.65	8.78	0.79
72	5.91	35.72	5.95	0.61	107	5.50	53.17	8.86	0.82
73	5.91	36.23	6.04	0.60	108	5.48	53.65	8.94	0.80
74	5.90	36.70	6.12	0.62	109	5.44	54.15	9.03	0.82
75	5.91	37.21	6.20	0.61	110	5.41	54.66	9.11	0.80
76	5.91	37.72	6.29	0.64	111	5.38	55.15	9.19	0.81
77	5.92	38.19	6.37	0.64	112	5.32	55.67	9.28	0.81
78	5.92	38.72	6.45	0.64	113	5.30	56.14	9.36	0.82
79	5.92	39.19	6.53	0.65	114	5.24	56.65	9.44	0.83
80	5.92	39.65	6.61	0.64	115	5.21	57.16	9.53	0.82
81	5.91	40.20	6.70	0.67	116	5.16	57.65	9.61	0.83
82	5.91	40.73	6.79	0.67	117	5.13	58.16	9.69	0.81
83	5.91	41.15	6.86	0.69	118	5.08	58.65	9.78	0.81
84	5.90	41.65	6.94	0.68	119	5.03	59.15	9.86	0.82
85	5.89	42.19	7.03	0.69	120	5.00	59.65	9.94	0.83
86	5.91	42.66	7.11	0.68	121	4.95	60.17	10.03	0.83
87	5.90	43.14	7.19	0.69	122	4.89	60.68	10.11	0.81
88	5.90	43.64	7.27	0.70	123	4.85	61.16	10.19	0.82
89	5.88	44.13	7.36	0.72	124	4.80	61.65	10.28	0.81
90	5.86	44.64	7.44	0.71	125	4.74	62.15	10.36	0.83
91	5.85	45.15	7.53	0.72	126	4.68	62.65	10.44	0.82
92	5.85	45.66	7.61	0.74	127	4.62	63.15	10.53	0.81
93	5.85	46.16	7.69	0.73	128	4.57	63.66	10.61	0.82
94	5.85	46.65	7.78	0.74	129	4.51	64.18	10.70	0.79
95	5.84	47.15	7.86	0.74	130	4.42	64.65	10.78	0.78
96	5.84	47.67	7.95	0.74	131	4.37	65.16	10.86	0.79
97	5.79	48.16	8.03	0.75	132	4.31	65.65	10.94	0.78
98	5.79	48.65	8.11	0.76	133	4.26	66.16	11.03	0.77
99	5.76	49.16	8.19	0.77	134	4.20	66.65	11.11	0.78
100	5.74	49.65	8.28	0.78	135	4.15	67.16	11.19	0.76
101	5.71	50.14	8.36	0.78	136	4.10	67.66	11.28	0.77
102	5.68	50.66	8.44	0.78	137	4.03	68.16	11.36	0.78
103	5.65	51.15	8.53	0.80	138	4.05	68.66	11.44	0.79
104	5.59	51.66	8.61	0.79	139	4.05	69.16	11.52	0.80
105	5.59	52.15	8.69	0.80	140	4.05	69.66	11.60	0.81

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





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru Nº 1150, Lima 25, Perú - Telf: (51-1) 482-0804, 481-0170, 482-0777 - Correo labgeoc@uni.edu.pe - Página http://www.cismid-uni.org

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
 (A GRAN ESCALA) ASTM - D3080

Informe Nº
LG13-130

Solicitante : SVS INGENIEROS S. A.
 Proyecto : Caracterización Geotécnica y Evaluación de Estabilidad de Taludes del Botadero 100

Ubicación : Dist. Chavín, Prov. Chincha, Dpto. Ica

Fecha : Junio, 2013

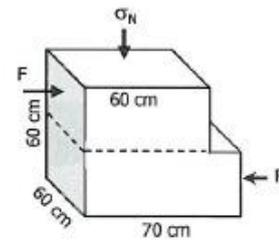
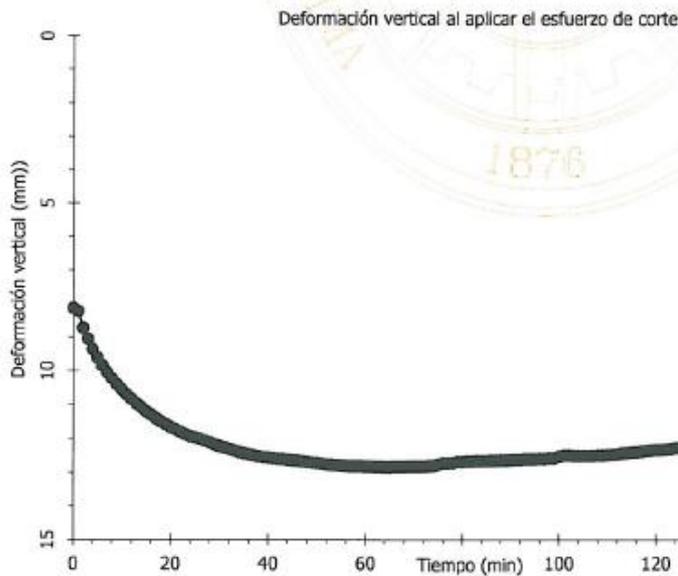
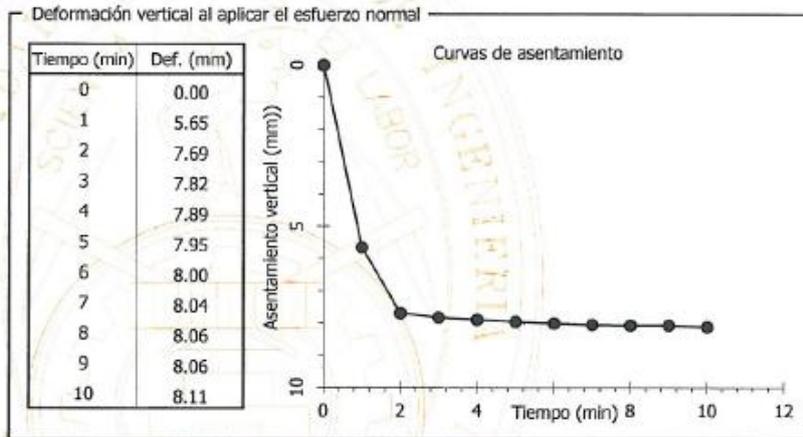
Sondaje : Mezcla D - 02 y D - 03 Muestra : --- Profundidad (m) : 0.40 Página : 4 de 11

Esfuerzo Normal : 1.00 kg/cm²

Características del espécimen
 Velocidad : 0.50 mm/min
 Estado : Remoldeado
 Condición : Sin saturar
 Humedad : 2.5 %
 Densidad seca : 2.29 g/cm³

Etapas Inicial del ensayo
 Humedad : 2.5 %
 Densidad seca : 2.32 g/cm³

Etapas final del ensayo
 Humedad : 2.5 %
 Densidad seca : 2.32 g/cm³



David Luna Durán
DAVID LUNA DURÁN
 INGENIERO CIVIL - CIP 43988
 JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO



Observaciones :

La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante. Material menor de 4", humedad = 2.5%, mínima densidad seca remoldeable = 2.29g/cm³ (densidad seca proporcionada = 2.20g/cm³). Los datos de remoldeo han sido autorizados por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



Av. Túpac Amaru Nº 1150, Lima 25, Perú - Telf. (51-1) 482-0804, 481-0170, 482-0777 - Correo labgeoc@uni.edu.pe - Página http://www.cismid-uni.org

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(A GRAN ESCALA) ASTM - D3080

Informe Nº

LG13-130

Solicitante : SVS INGENIEROS S. A.
Proyecto : Caracterización Geotécnica y Evaluación de Estabilidad de Taludes del Botadero 100

Ubicación : Dist. Chavín, Prov. Chincha, Dpto. Ica

Fecha : Junio, 2013

Sondaje : Mezcla D - 02 y D - 03 Muestra : — Profundidad (m) : 0.40 Página : 5 de 11

Esfuerzo Normal : 1.00 kg/cm²

Aplicación del Esfuerzo de Corte (Hoja de detalle)

Tiempo (min)	Def. Vertical (mm)	Def. Tang. (mm)	Def. Tang. (%)	Esf. de corte (kg/cm ²)	Tiempo (min)	Def. Vertical (mm)	Def. Tang. (mm)	Def. Tang. (%)	Esf. de corte (kg/cm ²)
0	8.11	0.00	0.00	0.00	35	12.44	17.59	2.93	0.80
1	8.21	0.33	0.06	0.09	36	12.47	18.13	3.02	0.82
2	8.71	0.62	0.10	0.23	37	12.50	18.54	3.09	0.81
3	9.04	1.17	0.20	0.33	38	12.53	19.08	3.18	0.84
4	9.35	1.71	0.29	0.36	39	12.55	19.58	3.26	0.82
5	9.60	2.24	0.37	0.37	40	12.56	20.07	3.35	0.85
6	9.83	2.76	0.46	0.41	41	12.58	20.60	3.43	0.86
7	10.04	3.28	0.55	0.45	42	12.60	21.11	3.52	0.85
8	10.22	3.80	0.63	0.44	43	12.61	21.64	3.61	0.86
9	10.39	4.33	0.72	0.47	44	12.63	22.15	3.69	0.88
10	10.55	4.86	0.81	0.48	45	12.65	22.64	3.77	0.86
11	10.70	5.38	0.90	0.49	46	12.66	23.20	3.87	0.86
12	10.83	5.90	0.98	0.52	47	12.68	23.69	3.95	0.90
13	10.96	6.42	1.07	0.55	48	12.70	24.18	4.03	0.89
14	11.07	6.95	1.16	0.55	49	12.72	24.71	4.12	0.88
15	11.20	7.44	1.24	0.57	50	12.73	25.22	4.20	0.89
16	11.29	7.95	1.33	0.57	51	12.75	25.70	4.28	0.90
17	11.40	8.44	1.41	0.61	52	12.77	26.24	4.37	0.89
18	11.50	8.96	1.49	0.61	53	12.78	26.72	4.45	0.90
19	11.58	9.48	1.58	0.63	54	12.79	27.24	4.54	0.92
20	11.67	10.00	1.67	0.63	55	12.80	27.78	4.63	0.92
21	11.73	10.50	1.75	0.68	56	12.81	28.27	4.71	0.90
22	11.81	11.01	1.84	0.65	57	12.82	28.72	4.79	0.92
23	11.88	11.51	1.92	0.68	58	12.82	29.27	4.88	0.94
24	11.94	12.04	2.01	0.69	59	12.82	29.75	4.96	0.92
25	11.97	12.53	2.09	0.70	60	12.83	30.25	5.04	0.93
26	12.01	13.03	2.17	0.69	61	12.83	30.74	5.12	0.93
27	12.07	13.54	2.26	0.69	62	12.84	31.29	5.22	0.97
28	12.12	14.03	2.34	0.72	63	12.84	31.80	5.30	0.97
29	12.18	14.53	2.42	0.70	64	12.85	32.31	5.39	1.00
30	12.23	15.00	2.50	0.73	65	12.85	32.80	5.47	0.98
31	12.27	15.51	2.59	0.76	66	12.84	33.33	5.56	1.01
32	12.31	16.02	2.67	0.76	67	12.84	33.80	5.63	1.01
33	12.35	16.52	2.75	0.77	68	12.84	34.35	5.72	1.01
34	12.40	17.06	2.84	0.78	69	12.84	34.88	5.80	1.01
35	12.44	17.59	2.93	0.80	70	12.84	35.40	5.88	1.01

DAVID LUNA DURÁN
INGENIERO CIVIL - TUP 43988
JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



Av. Túpac Amaru Nº 1150, Lima 25, Perú - Telf. (51-1) 482-0804, 481-0170, 482-0777 - Correo labgeo@uni.edu.pe - Página http://www.cismid.uni.org

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(A GRAN ESCALA) ASTM - D3080

Solicitante : SVS INGENIEROS S. A.
Proyecto : Caracterización Geotécnica y Evaluación de Estabilidad de Taludes del Botadero 100

Informe Nº
LG13-130

Ubicación : Dist. Chavín, Prov. Chincha, Dpto. Ica

Fecha : Junio, 2013

Sondaje : Mezcla D - 02 y D - 03 Muestra : --- Profundidad (m) : 0.40 Página : 6 de 11

Esfuerzo Normal : 1.00 kg/cm²

Aplicación del Esfuerzo de Corte (Hoja de detalle)

Tiempo (min)	Def. Vertical (mm)	Def. Tang. (mm)	Def. Tang. (%)	Esf. de corte (kg/cm ²)	Tiempo (min)	Def. Vertical (mm)	Def. Tang. (mm)	Def. Tang. (%)	Esf. de corte (kg/cm ²)
70	12.83	35.31	5.89	1.00	105	12.51	53.51	8.92	1.14
71	12.83	35.83	5.97	1.02	106	12.51	53.98	9.00	1.13
72	12.83	36.30	6.05	1.04	107	12.51	54.49	9.08	1.16
73	12.82	36.82	6.14	1.05	108	12.50	55.05	9.18	1.14
74	12.81	37.33	6.22	1.06	109	12.50	55.50	9.25	1.13
75	12.77	37.83	6.31	1.09	110	12.49	55.99	9.33	1.14
76	12.74	38.34	6.39	1.08	111	12.48	56.47	9.41	1.16
77	12.74	38.89	6.48	1.06	112	12.47	57.00	9.50	1.14
78	12.73	39.38	6.56	1.09	113	12.44	57.48	9.58	1.16
79	12.70	39.87	6.65	1.12	114	12.43	57.95	9.66	1.14
80	12.70	40.49	6.75	1.09	115	12.41	58.47	9.75	1.13
81	12.68	41.00	6.83	1.12	116	12.40	58.99	9.83	1.16
82	12.68	41.45	6.91	1.10	117	12.38	59.44	9.91	1.14
83	12.67	41.96	6.99	1.12	118	12.36	59.94	9.99	1.16
84	12.67	42.44	7.07	1.10	119	12.34	60.47	10.08	1.14
85	12.67	42.94	7.16	1.12	120	12.33	60.93	10.16	1.17
86	12.66	43.47	7.25	1.09	121	12.33	61.44	10.24	1.16
87	12.66	43.95	7.33	1.10	122	12.32	61.92	10.32	1.14
88	12.65	44.46	7.41	1.12	123	12.31	62.46	10.41	1.16
89	12.65	44.96	7.49	1.13	124	12.28	62.95	10.49	1.14
90	12.64	45.41	7.57	1.12	125	12.28	63.49	10.58	1.16
91	12.63	45.98	7.66	1.14	126	12.27	63.95	10.66	1.18
92	12.63	46.49	7.75	1.12	127	12.26	64.42	10.74	1.17
93	12.61	47.06	7.84	1.10	128	12.24	64.92	10.82	1.17
94	12.61	47.51	7.92	1.13	129	12.23	65.41	10.90	1.18
95	12.61	47.99	8.00	1.12	130	12.22	65.90	10.98	1.17
96	12.60	48.50	8.08	1.14	131	12.21	66.38	11.06	1.18
97	12.60	49.02	8.17	1.13	132	12.20	66.89	11.15	1.17
98	12.58	49.49	8.25	1.12	133	12.19	67.41	11.24	1.20
99	12.58	50.04	8.34	1.12	134	12.17	67.89	11.32	1.20
100	12.53	50.48	8.41	1.13	135	12.13	68.41	11.40	1.18
101	12.50	51.01	8.50	1.12	136	12.14	68.85	11.48	1.20
102	12.50	51.53	8.59	1.14	137	12.13	69.36	11.56	
103	12.51	52.00	8.67	1.13	138	12.14	69.82	11.64	
104	12.51	52.54	8.76	1.13	139	12.14	70.28	11.72	
105	12.51	53.51	8.92	1.14	140	12.14	70.74	11.80	

DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - DIF 43988
JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



Av. Túpac Amaru Nº 1150, Lima 25, Perú - Telf. (51-1) 482-0804, 481-0170, 482-0777 - Correo labgeco@uni.edu.pe - Página http://www.cismid-uni.org

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(A GRAN ESCALA) ASTM - D3080

Informe Nº
LG13-130

Solicitante : SVS INGENIEROS S. A.
Proyecto : Caracterización Geotécnica y Evaluación de Estabilidad de Taludes del Botadero 100

Ubicación : Dist. Chavín, Prov. Chincha, Dpto. Ica

Fecha : Junio, 2013

Sondaje : Mezcla D - 02 y D - 03 Muestra : --- Profundidad (m) : 0.40 Página : 7 de 11

Esfuerzo Normal : 2.00 kg/cm²

Características del espécimen

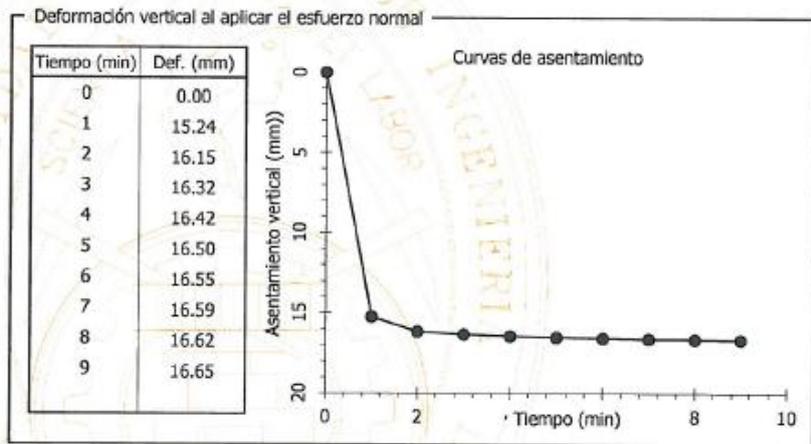
Velocidad : 0.50 mm/min
Estado : Remoldeado
Condición : Sin saturar
Humedad : 2.5 %
Densidad seca : 2.29 g/cm³

Etapas inicial del ensayo

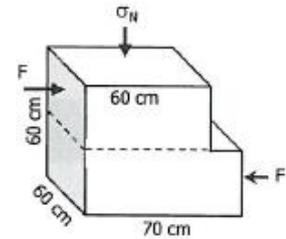
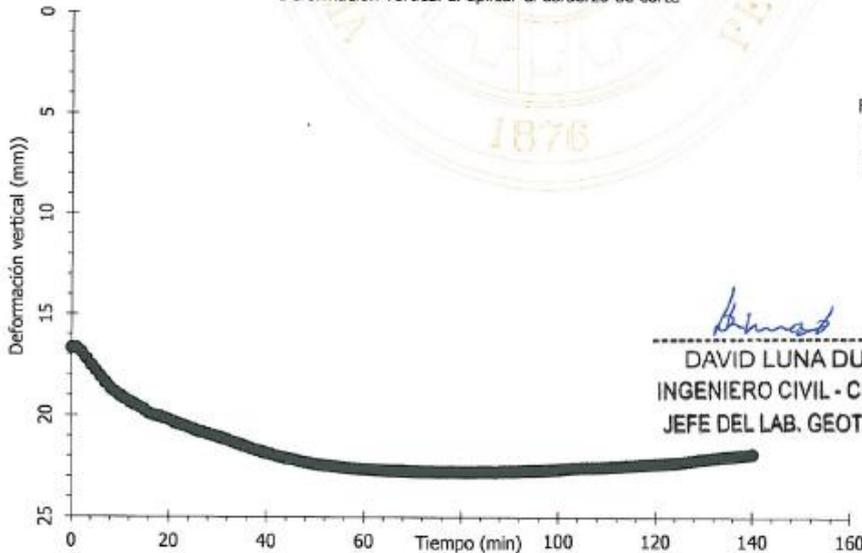
Humedad : 2.5 %
Densidad seca : 2.35 g/cm³

Etapas final del ensayo

Humedad : 2.5 %
Densidad seca : 2.35 g/cm³



Deformación vertical al aplicar el esfuerzo de corte



David Luna Durán
DAVID LUNA DURÁN
INGENIERO CIVIL - CIP 43988
JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO



Observaciones :

La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante. Material menor de 4", humedad = 2.5%, mínima densidad seca remoldeable = 2.29g/cm³ (densidad seca proporcionada = 2.20g/cm³). Los datos de remoldeo han sido autorizados por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Telf (51-1) 482-0804, 481-0170, 482-0777 - Correo labgeoc@uni.edu.pe - Página http://www.cismid-uni.org

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(A GRAN ESCALA) ASTM - D3080

Solicitante : SVS INGENIEROS S. A.
Proyecto : Caracterización Geotécnica y Evaluación de Estabilidad de Taludes del Botadero 100

Informe N°
LG13-130

Ubicación : Dist. Chavín, Prov. Chíncha, Dpto. Ica

Fecha : Junio, 2013

Sondaje : Mezcla D - 02 y D - 03 Muestra : --- Profundidad (m) : 0.40 Página : 8 de 11

Esfuerzo Normal : 2.00 kg/cm²

Aplicación del Esfuerzo de Corte (Hoja de detalle)

Tiempo (min)	Def. Vertical (mm)	Def. Tang. (mm)	Def. Tang. (%)	Esf. de corte (kg/cm ²)	Tiempo (min)	Def. Vertical (mm)	Def. Tang. (mm)	Def. Tang. (%)	Esf. de corte (kg/cm ²)
0	16.65	0.00	0.00	0.00	35	21.46	17.43	2.91	1.13
1	16.67	0.51	0.09	0.15	36	21.54	17.89	2.98	1.16
2	16.86	1.00	0.17	0.21	37	21.62	18.30	3.05	1.15
3	17.18	1.51	0.25	0.32	38	21.69	18.81	3.14	1.17
4	17.50	1.97	0.33	0.39	39	21.76	19.37	3.23	1.18
5	17.78	2.49	0.42	0.46	40	21.84	19.87	3.31	1.22
6	18.07	2.95	0.49	0.50	41	21.90	20.42	3.40	1.25
7	18.36	3.45	0.58	0.57	42	21.97	20.80	3.47	1.23
8	18.64	3.95	0.66	0.54	43	22.03	21.34	3.56	1.26
9	18.83	4.47	0.75	0.60	44	22.10	21.92	3.65	1.28
10	19.01	4.98	0.83	0.64	45	22.15	22.37	3.73	1.29
11	19.16	5.48	0.91	0.68	46	22.20	22.83	3.81	1.30
12	19.32	6.01	1.00	0.66	47	22.25	23.28	3.88	1.32
13	19.44	6.48	1.08	0.70	48	22.29	23.85	3.98	1.34
14	19.57	6.99	1.17	0.72	49	22.34	24.32	4.05	1.33
15	19.70	7.50	1.25	0.73	50	22.38	24.79	4.13	1.35
16	19.89	7.96	1.33	0.75	51	22.42	25.34	4.22	1.34
17	19.97	8.44	1.41	0.77	52	22.45	25.82	4.30	1.35
18	20.02	8.90	1.48	0.82	53	22.48	26.27	4.38	1.36
19	20.13	9.44	1.57	0.83	54	22.51	26.72	4.45	1.37
20	20.20	9.92	1.65	0.85	55	22.54	27.27	4.55	1.39
21	20.32	10.36	1.73	0.86	56	22.56	27.70	4.62	1.42
22	20.41	10.89	1.82	0.87	57	22.58	28.31	4.72	1.43
23	20.49	11.45	1.91	0.91	58	22.60	28.77	4.80	1.45
24	20.57	11.89	1.98	0.94	59	22.62	29.32	4.89	1.46
25	20.67	12.39	2.07	0.94	60	22.63	29.72	4.95	1.48
26	20.78	12.88	2.15	0.94	61	22.64	30.25	5.04	1.49
27	20.82	13.36	2.23	0.99	62	22.66	30.78	5.13	1.49
28	20.90	13.79	2.30	0.97	63	22.67	31.27	5.21	1.52
29	20.97	14.36	2.39	0.98	64	22.68	31.77	5.30	1.51
30	21.04	14.74	2.46	1.02	65	22.69	32.27	5.38	1.54
31	21.12	15.42	2.57	1.05	66	22.70	32.75	5.46	1.56
32	21.20	15.91	2.65	1.07	67	22.70	33.27	5.55	
33	21.29	16.37	2.73	1.08	68	22.71	33.73	5.62	
34	21.37	16.87	2.81	1.10	69	22.73	34.23	5.71	
35	21.46	17.43	2.91	1.13	70				

INGENIERO CIVIL - CIP 43988
JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



Av. Túpac Amaru Nº 1150, Lima 25, Perú - Telf. (51-1) 482-0804, 481-0170, 482-0777 - Correo labgsoc@uni.edu.pe - Página http://www.eismid-uni.org

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(A GRAN ESCALA) ASTM - D3080

Informe Nº

LG13-130

Solicitante : SVS INGENIEROS S. A.
Proyecto : Caracterización Geotécnica y Evaluación de Estabilidad de Taludes del Botadero 100

Ubicación : Dist. Chavín, Prov. Chincha, Dpto. Ica

Fecha : Junio, 2013

Sondaje : Mezcla D - 02 y D - 03 Muestra : --- Profundidad (m) : 0.40 Página : 9 de 11

Esfuerzo Normal : 2.00 kg/cm²

Aplicación del Esfuerzo de Corte (Hoja de detalle)

Tiempo (min)	Def. Vertical (mm)	Def. Tang. (mm)	Def. Tang. (%)	Esf. de corte (kg/cm ²)	Tiempo (min)	Def. Vertical (mm)	Def. Tang. (mm)	Def. Tang. (%)	Esf. de corte (kg/cm ²)
70	22.75	34.74	5.79	1.58	105	22.55	52.16	8.69	1.89
71	22.75	35.17	5.86	1.61	106	22.54	52.68	8.78	1.91
72	22.76	35.72	5.95	1.59	107	22.54	53.04	8.84	1.96
73	22.76	36.20	6.03	1.62	108	22.54	53.65	8.94	1.96
74	22.76	36.71	6.12	1.59	109	22.53	54.17	9.03	1.95
75	22.77	37.21	6.20	1.62	110	22.52	54.65	9.11	1.95
76	22.77	37.71	6.29	1.66	111	22.50	55.19	9.20	2.02
77	22.77	38.27	6.38	1.66	112	22.49	55.68	9.28	2.01
78	22.76	38.77	6.46	1.70	113	22.48	56.22	9.37	1.95
79	22.77	39.19	6.53	1.66	114	22.46	56.70	9.45	1.99
80	22.77	39.72	6.62	1.69	115	22.45	57.20	9.53	2.00
81	22.78	40.24	6.71	1.74	116	22.44	57.69	9.62	2.01
82	22.78	40.71	6.79	1.76	117	22.42	58.30	9.72	2.07
83	22.77	41.27	6.88	1.77	118	22.40	58.72	9.79	2.04
84	22.76	41.75	6.96	1.75	119	22.39	59.21	9.87	2.08
85	22.76	42.26	7.04	1.76	120	22.37	59.70	9.95	2.09
86	22.76	42.78	7.13	1.73	121	22.36	60.22	10.04	2.08
87	22.77	43.28	7.21	1.79	122	22.34	60.72	10.12	2.10
88	22.75	43.76	7.29	1.80	123	22.32	61.21	10.20	2.12
89	22.74	44.26	7.38	1.79	124	22.31	61.77	10.30	2.14
90	22.74	44.73	7.46	1.77	125	22.28	62.28	10.38	2.13
91	22.74	45.26	7.54	1.79	126	22.25	62.90	10.48	2.16
92	22.72	45.79	7.63	1.82	127	22.22	63.41	10.57	2.15
93	22.71	46.30	7.72	1.84	128	22.19	63.81	10.64	2.17
94	22.70	46.70	7.78	1.82	129	22.15	64.34	10.72	2.19
95	22.70	47.23	7.87	1.82	130	22.13	64.76	10.79	2.18
96	22.69	47.69	7.95	1.84	131	22.11	65.33	10.89	2.20
97	22.68	48.20	8.03	1.81	132	22.08	65.83	10.97	2.19
98	22.67	48.74	8.12	1.88	133	22.06	66.38	11.06	2.18
99	22.65	49.17	8.20	1.84	134	22.02	66.84	11.14	2.19
100	22.64	49.68	8.28	1.88	135	22.00	67.38	11.23	2.18
101	22.61	50.21	8.37	1.87	136	21.98	67.84	11.31	2.20
102	22.60	50.67	8.45	1.88	137	21.94	68.34	11.39	2.18
103	22.57	51.18	8.53	1.88	138	21.92	68.85	11.48	2.18
104	22.56	51.71	8.62	1.86	139	21.90	69.34	11.56	2.18
105	22.55	52.16	8.69	1.89	140	21.86	69.83	11.64	2.18

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





ENSAYO DE CORTE DIRECTO
 (A GRAN ESCALA) ASTM - D3080

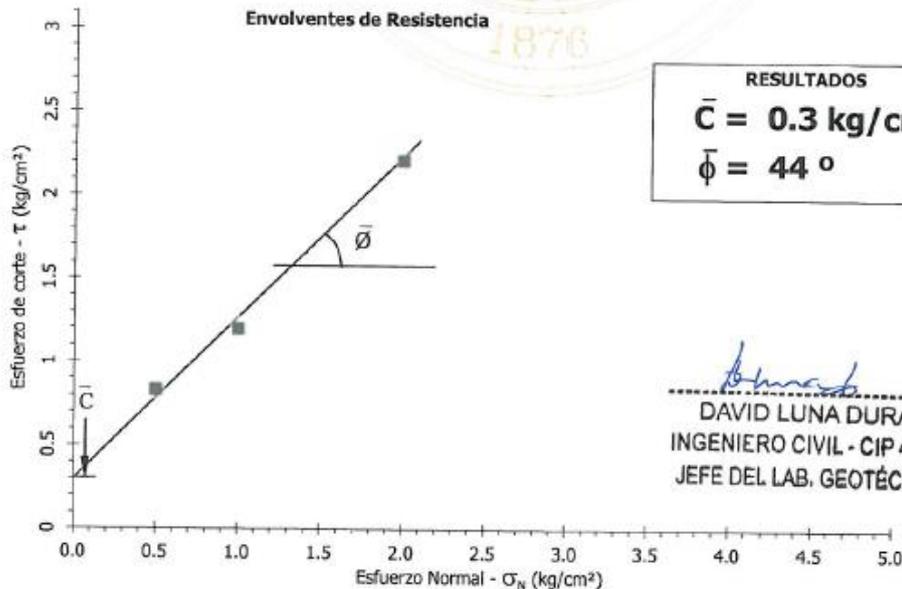
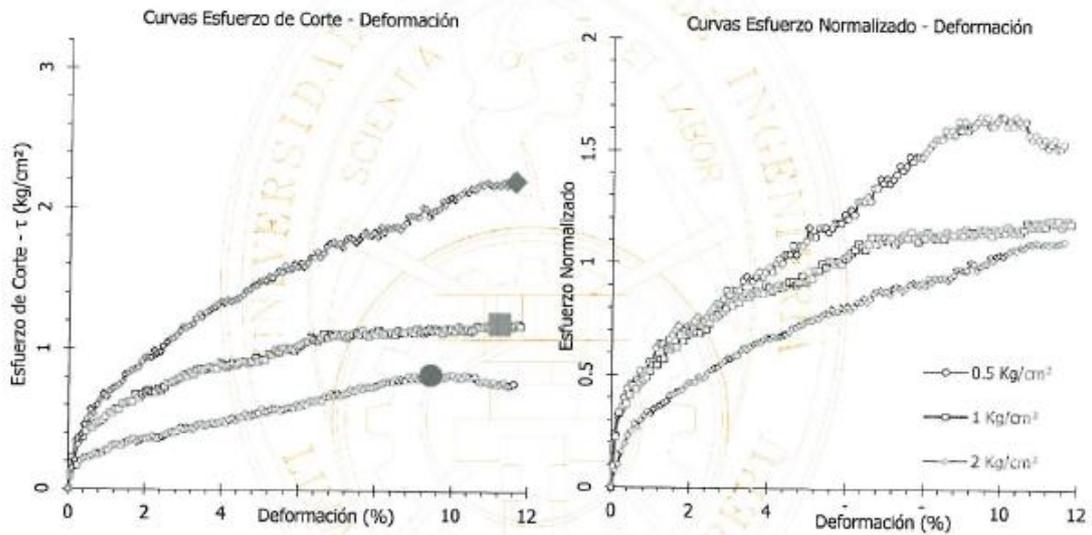
Solicitante : SVS INGENIEROS S. A.
 Proyecto : Caracterización Geotécnica y Evaluación de Estabilidad de Taludes del Botadero 100
 Ubicación : Dist. Chavín, Prov. Chincha, Dpto. Ica

Informe Nº
LG13-130

Fecha : Junio, 2013

Sondaje : Mezcla D - 02 y D - 03 Muestra : --- Profundidad (m) : 0.40 Página : 10 de 11

Resultados



David Luna Durán
 DAVID LUNA DURÁN
 INGENIERO CIVIL - CIP 43988
 JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO





ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(A GRAN ESCALA) ASTM - D3080

Informe Nº
LG13-130

Solicitante : SVS INGENIEROS S. A.
Proyecto : Caracterización Geotécnica y Evaluación de Estabilidad de Taludes del Botadero 100

Ubicación : Dist. Chavín, Prov. Chincha, Dpto. Ica

Fecha : Junio, 2013

Sondaje : Mezcla D - 02 y D - 03 Muestra : --- Profundidad (m) : 0.40 Página : 11 de 11

Fotos



Foto Nº 1 Material a ser ensayado. Se puede apreciar el material menor de 4".



Foto Nº 2. - Muestra remoldeada.



Foto Nº 3 Se aprecia el marco de carga que sirve para aplicar el esfuerzo vertical y el sistema de adquisición de datos.



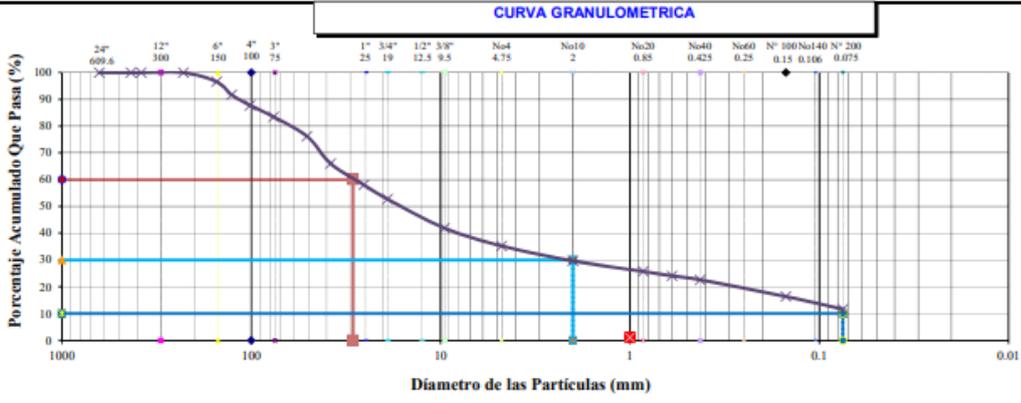
Foto Nº 4 : Aplicación del Esfuerzo Normal y Esfuerzo de Corte.

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



Tamaño Tamiz		Peso Ret (gr)	% Ret	% Ret. Acum.	% Que Pasa	Especificaciones Min. Máx.	Condiciones de Secado del Suelo Retenido en la Malla N° 4:	
							Temperatura:	60°C. <input type="checkbox"/> 110°C. <input type="checkbox"/>
							Condiciones de Lavado y Secado del Suelo Que Pasa la Malla N° 4:	
							Lavado con agua potable y secado a 110°C.	<input checked="" type="checkbox"/>
							Peso Suelo Húmedo Que Pasa N° 4	(gr) _____
							Peso Suelo Seco Que Pasa tamiz 3"	566006 (gr)
							Peso Suelo Seco Retenido en tamiz 3"	112150.00 (gr)
							Peso Suelo Seco Total	678156 (gr)
							Peso cuarteado < 3"	6805.0 (gr)
							w % contenido humedad	% de Suelo que pasa la Malla N° 200
							No Tara	No Tara
							Tara+Suelo Húmedo (gr)	345.95 (gr)
							Tara+Suelo Seco (gr)	332.22 (gr)
							Tara (gr)	24.53 (gr)
							Agua (gr)	13.7 (gr)
							Fracción Fina Seca (gr)	307.69 (gr)
							Contenido Humedad (%)	4.46 (Suelo Seco -(N° 200) (%))
							LIMITE LIQUIDO :	15.58
							LIMITE PLATICO :	11.05
							INDICE DE PLASTICIDAD :	4.53
							SUCS MUESTRA <3" :	GC-GM
							ABSORCION :	
							PESO ESPESIFICO >2 " :	0.444
							PESO ESPESIFICO >2 " :	3.030
							Bloques Ø > 12" (%)	0.0
							Cantos >3" Ø < 10" (%)	23.8
							Gravas > N° 4 Ø < 3" (%)	41.0
							Arenas > N° 200 Ø < N° 4 (%)	23.6
							Finos Ø < N° 200 (%)	11.6
							Total (%)	100
							D ₆₀ 29.0	Cu = D ₆₀ /D ₁₀ 386.7
							D ₃₀ 2	
							D ₁₀ 0.075	Cc = D ₃₀ ² /(D ₁₀ *D ₆₀) 1.84

CURVA GRANULOMETRICA	
24" 609.6	12" 300
6" 150	4" 100
3" 75	1" 25
3/4" 19.05	3/8" 9.525
No 4 4.75	No 10 2
No 20 0.85	No 40 0.425
No 60 0.25	No 100 0.15
No 200 0.075	No 420 0.035



Manuel Cahuna C.
MANUEL CAHUNA C.

TCO OPERADOR

Juan C. Priano
JUAN C. PRIANO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 113266

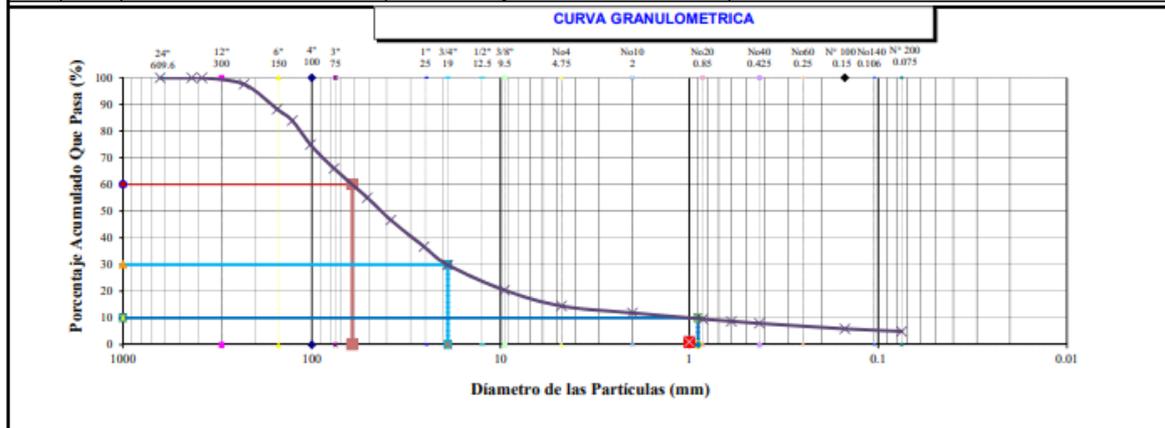
ING. RESPONSABLE

srk consulting

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO GLOBAL POR TAMIZADO

PROYECTO : Evaluación de Estabilidad Física y Actualización de Manual de Operación del Depósito de Desmontes N°100
 LUGAR : Chincha -Ica CALICATA : CD - 2
 ZONA : Botadero 100 PROFUNDIDAD : 0.5
 MATERIAL : Desmonte de Mina MUESTRA : M-1
 CLIENTE : Nexa Resources TECNICO : M.C.C
 FECHA : Oct-18 ING RESPONSABLE : PLL # PROYECTO: 18-G-048-05

Tamaño Tamiz	Peso Ret (gr)	% Ret	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	Especificaciones Min. (%)	Máx. (%)	Condiciones de Secado del Suelo Retenido en la Malla N° 4: Temperatura: 60°C. <input type="checkbox"/> 110°C. <input type="checkbox"/>
-							Condiciones de Lavado y Secado del Suelo Que Pasa la Malla N°4: Lavado con agua potable y secado a 110°C. <input checked="" type="checkbox"/>
35"	889.0	0.00	0.0	100.0			Peso Suelo Húmedo Que Pasa N° 4 (gr) 467290
32"	812.8	0.00	0.0	100.0			Peso Suelo Seco Que Pasa tamiz 3" (gr) 240500.00
25"	635.0	0.00	0.0	100.0			Peso Suelo Seco Retenido en tamiz 3" (gr) 707790
17"	431.8	0.00	0.0	100.0			Peso Suelo Seco Total (gr) 7494.0
15"	381.0	0.00	0.0	100.0			Peso cuarteado < 3" (gr) 7494.0
9"	228.6	17,200.00	2.4	97.6			w % contenido humedad
6"	152.4	66,100.00	9.3	88.2			% de Suelo que pasa la Malla N° 200
5"	127.0	30,150.00	4.3	16.0			No Tara
4"	101.6	63,750.00	9.0	25.0			Tara+Suelo Húmedo (gr) 355.25
3"	76.2	63,300.00	8.9	34.0			Tara+Suelo Seco (gr) 332.29
2"	50.8	1,342.00	10.9	44.9			Tara+S. Seco Lavado (gr)
1 1/2"	38.1	954.00	8.4	53.3			Tara (gr) 24.53
1"	25.40	1,132.00	10.0	63.3			Agua (gr) 23.0
3/4"	19.05	773.00	6.8	70.1			Fracción Fina Seca (gr) 307.76
3/8"	9.525	1,078.00	9.5	79.6			Suelo Seco -(No 200) (gr)
No 4	4.75	674.00	5.9	85.5			Suelo Seco +(No 200) (gr)
No 10	2.000	44.61	2.6	88.1			Contenido Humedad (%) 7.46
No 20	0.850	38.96	2.3	90.4			LIMITE LIQUIDO : 15.87
No 30	0.600	15.79	0.9	91.3			LIMITE PLATICO : 11.58
No 40	0.425	12.75	0.7	92.0			INDICE DE PLASTICIDAD : 4.29
No 100	0.150	35.39	2.0	94.1			ABSORCION : 0.452
No 200	0.075	16.58	1.0	95.0			ABSORCION % >2 * : 0.452
< 200	0.075	85.92	5.0	100.0			PESO ESPESIFICO >2 * : 2.840
D ₆₀	61.0	Cu = D ₆₀ /D ₁₀		67.8			Bloques Ø > 12" (%) 2.4
D ₃₀	19						Cantos >3" Ø < 10" (%) 42.5
D ₁₀	0.9	Cc = D ₃₀ ² /(D ₁₀ *D ₆₀)		6.58			Gravas > N° 4 Ø < 3" (%) 40.6
							Arenas > N° 200 Ø < N° 4 (%) 9.5
							Finos Ø < N° 200 (%) 5.0
							Total (%) 100



Manuel Cahuaña C.
MANUEL CAHUANA C.

TCO. OPERADOR

Juan Cipriano Núñez Carpio
JUAN CIPRIANO
NÚÑEZ CARIPIO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 113266

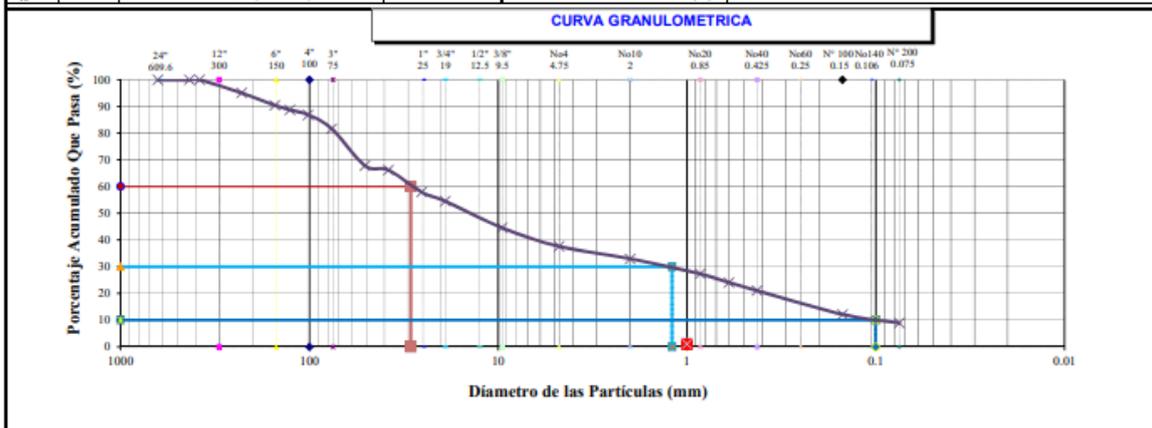
ING. RESPONSABLE



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO GLOBAL POR TAMIZADO

PROYECTO : Evaluación de Estabilidad Física y Actualización de Manual de Operación del Depósito de Desmontes N°100
 LUGAR : Chincha -Ica CALICATA : CD - 3
 ZONA : Botadero 100 PROFUNDIDAD : 0.5
 MATERIAL : Desmonte de Mina MUESTRA : M-1
 CLIENTE : Nexa Resources TECNICO : M.C.C
 FECHA : Oct-18 ING RESPONSABLE : PLL # PROYECTO: 18-G-048-05

Tamaño Tamiz	Peso Ret (gr)	% Ret	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	Especificaciones Min. (%)	Máx. (%)	Condiciones de Secado del Suelo Retenido en la Malla N° 4:	
-	mm						Temperatura: 60°C. <input type="checkbox"/> 110°C. <input type="checkbox"/>	
35"	889.0		0	100			Condiciones de Lavado y Secado del Suelo Que Pasa la Malla N°4:	
32"	812.8	0.00	0.0	0.0	100.0		Lavado con agua potable y secado a 110°C. <input checked="" type="checkbox"/>	
25"	635.0	0.00	0.0	0.0	100.0		Peso Suelo Húmedo Que Pasa N° 4 _____ (gr)	
17"	431.8	0.00	0.0	0.0	100.0		Peso Suelo Seco Que Pasa tamiz 3" 429528 (gr)	
15"	381.0	0.00	0.0	0.0	100.0		Peso Suelo Seco Retenido en tamiz 3" 96360 (gr)	
9"	228.6	25,900.00	4.9	4.9	95.1		Peso Suelo Seco Total 525888 (gr)	
6"	152.4	24,350.00	4.6	9.6	90.4		Peso cuarteado < 3" 7521.0 (gr)	
5"	127.0	8,900.00	1.7	11.2	88.8		w % contenido humedad _____ % de Suelo que pasa la Malla N° 200	
4"	101.6	9,750.00	1.9	13.1	86.9		No Tara _____ No Tara _____	
3"	76.2	22,460.00	5.2	18.3	81.7		Tara+Suelo Húmedo (gr) 271.84 Tara+Suelo Seco (gr) _____	
2"	50.8	1,272.00	13.8	32.1	67.9		Tara+Suelo Seco (gr) 268.13 Tara+S. Seco Lavado (gr) _____	
1 1/2"	38.1	195.00	1.7	33.8	66.2		Tara (gr) 25.85 Tara (gr) _____	
1"	25.40	760.00	8.3	42.1	57.9		Agua (gr) 3.7 Suelo Seco -(No 200) (gr) _____	
3/4"	19.05	312.00	3.4	45.5	54.5		Fracción Fina Seca (gr) 242.28 Suelo Seco +(No 200) (gr) _____	
3/8"	9.525	919.00	10.0	55.4	44.6		Contenido Humedad (%) 1.53 Suelo Seco -(N° 200) (%) _____	
No 4	4.75	640.00	7.0	62.4	37.6		LIMITE LIQUIDO : 13.26 ABSORCION : _____	
No 10	2.000	30.73	4.6	67.0	33.0		LIMITE PLATICO : 10.44 PESO ESPESIFICO : _____	
No 20	0.850	37.66	5.7	72.7	27.3		INDICE DE PLASTICIDAD : 2.82 ABSORCION % >2 " : 0.447	
No 30	0.600	21.53	3.2	75.9	24.1		SUCS MUESTRA <3" : GP-GM PESO ESPESIFICO >2 " : 3.040	
No 40	0.425	20.13	3.0	78.9	21.1			
No 100	0.150	59.38	8.9	87.9	12.1		Bloques Ø > 12" (%) 4.9	
No 200	0.075	21.15	3.2	91.1	8.9		Cantos >3" Ø < 10" (%) 27.2	
< 200	0.075	59.42	8.9	100.0	0.0		Gravas > N° 4 Ø < 3" (%) 30.3	
D ₆₀	29.0	Cu = D ₆₀ /D ₁₀		290.0			Arenas > N° 200 Ø < N° 4 (%) 28.7	
D ₃₀	1.2						Finos Ø < N° 200 (%) 8.9	
D ₁₀	0.1	Cc = D ₃₀ ² /(D ₁₀ *D ₆₀)		0.50			Total (%) 100	



Manuel Cahuana C.
MANUEL CAHUANA C.

TCO OPERADOR

Juan Cipriano
JUAN CIPRIANO
RUIZ CARPIO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 113266

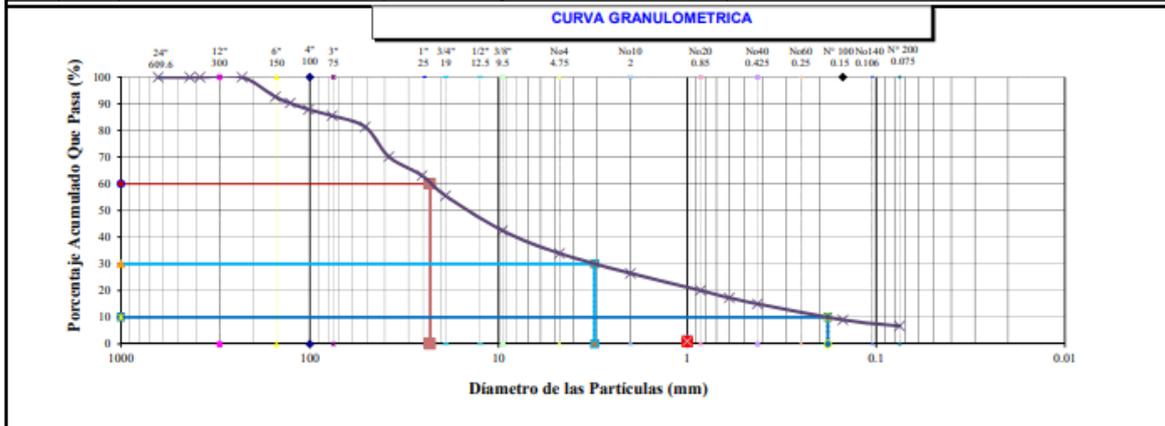
ING. RESPONSABLE



ANALISIS GRANULOMETRICO GLOBAL POR TAMIZADO

PROYECTO : Evaluación de Estabilidad Física y Actualización de Manual de Operación del Depósito de Desmontes N°100
 LUGAR : Chíncha -Ica CALICATA : CD-4
 ZONA : Botadero 100 PROFUNDIDAD : 0.5
 MATERIAL : Desmonte de Mina MUESTRA : M-1
 CLIENTE : Nexa Resources TECNICO : M.C.C
 FECHA : Oct-18 ING RESPONSABLE : PLL # PROYECTO: 18-G-048-05

Tamaño Tamiz	Peso Ret (gr)	% Ret	% Ret. Acum.	% Que Pasa (%)	Especificaciones Min. (%)	Máx. (%)	Condiciones de Secado del Suelo Retenido en la Malla N° 4:
-	mm						Temperatura: 60°C. <input type="checkbox"/> 110°C. <input type="checkbox"/>
35"	889.0		0	100			Condiciones de Lavado y Secado del Suelo Que Pasa la Malla N°4:
32"	812.8	0.00	0.0	100.0			Lavado con agua potable y secado a 110°C. <input checked="" type="checkbox"/>
25"	635.0	0.00	0.0	100.0			Peso Suelo Húmedo Que Pasa N° 4 (gr)
17"	431.8	0.00	0.0	100.0			Peso Suelo Seco Que Pasa tamiz 3" (gr) 605418
15"	381.0	0.00	0.0	100.0			Peso Suelo Seco Retenido en tamiz 3" (gr) 102410.00
9"	228.6	0.00	0.0	100.0			Peso Suelo Seco Total (gr) 707828
6"	152.4	52,050.00	7.4	92.6			Peso cuarteado < 3" (gr) 7117.0
5"	127.0	16,500.00	2.3	90.3			w % contenido humedad
4"	101.6	17,300.00	2.4	87.9			% de Suelo que pasa la Malla N° 200
3"	76.2	16,560.00	2.3	85.5			No Tara (gr) 286.82
2"	50.8	348.00	4.2	81.3			Tara+Suelo Húmedo (gr) 281.05
1 1/2"	38.1	930.00	11.2	70.2			Tara+Suelo Seco (gr) 25.61
1"	25.40	589.00	7.1	63.1			Tara (gr) 5.8
3/4"	19.05	631.00	7.6	55.5			Suelo Seco -(No 200) (gr) 255.44
3/8"	9.525	1083.00	13.0	42.5			Suelo Seco +(No 200) (gr) 2.26
No 4	4.75	712.00	8.6	33.9			Contenido Humedad (%) 17.01
No 10	2.000	54.95	7.5	26.5			LIMITE LIQUIDO : 12.89
No 20	0.850	47.24	6.4	20.1			ABSORCION : 4.12
No 30	0.600	20.53	2.8	17.3			PESO ESPECIFICO : 0.321
No 40	0.425	16.46	2.2	15.0			INDICE DE PLASTICIDAD : 2.960
No 100	0.150	44.46	6.0	9.0			SUCS MUESTRA <3" : GP-GM
No 200	0.075	16.95	2.3	6.7			Bloques Ø > 12" (%) 0.0
< 200	0.075	49.41	6.7	0.0			Cantos >3" Ø < 10" (%) 18.7
D ₅₀	23.0	Cu = D ₅₀ /D ₁₀		127.8			Gravas > N° 4 Ø < 3" (%) 47.4
D ₁₀	3.1	Cc = D ₁₀ ² /(D ₁₀ *D ₆₀)		2.32			Arenas > N° 200 Ø < N° 4 (%) 27.2
D ₁₀	0.18						Finos Ø < N° 200 (%) 6.7
							Total (%) 100



Manuel Cahuna C.
 MANUEL CAHUNA C.
 TCO. OPERADOR

Juan Cipriano Núñez Carpio
 JUAN CIPRIANO NÚÑEZ CARIPIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 113266
 ING. RESPONSABLE

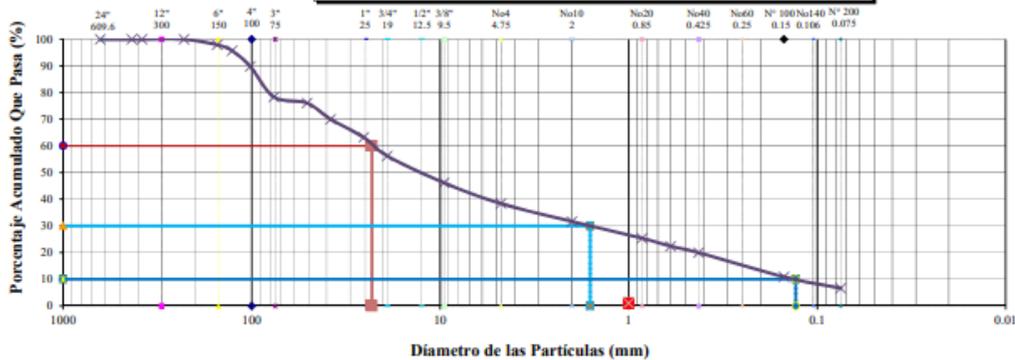


ANALISIS GRANULOMETRICO GLOBAL POR TAMIZADO

PROYECTO : Evaluación de Estabilidad Física y Actualización de Manual de Operación del Depósito de Desmontes N°100
 LUGAR : Chíncha - Ica CALICATA : CD - 5
 ZONA : Botadero 100 PROFUNDIDAD : 0.5
 MATERIAL : Desmonte de Mina MUESTRA : M-1
 CLIENTE : Nexa Resources TECNICO : M.C.C
 FECHA : Oct-18 ING RESPONSABLE : PLL # PROYECTO: 18-G-048-05

Tamaño Tamiz	Peso Ret (gr)	% Ret	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	Especificaciones Mín. Máx.	Condiciones de Secado del Suelo Retenido en la Malla N° 4:
-	mm					Temperatura: 60°C. <input type="checkbox"/> 110°C. <input type="checkbox"/>
35"	889.0		0	100		Condiciones de Lavado y Secado del Suelo Que Pasa la Malla N°4:
32"	872.8	0.00	0.0	100.0		Lavado con agua potable y secado a 110°C. <input checked="" type="checkbox"/>
25"	635.0	0.00	0.0	100.0		Peso Suelo Húmedo Que Pasa N° 4 _____ (gr)
17"	431.8	0.00	0.0	100.0		Peso Suelo Seco Que Pasa tamiz 3" <u>492400</u> (gr)
15"	385.0	0.00	0.0	100.0		Peso Suelo Seco Retenido en tamiz 3" <u>136000.00</u> (gr)
9"	228.6	0.00	0.0	100.0		Peso Suelo Seco Total <u>628400</u> (gr)
6"	152.4	13.000.00	2.1	97.9		Peso cuarteado < 3" <u>8518.0</u> (gr)
5"	127.0	14.000.00	2.2	95.7		w % contenido humedad _____ % de Suelo que pasa la Malla N° 200
4"	101.6	37.000.00	5.9	89.8		No Tara _____ No Tara _____
3"	76.2	72.000.00	11.5	78.4		Tara+Suelo Húmedo (gr) 261.25 Tara+Suelo Seco (gr) _____
2"	50.8	247.00	2.3	76.1		Tara+Suelo Seco (gr) 259.76 Tara+S. Seco Lavado (gr) _____
1 1/2"	38.1	660.00	6.1	70.0		Tara (gr) 22.59 Tara (gr) _____
1"	25.40	740.00	6.8	63.2		Agua (gr) 1.5 Suelo Seco -(No 200) (gr) _____
3/4"	19.05	739.00	7.0	56.2		Fracción Fina Seca (gr) 237.17 Suelo Seco +(No 200) (gr) _____
3/8"	9.525	1096.00	10.1	46.1		Contenido Humedad (%) 0.63 Suelo Seco -(N° 200) (%) _____
No 4	4.75	845.00	7.8	38.4		LIMITE LIQUIDO : 12.13 ABSORCION : _____
No 10	2.000	43.76	6.7	31.7		LIMITE PLATICO : 10.19 PESO ESPESIFICO : _____
No 20	0.850	40.88	6.3	25.4		INDICE DE PLASTICIDAD : 1.94 ABSORCION % >2 " : 0.384
No 30	0.600	19.28	3.0	22.4		SUCS MUESTRA <3" : GP-GM PESO ESPESIFICO >2 " : 3.050
No 40	0.425	16.00	2.5	20.0		Bloques Ø > 12" (%) 0.0
No 100	0.150	59.18	9.1	10.9		Cantos >3" Ø < 10" (%) 23.9
No 200	0.075	27.66	4.2	6.6		Gravas > N° 4 Ø < 3" (%) 37.7
< 200	0.075	43.24	6.6	0.0		Arenas > N° 200 Ø < N° 4 (%) 31.7
D ₁₀	23.0	Cu = D ₆₀ /D ₁₀		176.9		Finos Ø < N° 200 (%) 6.6
D ₃₀	1.6					Total (%) 100
D ₅₀	0.13	Cc = D ₃₀ ² /(D ₁₀ *D ₆₀)		0.86		

CURVA GRANULOMETRICA



Manuel Caruana C.
 MANUEL CARUANA C.
 TCO. OPERADOR

Juan Cipriano
 JUAN CIPRIANO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 113266
 ING. RESPONSABLE

PROCTOR MODIFICADO



PROCTOR MODIFICADO
ASTM - D1557 (C)

Nombre del Proyecto: Evaluación de Estabilidad Física y Actualización del Manual de Operaciones de Depósito de Desmonte N° 100

Cliente: Cerro Lindo

Ubicación del Proyecto: Chavín Chíncha

Cód. de Muestra: C-3 C-4 C-9

N° de Muestra: M-1

Profundidad (m): -

N° de Proyecto: --

Zona: Chíncha

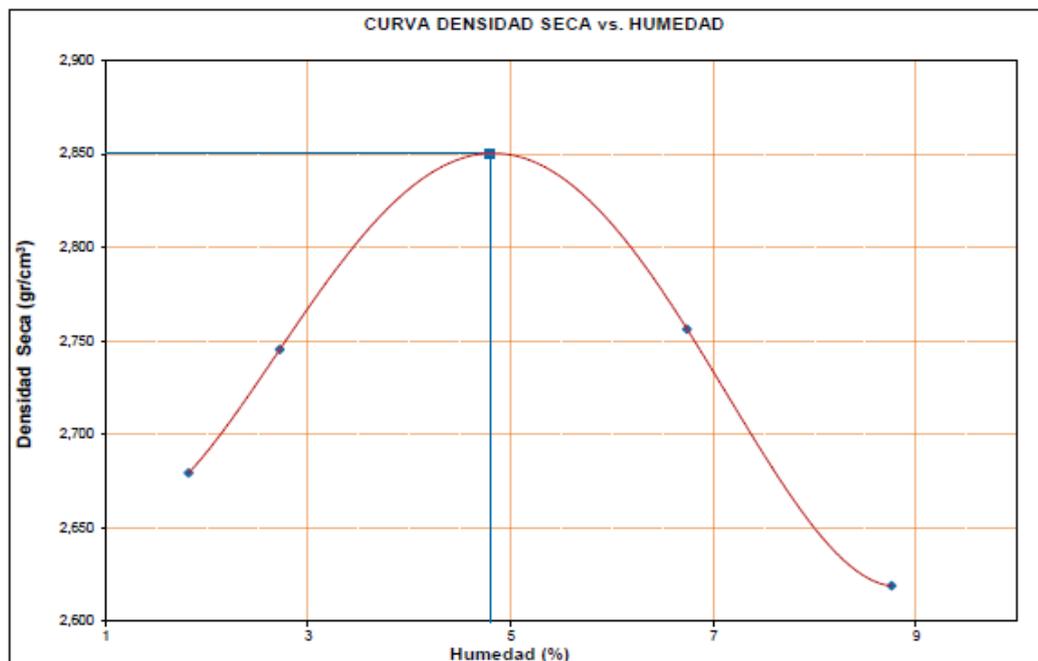
N° de Informe: EPE-18.10.095

Descripción: -

Fecha: 27/11/2018

Solicitado Por: Orlando Huaña

Prueba N°	1	2	3	4	5	6	7
Densidad seca (gr/cm ³)	2,679	2,745	2,850	2,756	2,619		
Humedad(%)	1,8	2,7	4,8	6,7	8,8		



Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2,850
Óptimo Contenido de Humedad (%)	4,8

Fracción Sobre tamaño	
GS (Bulk) =	2,86
w(%) =	0,1

Máx. Dens. Seca Corregida (gr/cm ³)	2,853
Opt. Cont. de Humedad Corregida (%)	3,7

Observación:

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

Realizado por:	Ingresado por:	Revisado por:	N° de Informe:
MP	ZAS	CSM	EPE-18.10.095

Estos datos se aplican solo a las muestras ensayadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Anddes Asociados S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Anddes Asociados S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma y sello del jefe del laboratorio.

Av. Javier Prado Este Cdra. 48, Edificio Capital Golf, Piso 13, Surco, Lima 33, Perú T: +51 1 317 4900

Nombre del Proyecto: Evaluación de Estabilidad Física y Actualización del Manual de Operaciones de Depósito de Desmonte N° 100

Cliente: Cerro Lindo

Ubicación del Proyecto: Chavín Chíncha

Cód. de Muestra: C-5 C-6 C-7

N° de Muestra: M-1

Profundidad (m): -

N° de Proyecto: --

Zona: Chíncha

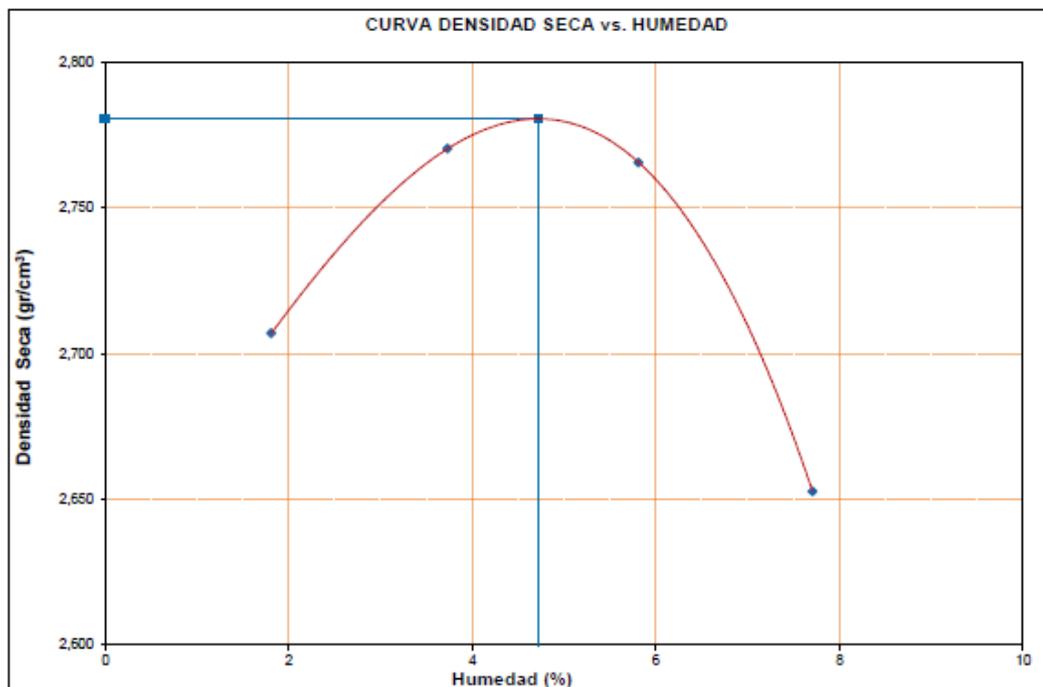
N° de Informe: EPE-18.10.095

Descripción: -

Fecha: 27/11/2018

Solicitado Por: Orlando Huaña

Prueba N°	1	2	3	4	5	6	7
Densidad seca (gr/cm ³)	2,707	2,770	2,766	2,653			
Humedad(%)	1,8	3,7	5,8	7,7			



Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2,781
Optimo Contenido de Humedad (%)	4,7

Fraccion Sobre tamaño	
GS (Bulk) =	2,85
w(%) =	0,1

Máx. Dens. Seca Corregida (gr/cm ³)	2,799
Opt. Cont. de Humedad Corregida (%)	3,4

Observación:

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

Realizado por:	Ingresado por:	Revisado por:	N° de Informe:
MP	ZAS	CSM	EPE-18.10.095

Estos datos se aplican solo a las muestras ensayadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Anddes Asociados S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Anddes Asociados S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma y sello del jefe del laboratorio.

Av. Javier Prado Este Cdra. 48, Edificio Capital Golf, Piso 13, Surco, Lima 33, Perú T: +51 1 317 4900

Nombre del Proyecto: Evaluación de Estabilidad Física y Actualización del Manual de Operaciones de Depósito de Desmonte N° 100

Cliente: Cerro Lindo

Ubicación del Proyecto: Chavín Chíncha

Cód. de Muestra: C-1 C-10

N° de Muestra: M-1

Profundidad (m): -

N° de Proyecto: --

Zona: Chíncha

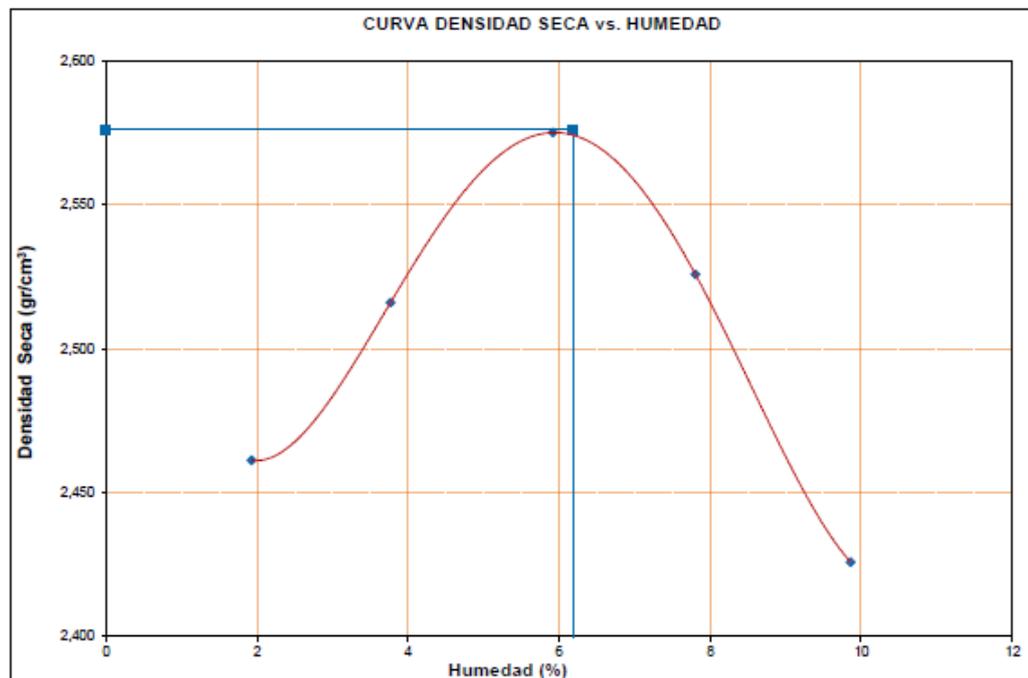
N° de Informe: EPE-18.10.095

Descripción: -

Fecha: 27/11/2018

Solicitado Por: Orlando Huaña

Prueba N°	1	2	3	4	5	6	7
Densidad seca (gr/cm ³)	2,461	2,516	2,575	2,528	2,426		
Humedad(%)	1,9	3,8	5,9	7,8	9,9		



Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2,576
Óptimo Contenido de Humedad (%)	6,2

Fracción Sobre tamaño	
GS (Bulk) =	2,79
w(%) =	0,2

Máx. Dens. Seca Corregida (gr/cm ³)	2,632
Opt. Cont. de Humedad Corregida (%)	4,5

Observación:

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

Realizado por:	Ingresado por:	Revisado por:	N° de Informe:
MP	ZAS	CSM	EPE-18.10.095

Estos datos se aplican solo a las muestras ensayadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Anddes Asociados S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Anddes Asociados S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma y sello del jefe del laboratorio.

Av. Javier Prado Este Cdra. 48, Edificio Capital Golf, Piso 13, Surco, Lima 33, Perú T: +51 1 317 4900

Nombre del Proyecto: Evaluación de Estabilidad Física y Actualización del Manual de Operaciones de Depósito de Desmonte N° 100

Cliente: Cerro Lindo

Ubicación del Proyecto: Chavín Chíncha

Cód. de Muestra: C-5 C-6 C-7

Profundidad (m): ---

Zona: Chíncha

Descripción: ---

Solicitado Por: Orlando Huaña

N° de Muestra: M-1

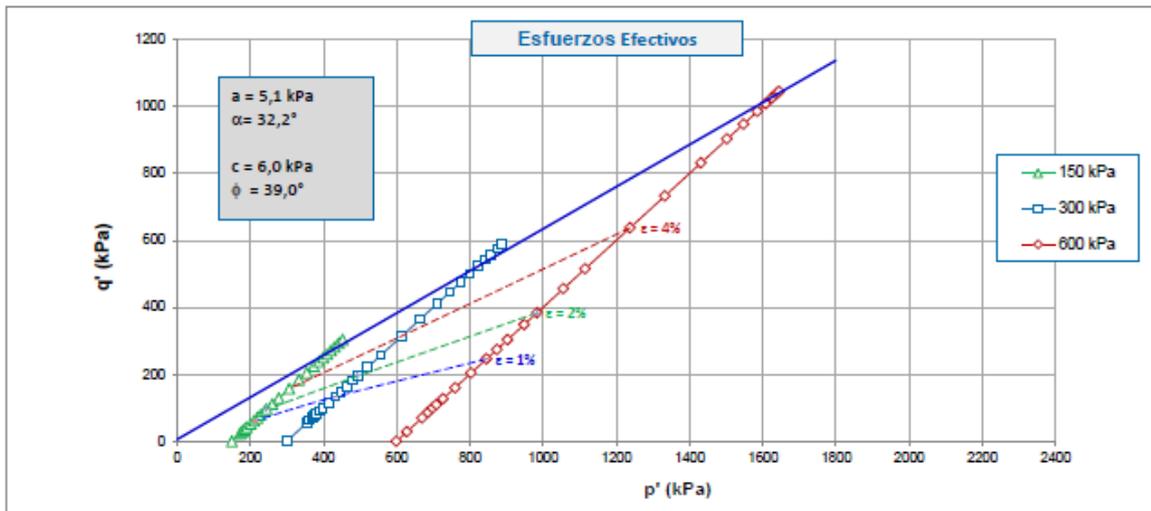
N° de Proyecto: ---

N° de Informe: EPE-18.10.095

Fecha: 27-nov-18

Clasificación SUCS: GP-GM

Estado : Remoldeado y compactado a una densidad seca de 2,300 gr/cm³ y una humedad de 3,0 %.



Espécimen 150, 300 y 600 kPa

Observaciones:

Los datos de densidad y humedad fueron indicados por el solicitante.

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

Realizado por:

LSA

Ingresado por:

JCA

Revisado por:

CSM

N° de Informe:

EPE-18.10.095

Estos datos se aplican solo a las muestras ensayadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Anddes Asociados S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Anddes Asociados S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma y sello del jefe del laboratorio.

Av. Javier Prado Este Cdra. 48, Edificio Capital Golf, Piso 13, Surco, Lima 33, Perú T: +51 1 317 4900

Nombre del Proyecto: Evaluación de Estabilidad Física y Actualización del Manual de Operaciones de Depósito de Desmonte N° 100

Cliente: Cerro Lindo

Ubicación del Proyecto: Chavín Chinchá

Cód. de Muestra: C-1 C-10

N° de Muestra: M-1

Profundidad (m): ---

N° de Proyecto: ---

Zona: Chinchá

N° de Informe: EPE-18.10.095

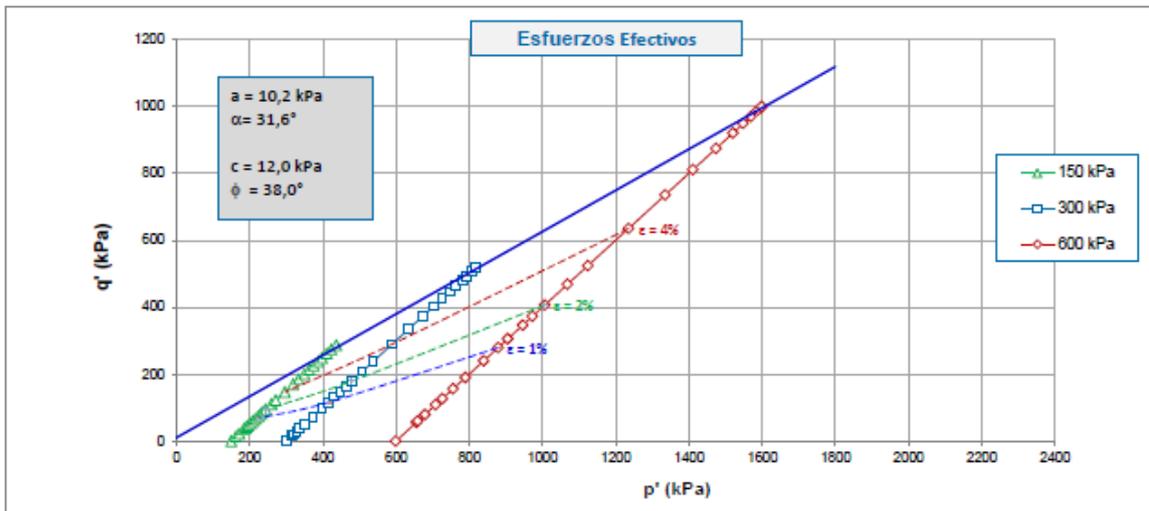
Descripción: ---

Fecha: 27-nov-18

Solicitado Por: Orlando Huaña

Clasificación SUCS: GC-GM

Estado: Remoldeado y compactado a una densidad seca de 2,100 gr/cm³ y una humedad de 5,0 %.



Panel Fotográfico

Espécimen 150, 300 y 600 kPa

Observaciones:

Los datos de densidad y humedad fueron indicados por el solicitante.

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

Realizado por:

LSA

Ingresado por:

JCA

Revisado por:

CSM

N° de Informe:

EPE-18.10.095

Estos datos se aplican solo a las muestras ensayadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Anddes Asociados S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Anddes Asociados S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma y sello del jefe del laboratorio.

Av. Javier Prado Este Cdra. 48, Edificio Capital Golf, Piso 13, Surco, Lima 33, Perú T: +51 1 317 4900

Nombre del Proyecto: Evaluación de Estabilidad Física y Actualización del Manual de Operaciones de Depósito de Desmonte N° 100

Cliente: Cerro Lindo
Ubicación del Proyecto: Chavín Chincha
Cód. de Muestra: C-3 C-4 C-9
Profundidad (m): -
Zona: Chincha
Descripción: -
Solicitado Por: Orlando Huaña

N° de Muestra: M-1
N° de Proyecto: -
N° de Informe: EPE-18.10.095
Fecha: 27/11/2018

Tamiz	Apertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,800	100,0
1 1/2"	38,100	97,0
1"	25,400	83,5
3/4"	19,050	76,0
1/2"	12,700	68,1
3/8"	9,525	63,9
N°4	4,760	55,0
N°10	2,000	47,1
N°20	0,850	38,1
N°40	0,425	29,3
N°100	0,150	17,5
N°200	0,075	12,4

Partículas >3" (%)	—
Grava (%)	45,0
Arena (%)	42,7
Limos y Arcillas (%)	12,4

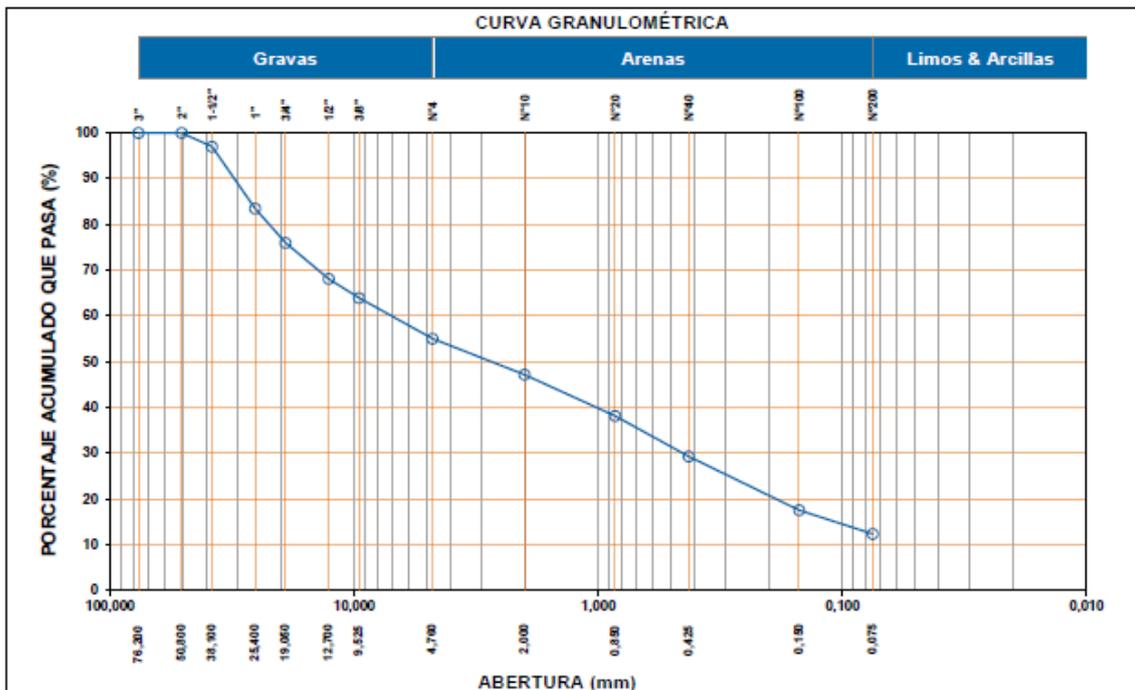
D ₁₀	
D ₃₀	0,45
D ₆₀	7,03
Cu	
Cc	

Límites de Atterberg:	
LL (%)	16
LP (%)	11
IP (%)	5

Humedad (%)	1,4
-------------	-----

SUCS	GC-GM
------	-------

Grava arcillo-limosa con arena



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

Realizado por: MP Ingresado por: ZAS Revisado por: CSM N° de Informe: EPE-18.10.095

Estos datos se aplican solo a las muestras ensayadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Anddes Asociados S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Anddes Asociados S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma y sello del jefe del laboratorio.

Av. Javier Prado Este Cdra. 48, Edificio Capital Golf, Piso 13, Surco, Lima 33, Perú T: +51 1 317 4900

Nombre del Proyecto: Evaluación de Estabilidad Física y Actualización del Manual de Operaciones de Depósito de Desmonte N° 100

Cliente: Cerro Lindo
Ubicación del Proyecto: Chavín Chincha

Cód. de Muestra: C-5 C-6 C-7

N° de Muestra: M-1

Profundidad (m): -

N° de Proyecto: -

Zona: Chincha

N° de Informe: EPE-18.10.095

Descripción: -

Fecha: 27/11/2018

Solicitado Por: Orlando Huaña

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,800	97,8
1 1/2"	38,100	92,2
1"	25,400	82,2
3/4"	19,050	72,2
1/2"	12,700	62,1
3/8"	9,525	57,3
N°4	4,760	46,8
N°10	2,000	41,0
N°20	0,850	32,7
N°40	0,425	24,4
N°100	0,150	13,3
N°200	0,075	8,4

Partículas >3" (%)	---
Grava (%)	53,4
Arena (%)	38,2
Limos y Arcillas (%)	8,4

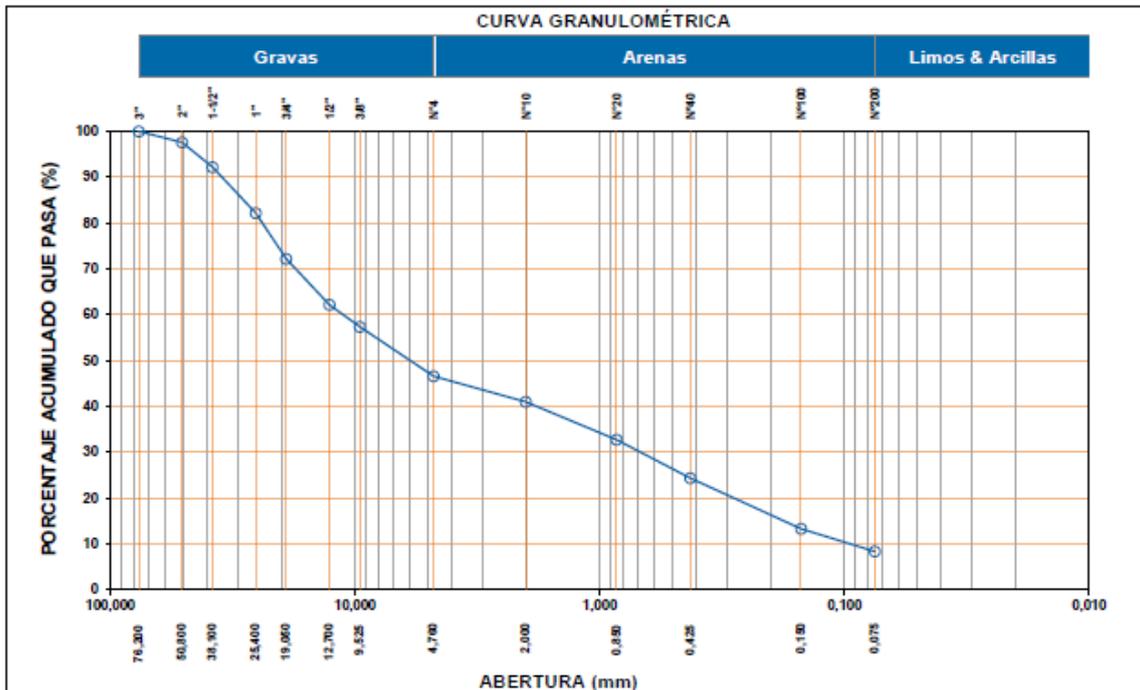
D ₁₀	0,09
D ₃₀	0,68
D ₆₀	11,17
Cu	119,30
Cc	0,44

Límites de Atterberg:	
LL (%)	NP
LP (%)	NP
IP (%)	NP

Humedad (%)	0,5
-------------	-----

SUCS	GP-GM
------	-------

Grava pobremente gradada con limo y arena



Observación:

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

Realizado por: MP Ingresado por: ZAS Revisado por: CSM N° de Informe: EPE-18.10.095

Estos datos se aplican solo a las muestras ensayadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Anddes Asociados S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Anddes Asociados S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma y sello del jefe del laboratorio.

Av. Javier Prado Este Cdra. 48, Edificio Capital Golf, Piso 13, Surco, Lima 33, Perú T: +51 1 317 4900

J

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
ASTM - D6913-04

Nombre del Proyecto: Evaluación de Estabilidad Física y Actualización del Manual de Operaciones de Depósito de Desmonte N° 100

Cliente: Cerro Lindo
Ubicación del Proyecto: Chavín Chinchá

Cód. de Muestra: C-1 C-10

N° de Muestra: M-1

Profundidad (m): -

N° de Proyecto: -

Zona: Chinchá

N° de Informe: EPE-18.10.095

Descripción: -

Fecha: 27/11/2018

Solicitado Por: Orlando Huaña

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76,200	100,0
2"	50,800	93,7
1 1/2"	38,100	85,7
1"	25,400	78,2
3/4"	19,050	71,7
1/2"	12,700	63,8
3/8"	9,525	60,2
N°4	4,760	52,4
N°10	2,000	46,1
N°20	0,850	39,4
N°40	0,425	33,8
N°100	0,150	23,7
N°200	0,075	17,4

Partículas >3" (%)	—
Grava (%)	47,6
Arena (%)	35,0
Limos y Arcillas (%)	17,4

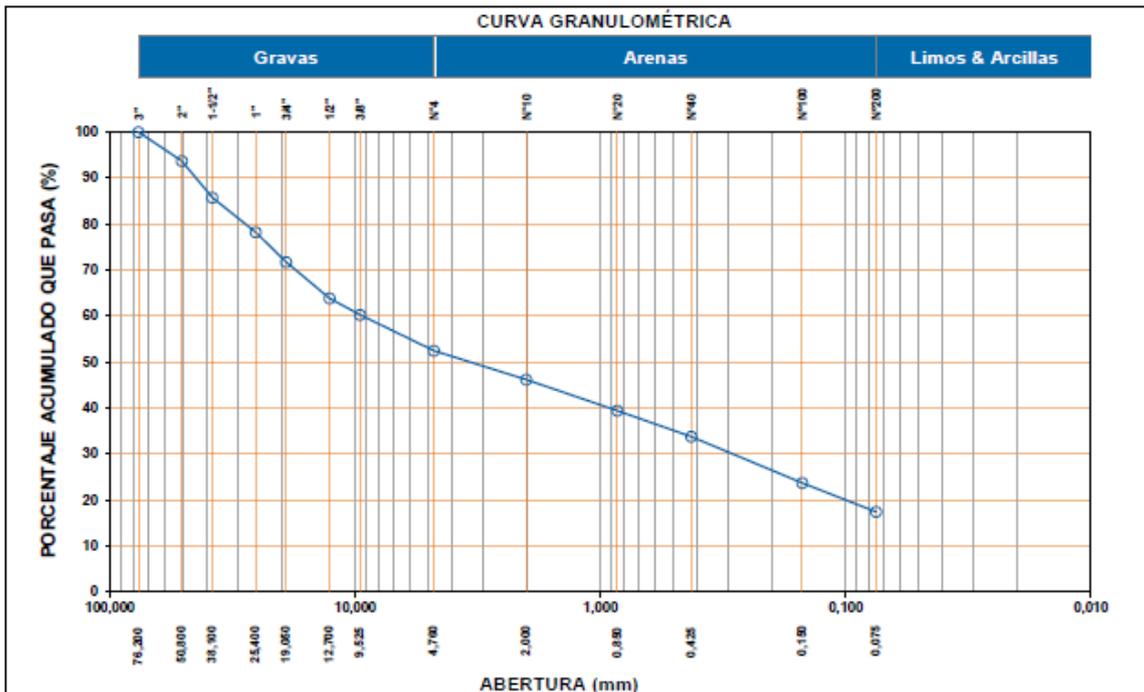
D ₁₀	
D ₃₀	0,29
D ₆₀	9,32
C _u	
C _c	

Límites de Atterberg:	
LL (%)	17
LP (%)	13
IP (%)	4

Humedad (%)	2,4
-------------	-----

SUCS	GC-GM
------	-------

Grava arcillo-limosa con arena



Observación:

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante.

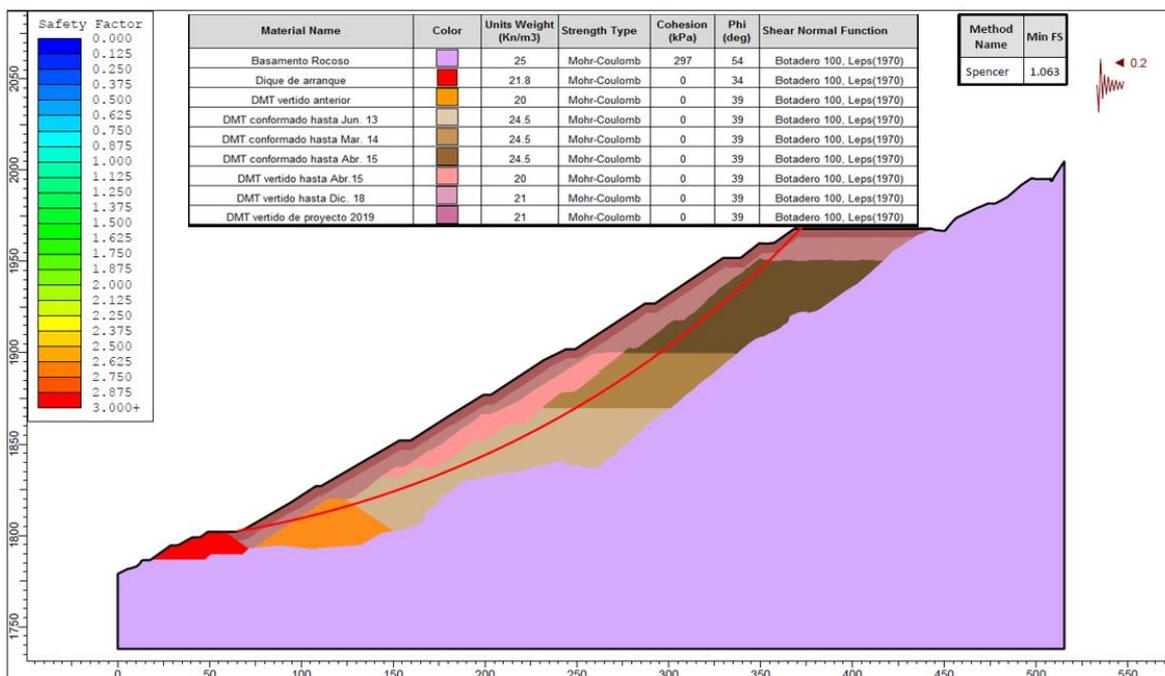
Realizado por: MP Ingresado por: ZAS Revisado por: CSM N° de Informe: EPE-18.10.095

Estos datos se aplican solo a las muestras ensayadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Anddes Asociados S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Anddes Asociados S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos. Este informe no es válido sin la firma y sello del jefe del laboratorio.

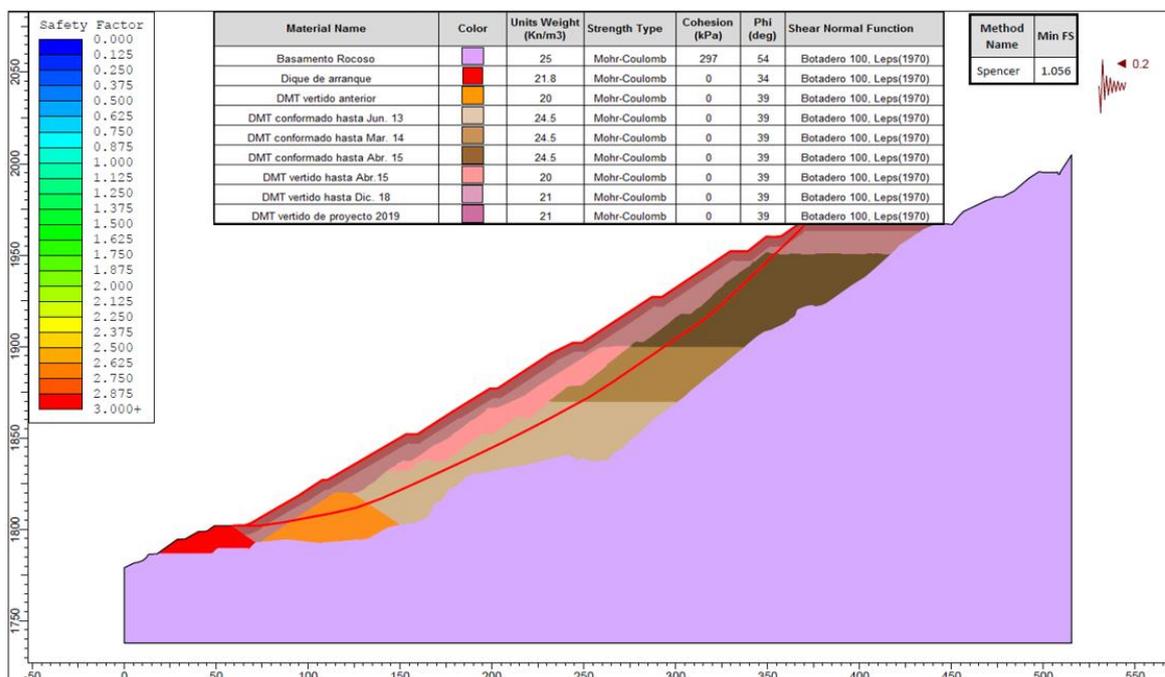
Av. Javier Prado Este Cdra. 48, Edificio Capital Golf, Piso 13, Surco, Lima 33, Perú T: +51 1 317 4900

Resultado de Análisis de Estabilidad pseudoestático – para un (K=0.20)
Considerando al tiempo de Cierre sección: A-A

Análisis pseudoestático (k=0.20) Falla Circular

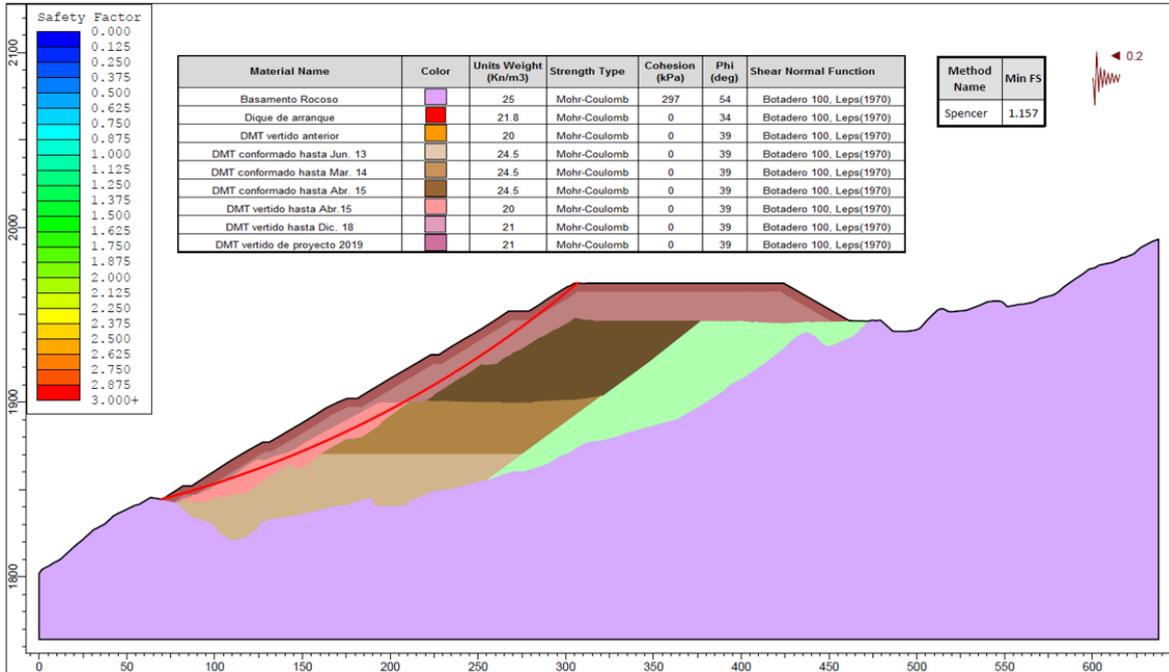


Análisis pseudoestático (k=0.20) Falla NO Circular

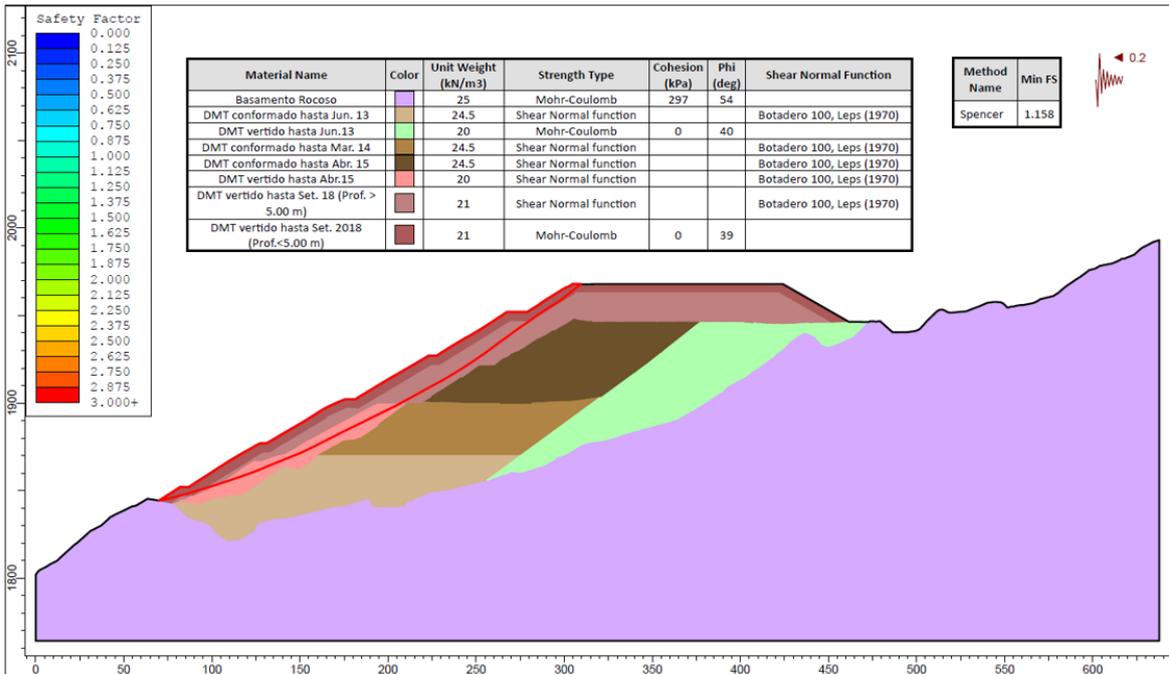


Resultado de Análisis de Estabilidad pseudoestático – para un (K=0.20)
Considerando al tiempo de Cierre sección: B-B

Análisis pseudoestático (k=0.20) Falla Circular



Análisis pseudoestático (k=0.20) Falla NO Circula



Calicata y Ensayo de Densidad In Situ por método reemplazo por volumen de agua



Foto N°01: Calicata y Ensayo de Densidad In Situ por método reemplazo por volumen de agua CD-1 (prof. 0.50 m), realizado en la corona del depósito de Desmonte Nro. 100.



Foto N°02: Material obtenido de la calicata CD-1 (prof. 0.50 m), realizado en la corona del depósito de Desmonte Nro. 100.

	<p>Proyecto: 18G04805 "Evaluación de Estabilidad Física y Actualización de Manual de Operación del Depósito de Desmontes N° 100"</p>	
<p>Hoja 1 de 10</p>	<p>Album fotográfico</p>	<p>Fecha Octubre 2018</p>



Foto N°03: Calicata y Ensayo de Densidad In Situ por método reemplazo por volumen de agua CD-2 (prof. 0.50 m), realizado en la corona del depósito de Desmonte Nro. 100.



Foto N°04: Interior de la calicata CD-2 (prof. 0.50) realizado en la corona del depósito de Desmonte Nro. 100.

	<p>Proyecto: 18G04805 "Evaluación de Estabilidad Física y Actualización de Manual de Operación del Depósito de Desmontes N° 100"</p>	
<p>Hoja 2 de 10</p>	<p>Album fotográfico</p>	<p>Fecha Octubre 2018</p>



Foto N°05: Calicata y Ensayo de Densidad In Situ por método reemplazo por volumen de agua CD-3(prof. 0.50 m), realizado entre las banquetas 1(1826.99 msnm) y 2 (1852.00 msnm).



Foto N°06: En la foto izquierda se observa el interior de la calicata CD-3(prof. 0.50m) y en la derecha se observa el material extraído.

	<p>Proyecto: 18G04805 "Evaluación de Estabilidad Física y Actualización de Manual de Operación del Depósito de Desmontes N° 100"</p>	
<p>Hoja 3 de 10</p>	<p>Album fotográfico</p>	<p>Fecha Octubre 2018</p>

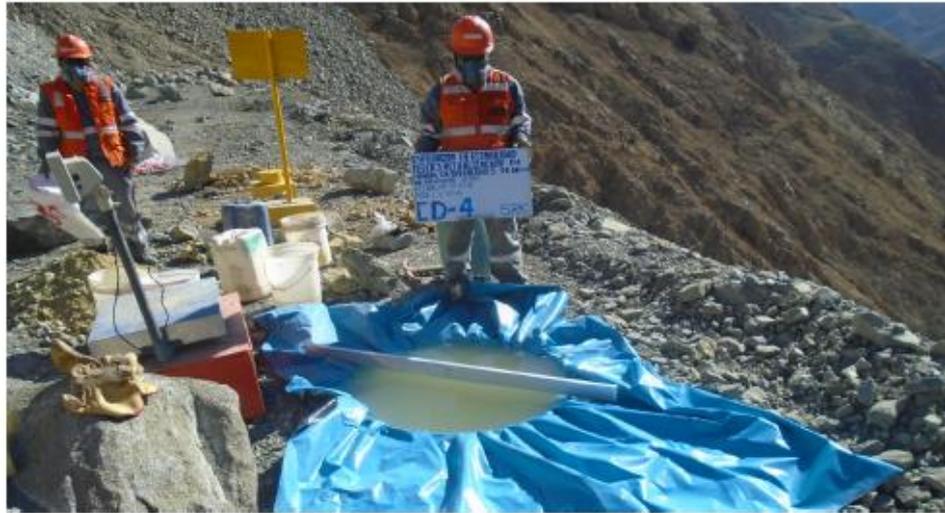


Foto N°07: Calicata y ensayo de densidad in situ por método reemplazo por volumen de agua CD-4(prof. 0.50 m), realizado en la banqueta 2 (1852.00 msnm).



Foto N°08: Interior de la calicata CD-4(prof. 0.50) realizado en la banqueta 2 (1852.00 msnm).

	<p> Proyecto: 18G04805 "Evaluación de Estabilidad Física y Actualización de Manual de Operación del Depósito de Desmontes N° 100" </p>	
<p>Hoja 4 de 10</p>	<p>Album fotográfico</p>	<p>Fecha Octubre 2018</p>



Foto N°09: Calicata y ensayo de densidad in situ por método reemplazo por volumen de agua CD-5 (prof. 0.50 m), realizado en la banqueta 3 (1877.00 msnm).



Foto N°10: Material extraído de la catalicata CD-5 (prof. 0.50 m), realizado en la banqueta 3 (1877.00 msnm).

	<p>Proyecto: 18G04805 "Evaluación de Estabilidad Física y Actualización de Manual de Operación del Depósito de Desmontes N° 100"</p>	
<p>Hoja 5 de 10</p>	<p>Album fotográfico</p>	<p>Fecha Octubre 2018</p>



Foto N°11: Calicata y ensayo de densidad in situ por método reemplazo por volumen de agua CD-6 (prof. 0.50 m), realizado en la banqueta 4 (1902.00 msnm).



Foto N°12: En la parte izquierda de la foto se observa el interior de la calicata CD-6 y en la parte derecha el material extraído.

	<p>Proyecto: 18G04805 "Evaluación de Estabilidad Física y Actualización de Manual de Operación del Depósito de Desmontes N° 100"</p>	
<p>Hoja 6 de 10</p>	<p>Album fotográfico</p>	<p>Fecha Octubre 2018</p>



Foto N°13: Calicata C-7 (prof. 0.80 m), realizado entre las banquetas 4 (1902.00 msnm) y 5 (1927.00 msnm).



Foto N°14: Interior de la calicata C-7 (prof. 0.80 m), realizada entre las banquetas 4 y 5.

	<p>Proyecto: 18G04805 "Evaluación de Estabilidad Física y Actualización de Manual de Operación del Depósito de Desmontes N° 100"</p>	
<p>Hoja 7 de 10</p>	<p>Album fotográfico</p>	<p>Fecha Octubre 2018</p>



Foto N°15: Calicata C-8 (prof. 0.80 m), realizado en la banqueta 5 (1927.00 msnm).



Foto N°16: En la foto izquierda se observa el interior de la calica C-8 y en la derecha se puede ver el material extraído de la misma.

	<p>Proyecto: 18G04805 "Evaluación de Estabilidad Física y Actualización de Manual de Operación del Depósito de Desmontes N° 100"</p>	
<p>Hoja 8 de 10</p>	<p>Album fotográfico</p>	<p>Fecha Octubre 2018</p>



Foto N°17: Calicata C-9 (prof. 0.80 m), realizado en la banqueta 1 (1826.99 msnm).



Foto N°18: En la foto izquierda se puede ver el interior de la calicata C-9 (prof. 0.80 m) y en la derecha se observa el material extraído de la misma.

	<p>Proyecto: 18G04805 "Evaluación de Estabilidad Física y Actualización de Manual de Operación del Depósito de Desmontes N° 100"</p>	
<p>Hoja 9 de 10</p>	<p>Album fotográfico</p>	<p>Fecha Octubre 2018</p>



Foto N°19: Calicata C-10 (prof. 0.80 m), realizado en la corona del depósito de desmonte.



Foto N°20: En la foto izquierda se observa el interior de la calicata C-10 y en la derecha se puede ver el material extraído de la misma.

	<p>Proyecto: 18G04805 "Evaluación de Estabilidad Física y Actualización de Manual de Operación del Depósito de Desmontes N° 100"</p>	
<p>Hoja 10 de 10</p>	<p>Album fotográfico</p>	<p>Fecha Octubre 2018</p>

PLANO DE INSTRUMENTACION GEOTECNIA

