

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA

GEOLÓGICA



T E S I S

**Evaluación geotécnica en el diseño de
depósito de desmontes – Mina Shalca**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autor:

Bach. Miguel Angel AYALA CHACON

Asesor:

Mg. Vidal Victor CALSINA COLQUI

Cerro de Pasco – Perú – 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA

GEOLÓGICA



T E S I S

**Evaluación geotécnica en el diseño de
depósito de desmontes – Mina Shalca**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Favio Máximo MENA OSORIO
PRESIDENTE

Dr. Tito Marcial ARIAS ARZAPALO
MIEMBRO

Mg. Luis Arturo LAZO PAGAN
MIEMBRO

DEDICATORIA

A mis padres, Victor Ayala y Nelva Chacón, por creer en mí, por sus consejos, por inculcarme los valores y principios.

A mi esposa Liz por su amor, paciencia y comprensión sobre todas las cosas.

A mis hijos Alison y Diego, quienes son mi mayor fortaleza e inspiración en mi caminar.

AGRADECIMIENTO

A Dios sobre todas las cosas por darnos salud y vida, a mis padres Víctor Ayala Saturno y Nelva Luz Chacón Maguiño por su apoyo en todo momento; también un agradecimiento a mis hermanos y familiares por estar cerca en cada uno de mis proyectos de vida.

A los docentes de la Escuela De Formación Profesional De Ingeniería Geológica de la UNDAC, por brindar sus conocimientos en la etapa universitaria y ayudarnos a ser profesionales de bien para contribuir con el desarrollo de nuestro país.

RESUMEN

La Compañía Minera Vichaycocha S.A.C., es una empresa dedicada a la exploración, explotación y tratamiento de minerales polimetálicos con contenidos de plomo, zinc y plata, realiza un proyecto en la concesión Minera Claudia I, Mina Shalca, ubicado en el Distrito de Pacaraos, Provincia de Huaral, Departamento de Lima.

De acuerdo con el plan de exploraciones, es necesario construir un depósito de mineral y dos depósitos de desmonte ubicados en el Nivel - 0 y Nivel - 1, que tiene el propósito de colocar en ella los residuos que son el resultado de preparar la infraestructura para las actividades de exploración minera a través de laboreo minero.

El presente trabajo tiene como objetivo plantear el diseño de un depósito de desmonte en el Nivel 0, este mismo tendrá que ser sostenible en el tiempo, para ello cumplirá ciertas condiciones de estabilidad física e hidrológica. El depósito o botadero de desmonte del Proyecto “Shalca” almacenará todo el desmonte que provenga de las labores de exploración del Nivel 0.

El depósito de desmonte tendrá una extensión superficial de 6,821.38 m² en promedio, aprovechables para una capacidad de almacenamiento de 25,803.0 m³, la altura del depósito alcanzará un promedio de 67 m. La construcción del depósito de desmonte se realizará mediante el método de construcción ascendente, el talud del depósito de desmonte estará conformado por cuatro bancos (alturas entre 15 y 20 m.) con inclinaciones iguales en todos los casos con una relación de inclinación 1.43H:1.0V, el cual corresponde a 35° de inclinación y un ángulo de talud final de 1.75H:1.0V correspondiente a 30° de inclinación.

Palabras claves: estabilidad, desmonte, drenaje, diseño.

ABSTRACT

Vichaycocha S.A.C. Mining Company, is a company dedicated to the exploration, exploitation and treatment of polymetallic minerals with lead, zinc and silver content, carrying out a project in the Claudia I Mining concession, Mina Shalca, located in the District of Pacaraos, Province of Huaral, Department of Lima.

According to the exploration plan, it is necessary to build an ore deposit and two waste deposits located at Level - 0 and Level - 1, which has the purpose of placing in it the residues that are the result of preparing the infrastructure for mining exploration activities through mining work.

The objective of this work is to propose the design of a waste dump at Level 0, this same will have to be sustainable over time, for this it will meet certain conditions of physical and hydrological stability. The "Shalca" Project's clearing deposit or dump will store all the clearing that comes from the Level 0 exploration work.

The waste dump will have a surface area of 6,821.38 m² on average, usable for a storage capacity of 25,803.0 m³, the height of the deposit will reach an average height of 67 m. The construction of the waste dump will be carried out using the ascending construction method, the slope of the waste dump will be made up of four banks (heights between 15 and 20 m.) with equal slopes in all cases with a slope ratio of 1.43H: 1.0V, which corresponds to a 35° incline and a final slope angle of 1.75H:1.0V corresponding to a 30° incline.

Keywords: stability, mine waste dump, sewer system, design.

INTRODUCCIÓN

Para diseñar un depósito de desmontes óptimo, se debe en primera instancia que identificar las características fisicomecánicas de suelos y rocas. Es fundamental la información geotécnica, con referencia del comportamiento mecánico y características del macizo rocoso.

El presente estudio está orientado a desarrollar un análisis de la evaluación geotécnica para establecer o determinar un óptimo diseño de depósito de desmonte según la calidad del macizo rocoso, garantizando su estabilidad y sostenibilidad en el tiempo, para tal propósito se debe también implementar ciertas infraestructuras adecuadas para estabilizar el botadero de desmonte, tales como sistemas de contención y sistemas de drenaje y subdrenaje. Los cuales deben ser seleccionados minuciosamente de manera que cumplan de la mejor forma en mantener la estabilidad del depósito de desmontes.

Finalmente es muy importante realizar la evaluación de estabilidad de taludes y del muro de contención, calculando su Factor de Seguridad, el cual nos indicará o determinará de manera numérica las condiciones de estabilidad de las infraestructuras correspondientes.

INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema.....	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	2
1.3.	Formulación del problema	2
	1.3.1. Problema General.	2
	1.3.2. Problemas específicos.....	2
1.4.	Formulación de objetivos	3
	1.4.1. Objetivo General	3
	1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5.	Justificación de la investigación	4
1.6.	Limitaciones de la investigación.....	4

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes del estudio	5
2.2.	Bases teóricas – científicas	5
2.3.	Definición de términos básicos	52
2.4.	Formulación de hipótesis	53
	2.4.1. Hipótesis General.....	53
	2.4.2. Hipótesis Específicas	53
2.5.	Identificación de Variables	54
	2.5.1. Variable Dependiente	54
	2.5.2. Variable Independiente.....	54
	2.5.3. Variable Interviniente.....	54
2.6.	Definición Operacional de Variables e Indicadores	54

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de Investigación.....	56
3.2.	Nivel de Investigación.....	56
3.3.	Método de Investigación.....	57
3.4.	Diseño de Investigación.....	57
3.5.	Población y Muestra	57
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	57
3.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	58
3.8.	Tratamiento Estadístico	58

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo	59
4.1.1.	Ubicación.....	59
4.1.2.	Accesibilidad	60
4.1.3.	Reseña Histórica	62
4.1.4.	Fisiografía.....	62
4.1.5.	Geomorfología	63
4.1.6.	Drenaje	64
4.1.7.	Geología Regional	64
4.1.8.	Geología Local	66
4.1.9.	Litología.....	67
4.1.10.	Geología Estructural	70
4.1.11.	Estructuras con incidencia en el diseño del botadero	70
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.	71
4.2.1.	Investigaciones Geotécnicas	71
4.2.1.1.	Investigaciones geotécnicas de campo	72
4.2.1.2.	Análisis de Laboratorio	76
	a) Parámetros geotécnicos del Suelo de Cimentación	77
	b) Parámetros Geotécnicos del material de Desmonte.....	79
	c) Parámetros Geotécnicos del Macizo Rocoso.....	81
4.2.1.3.	Resumen de los Parámetros Geotécnicos	84
4.2.2.	Análisis de Cimentación	85
4.2.2.1.	Hipótesis de Análisis.....	85
4.2.2.2.	Cargas Transmitidas.....	85
4.2.2.3.	Tipo de Cimentación.....	86
4.2.2.4.	Cálculo de la Capacidad Portante.....	87

4.2.2.5.	Análisis de Asentamiento Total	88
4.2.2.6.	Cimentación en Roca.....	89
4.2.2.7.	Sismicidad del Área de Estudio	89
	a) Estudio Sísmico Probabilístico	91
	b) Determinación del Peligro Sísmico	91
	c) Aceleración de Diseño	91
	d) Coeficiente Sísmico.....	93
4.2.3.	Análisis de Estabilidad Física y Diseño de Taludes	93
4.2.3.1.	Análisis de estabilidad física del Depósito de Desmonte.....	93
	a) Factores de Seguridad Mínimos	94
	b) Situaciones de Análisis	95
	c) Depósito de Desmonte (Análisis).....	96
	d) Diseño de Taludes.....	97
4.2.3.2.	Análisis de estabilidad física del muro de contención.....	97
	a) Diseño del Muro de Contención en Sistema de Gaviones	97
	b) Consideraciones de Diseño de gaviones	98
	c) Diseño de gaviones.....	98
	d) Criterios para el Análisis de Estabilidad Física	100
4.2.4.	Diseño Para la Construcción del Depósito de Desmonte.....	102
4.2.4.1.	Diseño Del Depósito de Desmontes.....	103
4.2.4.2.	Descripción de Características Físicas del Material de Desmonte.....	104
4.2.4.3.	especificaciones Técnicas para la Construcción del Depósito de Desmontes	105
	a) Cimentación	105
	b) Muro de contención.....	106
	c) Sistemas de Drenaje y subdrenaje	109
	d) Proceso de llenado de material de desmonte.....	115
4.2.4.4.	Cronograma de Actividades Para Construcción del Depósito de Desmontes	116
4.2.4.5.	Costo Presupuestado Para La Construcción Del Botadero De Desmontes	116
4.3.	Prueba de Hipótesis.....	117
4.4.	Discusión de resultados	117

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Botadero de desmontes	7
Figura 2.2 Distancias entre caminos de carga	8
Figura 2.3 Modelo de botaderos con notoriedad de fallas	8
Figura 2.4 Napas Freáticas.....	9
Figura 2.5 Botadero por arriba de un yacimiento.....	10
Figura 2.6 Botadero en Laderas	11
Figura 2.7 Alturas máximas de botadero	11
Figura 2.8 Botadero en quebradas	12
Figura 2.9 Botadero en pilas o tortas	12
Figura 2.10 Colapso de botaderos.....	13
Figura 2.11 Botadero con material no compactado	13
Figura 2.12 Botadero con inicio de inestabilidad.....	14
Figura 2.13 Compactación de Botadero.....	16
Figura 2.14 Dificultades de compactación.....	16
Figura 2.15 Presión ejercida sobre el terreno	17
Figura 2.16 Descarga de botadero.....	18
Figura 2.17 Estimación de disponibilidad del sector	21
Figura 2.18 Cálculo de masa de vertido	22
Figura 2.19 Construcción de botadero por bancos o capas	26
Figura 2.20 Secuencia de desarrollo de botadero.....	34
Figura 2.21 Construcción ascendente de Botaderos	42
Figura 2.22 Construcción descendente de Botaderos.....	43
Figura 2.23 Clasificación de materiales	44
Figura 2.24 Relleno de valles	45
Figura 2.25 Relleno a través de valles.....	46
Figura 2.26 Relleno de media ladera	47
Figura 2.27 Relleno cresta de montañas.....	47
Figura 2.28 Relleno de acopios	48
Figura 4.1 Mapa de ubicación	60
Figura 4.2 Cerros con laderas abruptas	63

Figura 4.3 Mapa Metalogénico	65
Figura 4.4 Columna estratigráfica	69
Figura 4.5 Mapa de Zonificación Sísmica	90
Figura 4.6 Mapa de Distribución de isoaceleraciones para un 10% de excedencia en 100 años	92
Figura 4.7 Dimensiones típicas de las unidades del muro de gavión	99
Figura 4.8 Presentación del muro de gaviones	99
Figura 4.9 Punto de aplicación	100
Figura 4.10 Momento de estabilización y de volcamiento	101
Figura 4.11 Cálculo de las dimensiones del canal trapezoidal para el Canal de Coronación	111
Figura 4.12 Cálculo de las dimensiones del canal trapezoidal para los canales laterales	112
Figura 4.13 Cálculo de dimensiones del Canal Receptor	115

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Distancia de frenado o parada de vehículos	30
Tabla 2.2	Tiempo de reacción de frenado de vehículos	30
Tabla 2.3	Clase de terreno	33
Tabla 2.4	Clase de Materiales de relleno	33
Tabla 2.5	Operacionalidad de variables e indicadores.....	54
Tabla 4.1	Rutas de accesos al proyecto	61
Tabla 4.2	Ensayo de Penetración Dinámica – Tipo Cono Peck y SPT	75
Tabla 4.3	Ensayo de permeabilidad – Método de perforación entubada.....	75
Tabla 4.4	Norma Internacionales ASTM para Ensayos de Laboratorio	77
Tabla 4.5	Componentes del depósito – Características físicas	77
Tabla 4.6	Parámetros de Resistencia Mecánica - Ensayos Compresión Triaxial.....	79
Tabla 4.7	Caracterización del material de desmonte	80
Tabla 4.8	Parámetros de resistencia mecánica – Ensayos de compresión triaxial_Desmonte	81
Tabla 4.9	Ensayos de compresión simple – Roca intacta	83
Tabla 4.10	Propiedades Físicas – Roca intacta	83
Tabla 4.11	Ensayos de compresión Triaxial- Roca intacta	83
Tabla 4.12	Parámetros Geotécnicos para el Análisis de Estabilidad de Taludes del Depósito de Desmonte.	84
Tabla 4.13	Características de resistencia de la cimentación	87
Tabla 4.14	Características de cimentación	88
Tabla 4.15	Factor de seguridad mínimo para los estudios de Presas de Tierra (Estabilidad).....	94
Tabla 4.16	Análisis de Estabilidad física - depósito de desmontes en condiciones proyectadas	96
Tabla 4.17	Verificaciones de Estabilidad del depósito de desmontes.....	102
Tabla 4.18	Configuración geométrica del depósito de desmonte.	103
Tabla 4.19	Caudal de diseño (m ³ /s) para Cuencas.....	110
Tabla 4.20	Dimensiones del canal de coronación.	111
Tabla 4.21	Caudales para cunetas laterales.....	112
Tabla 4.22	Dimensiones de cunetas de contorno	113
Tabla 4.23	Granulometría – Tamizado (ASTM-D422).....	114

Tabla 4.24 Canal receptor - Dimensiones	115
--	-----

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

De acuerdo con el plan de exploraciones de la Compañía Minera Vichaycocha S.A.C., es necesario construir un depósito de mineral y dos depósitos de desmonte ubicados en el Nivel “0” y Nivel. -1 del Proyecto Shalca, que tiene el propósito de colocar en ella los residuos que son el resultado de preparar la infraestructura para las actividades de exploración minera a través de laboreo minero (avance lineal de labores de sección 4 m x 4 m) con el objetivo de confirmar reservas mineralizadas. El presente estudio es del diseño de depósito de desmonte para el Nv. 0.

1.2. Delimitación de la investigación

El presente estudio está enfocado en realizar o proponer un diseño de depósito de desmonte sostenible en el tiempo del Proyecto “Shalca” de la Compañía Minera Vichaycocha S.A.C, ubicado en el Distrito de Pacaraos, Provincia de Huaral, Departamento de Lima, para ello se ha realizado una evaluación en campo y se realizaron ensayos con el fin de determinar los parámetros geotécnicos de los componentes del botadero y mediante esta información y sumado con la construcción de sistemas de drenaje y subdrenaje lograr un diseño óptimo de depósito de desmontes sostenible en el tiempo.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema General.

¿Qué tipo de diseño de depósito de desmonte y muro de contención serán los óptimos para garantizar la estabilidad y sostenibilidad en el tiempo del depósito de desmontes que se construirá en la Mina Shalca?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Qué tipo de diseño de depósito de desmonte será el óptimo para garantizar su estabilidad y sostenibilidad en el tiempo?
- ¿Qué tipo de muro de contención será el adecuado?
- ¿La geología de la zona influenciará de alguna forma al diseño del depósito de desmonte?
- ¿Los parámetros geotécnicos de los componentes del depósito de desmontes serán adecuados para un diseño óptimo?
- ¿El análisis de estabilidad física del depósito de desmontes determinará un Factor de Seguridad por encima del mínimo aceptable?

- ¿Qué dimensiones debe tener el depósito de desmontes para garantizar el almacenamiento de material estéril generado por las actividades de laboreo exploratorio? y ¿Cuánto tiempo de vida útil tendrá el botadero de desmonte?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar el tipo de diseño de depósito de desmonte y el muro de contención óptimos que garanticen la estabilidad y sostenibilidad en el tiempo del depósito de desmontes que se construirá en la Mina Shalca.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el tipo de diseño de depósito de desmonte óptimo para garantizar su estabilidad y sostenibilidad en el tiempo.
- Seleccionar el tipo de muro de contención adecuado para su diseño y construcción.
- Describir la geología de la zona y su posible inferencia en el diseño del depósito de desmontes.
- Determinar los parámetros geotécnicos de los componentes del depósito de desmontes.
- Calcular el factor de seguridad del depósito de desmontes mediante el análisis de estabilidad física.
- Determinar las dimensiones del depósito de desmontes que garanticen la capacidad de almacenar el material de desmonte generado por el laboreo exploratorio, así como calcular la vida útil del depósito de desmonte.

1.5. Justificación de la investigación

En todo proyecto de exploración, explotación y tratamiento de recursos minerales, es necesario realizar proyectos donde se deben acumular adecuadamente y de forma segura los residuos producidos por la naturaleza de las operaciones que se realizan, por lo que se realiza este proyecto de diseño del depósito de desmontes.

Que contribuirá además a la convivencia equilibrada entre la empresa minera y el medio ambiente.

1.6. Limitaciones de la investigación

La única limitación percibida en la investigación fue la mala cobertura móvil en el sitio, incluso presentamos problemas de comunicación con el uso de los radios handys.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

- ✓ La tesis intitulada “Diseño de botaderos de desmonte en open pit usando minesight 7.0 e.e. piramide cis - Cujone” de Washington Ortiz Chambi (2012), donde se diseña un botadero mediante el uso del Software minesight.
- ✓ Tesis intitulada “Diseño del depósito de desmonte de mina Magistral Centro” de Conche Huamán Johny (2013), en el cual se diseña un depósito de desmonte con el fin de ser sostenible en el tiempo.

2.2. Bases teóricas – científicas

Botaderos

Escombreras o botaderos-*Wastes Dumps*- son estructuras intensas de

elementos improductivos o con una cantidad de mineral muy ínfimo resultado de la explotación minera a tajo abierto o trabajo de elaboración en las subterráneas que se juntan sobre fundaciones rocosas o botadero de desmontes (*Ver Figura 2.1*).

Estos botaderos se levantan por la sencilla descarga inmediata de los materiales desde los camiones en las orillas de estas estructuras o también por la descarga del material en las plataformas y luego empujar con tractores.

Se distinguen por ser cúmulos separados en forma de montículo de material o unidas a rellenos naturales.

Estas grandes estructuras y sus inestabilidades han dado lugar a una fuerte preocupación de parte de los organismos gubernamentales que han orientado sus esfuerzos a minimizar los impactos ambientales y los riesgos de seguridad tanto para el personal, equipos e infraestructura involucrada.

(Roberto C. Villas-Bôas & Diego Masera – 2004) Se ha conocido notables experiencias de deslizamientos de estas estructuras y hacer mención de una de las consecuencias catastróficas, el deslizamiento ocurrido en octubre de 1976, en un botadero de carbón en Aberfan (País de Gales) donde no soporto el botadero de medidas proporcionalmente pequeñas (36m) causando el recorrido de una colada y 144 personas murieron.

Figura 2.1

Botadero de desmontes



Construcción de un botadero

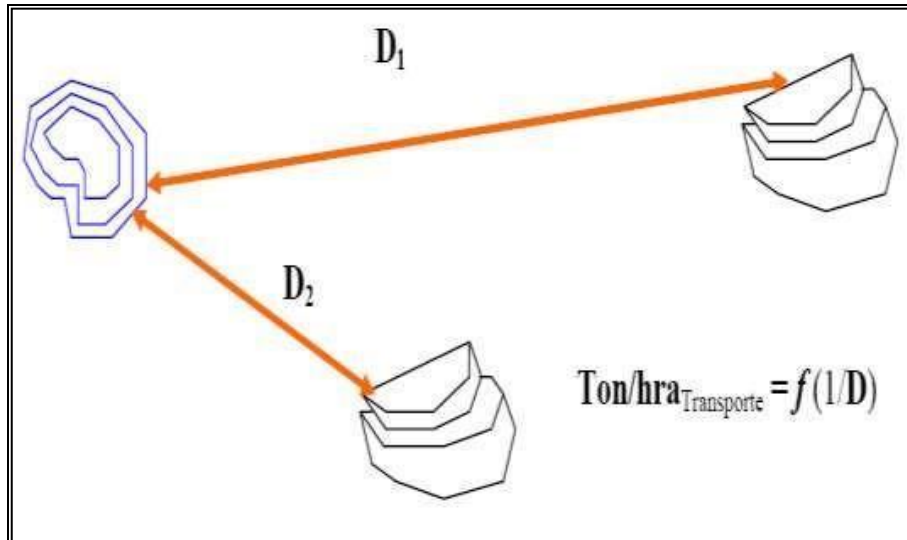
Un lugar correcto para un botadero se establecerá en la zona que concrete del mejor modo del requerimiento para su autorización, en lo técnico y económico, por lo cual tenemos que precisar los aspectos de estas zonas:

Se debe establecer en zonas determinadas y apropiadas el material estéril extraído de la mina

- El trayecto desde el punto de embarque de los camiones en la mina y el punto de desembarque del material estéril (o botadero) debe ser ínfimo posible, por un motivo económico, que la eficiencia de los camiones es perjudicada por el trayecto (*Ver Figura 2.2*).

Figura 2.2

Distancias entre caminos de carga

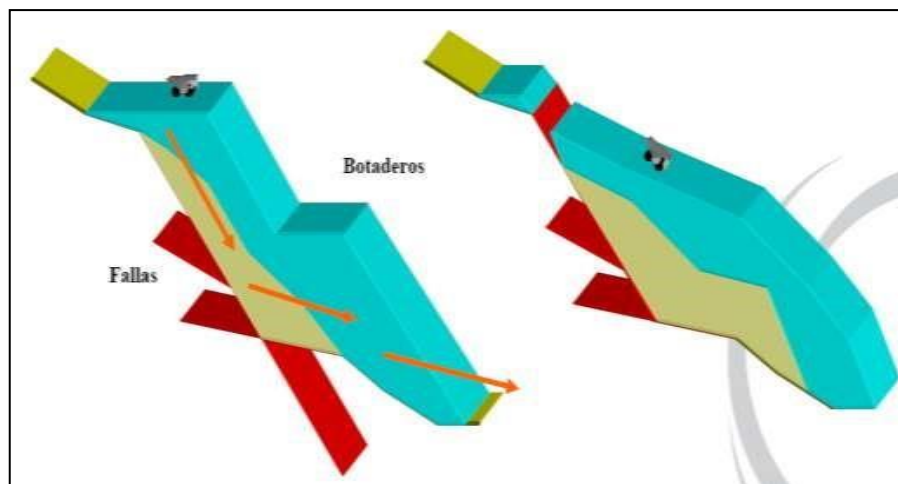


Fuente: Universidad de Atacama-Chile

- Los vertederos del material infértil tienen que ser geológica y geomecánicamente apropiado para este fin, ya que el mayor volumen de contenido a verter puede ocasionar catástrofes geomecánicas colapsando en el área mismo o en áreas cercanas (distribución de esfuerzos). Ver Figura 2.3 y 2.4.

Figura 2.3

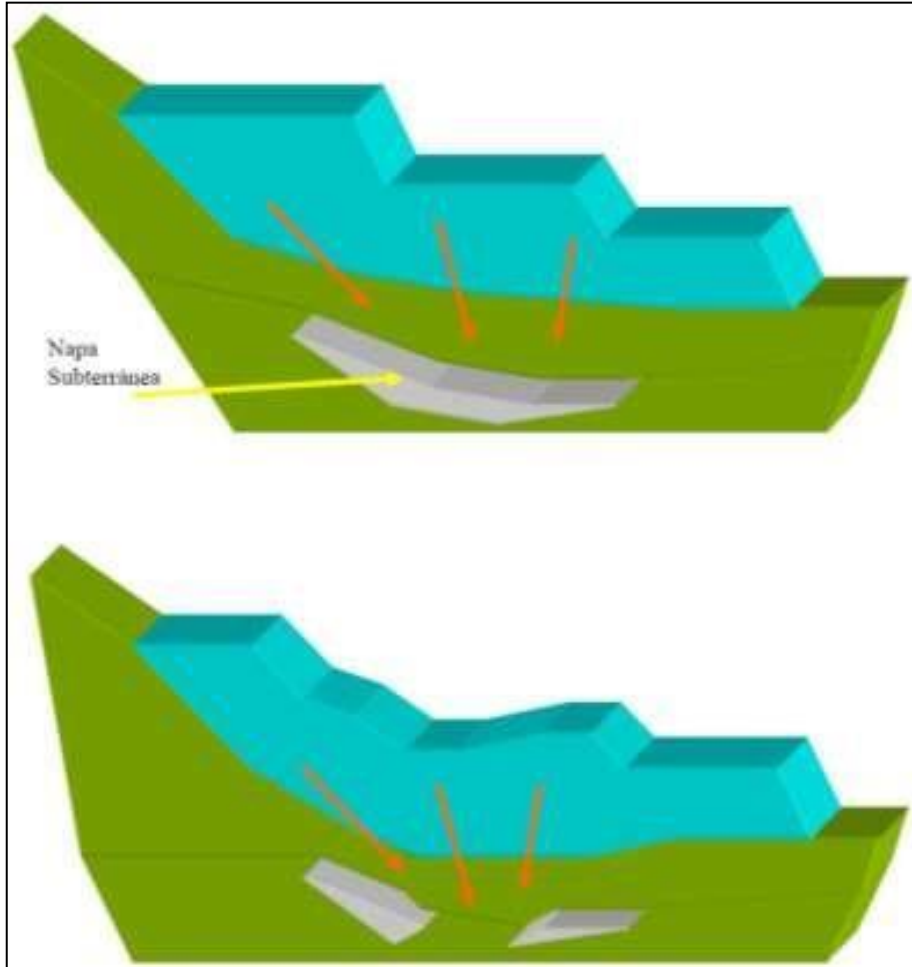
Modelo de botaderos con notoriedad de fallas



Fuente: Universidad de Atacama-Chile

Figura 2.4

Napas Freáticas

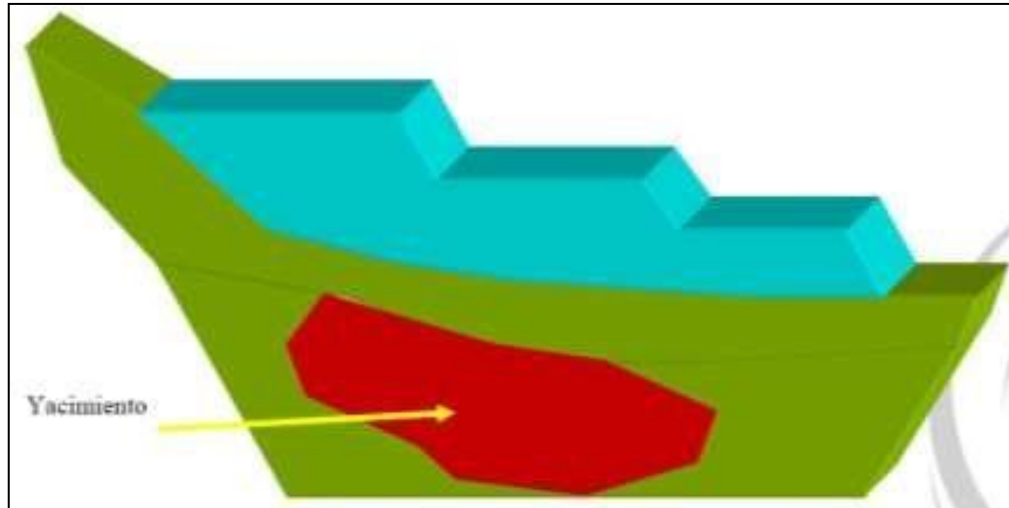


Fuente: Universidad de Atacama-Chile

- La zona escogida debe ser escasa de valor económico en el presente y en un futuro, por lo tanto, hay que verificar la insuficiencia de recursos disponibles en la zona (por ejemplo, un yacimiento con un mínimo valor financiero hoy, pero que puede ser valioso en el futuro, o una reserva significativa de agua, etc.).
(Ver figura 2.5)

Figura 2.5

Botadero por arriba de un yacimiento



Fuente: Universidad de Atacama-Chile

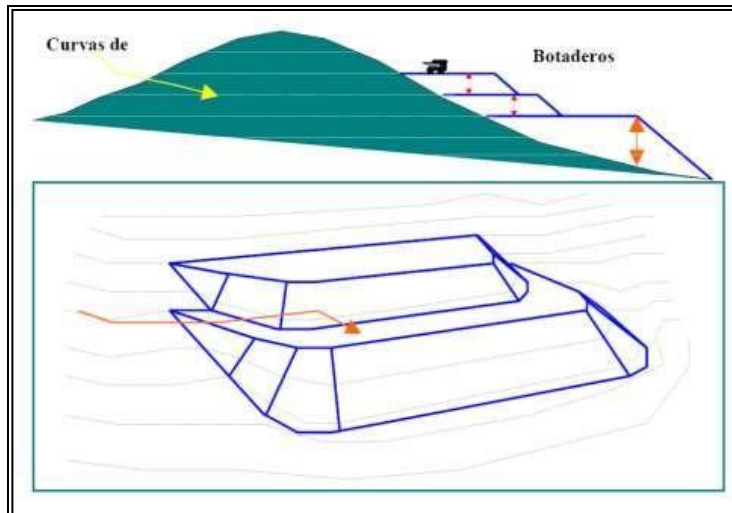
- Se asegura con un estudio apropiado el manejo de la zona decidida así que esto no implique un deterioro al medio ambiente potencial o real.

Distribución de botaderos en laderas

Usualmente se provee los desechos minerales en las laderas de los cerros aledaños a la explotación, sobre todo por causas simples en el desembarque, mantenimiento y permanencia, también debe ser accesible a un extenso terreno para las labores y llevarse a cabo de una forma más homogénea (*Ver Figura 2.6 y 2.7*).

Figura 2.6

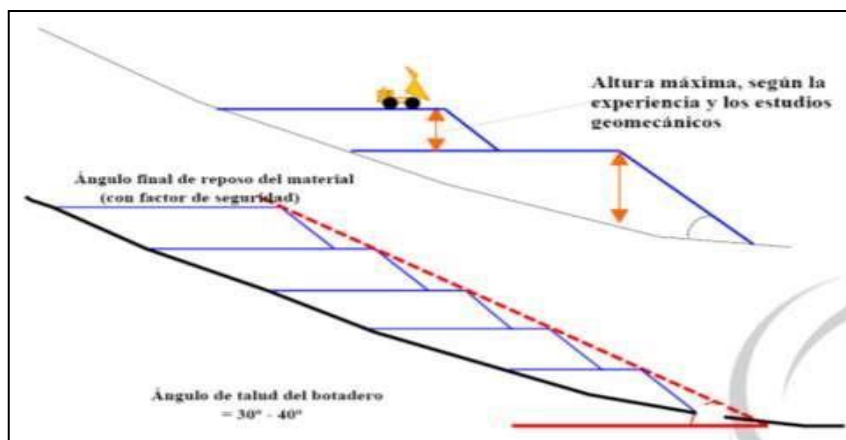
Botadero en Laderas



Fuente: Universidad de Atacama-Chile

Figura 2.7

Alturas máximas de botadero



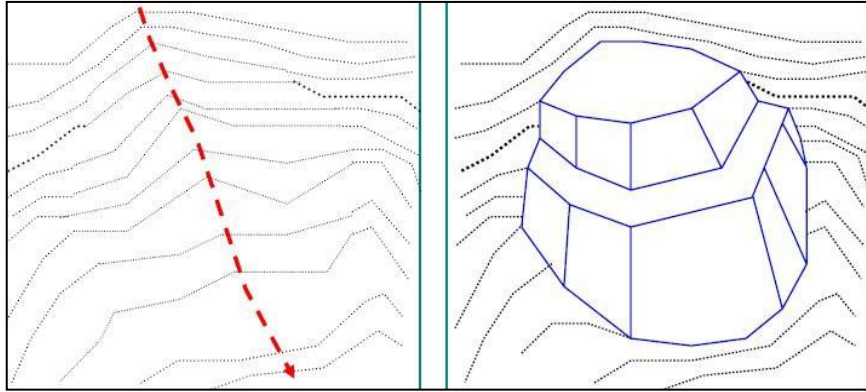
Fuente: Universidad de Atacama-Chile

Disposición de Botaderos en quebradas

Se debe realizar un apropiado estudio del lugar, considerando prudencia con los álveos de aguas que pueden ser afectados, la distribución de material improductivo en quebradas solo podrá llevarse a cabo en situaciones que esta operación no implique un peligro potencial o real. (Ver Figura 2.8).

Figura 2.8

Botadero en quebradas



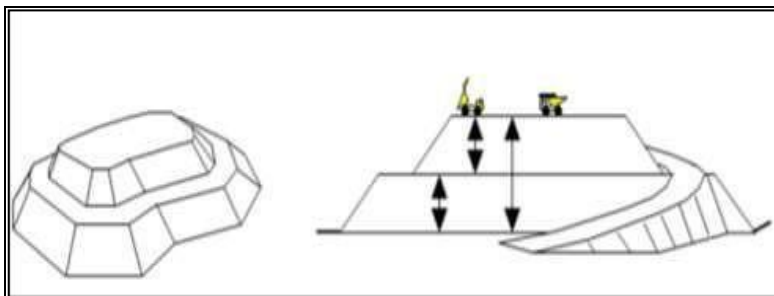
Fuente: Universidad de Atacama-Chile

Disposición de Botaderos en pilas o tortas

Se requiere la construcción de tortas de acopio o de pilas. Cuando se presentan situaciones en que no se dispone de laderas adyacentes en que se tiene que depositar los materiales infértiles, en este caso debe considerarse la construcción o habilitación permanente de accesos sobre la pila misma, a diferencia de la disposición en laderas en que parte de los accesos se habilitan en los mismos cerros (Ver Figura 2.9).

Figura 2.9

Botadero en pilas o tortas



Fuente: Universidad de Atacama-Chile

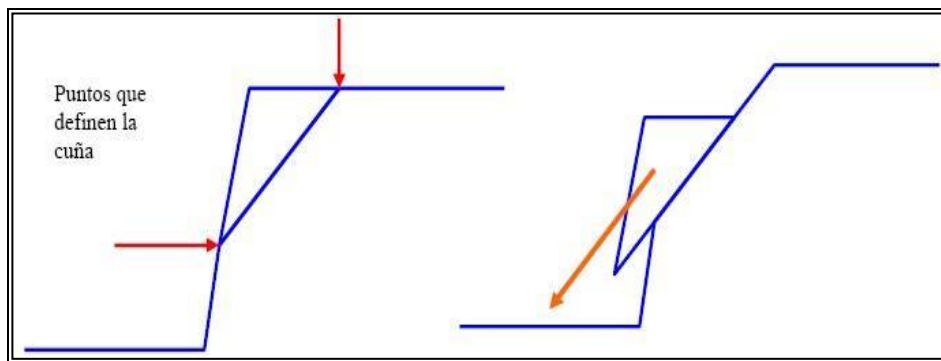
Colapso en los bordes del Botadero

- 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 2.10).

Figura 2.10

Colapso de botaderos

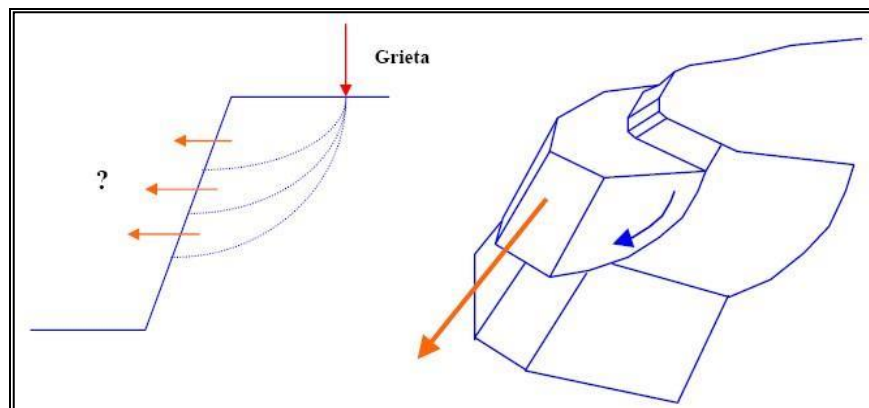


Fuente: Universidad de Atacama-Chile

- 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 2.11).

Figura 2.11

Botadero con material no compactado

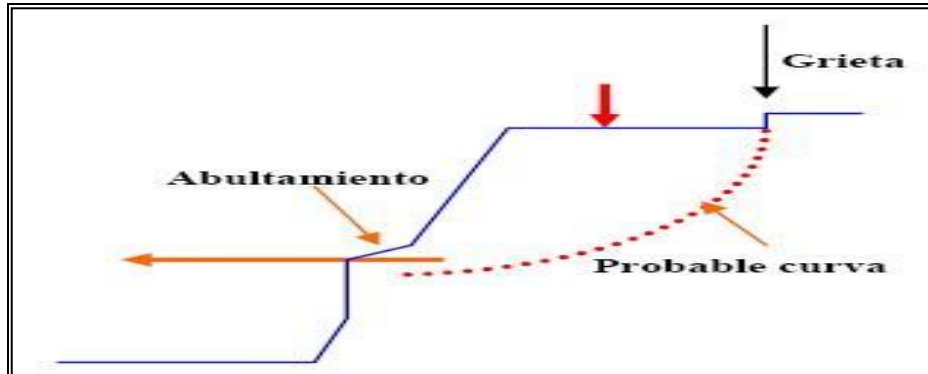


Fuente: Universidad de Atacama-Chile

- Esta señal normalmente parece como un alzamiento del suelo del talud. A veces hay casos que quizás se observe en el talud algún indicador de inconsistencia y de ese modo evaluar la curva de deslizamiento, inclusive prevenir toda clase de acción. (Ver Figura 2.12).

Figura 2.12

Botadero con inicio de inestabilidad



Fuente: Universidad de Atacama-Chile

Mantenimiento de Botaderos

El punto fundamental del problema, que debemos afrontar es la compactación, de esta manera se puede hacer que este material libre logre ser lo más similar posible a un material compacto, asegurando una apropiada solidez total. Para poder prevenir el problema indicado antes. La compactación se puede realizar de distintas maneras, en función de los recursos con que se disponga, pero generalmente se recurre al apoyo de equipos como los Bulldozers y wheeldozers, no siendo muy común observar rodillos compactadores en estos sectores, aunque la presencia de estos sería de gran utilidad (Ver Figura 2.13).

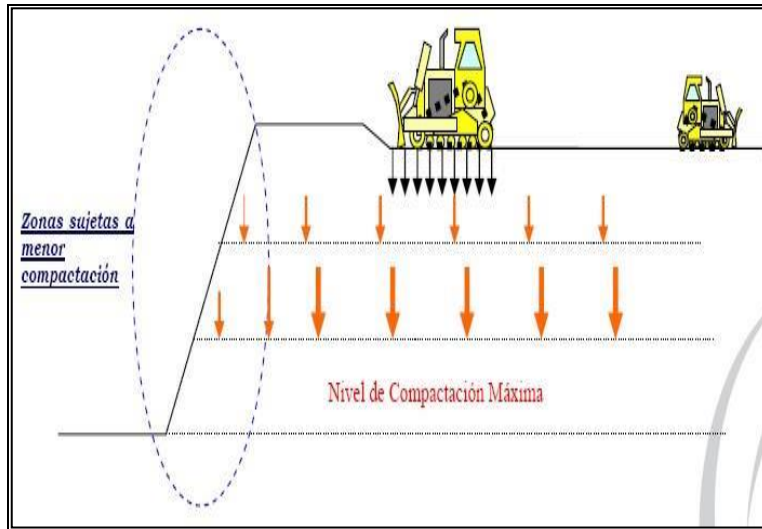
Debes tener en cuenta que el espesor con que ingresa y el material depositado es de $1,92 \text{ ton/ m}^3$ (para una densidad in situ de $2,7 \text{ ton/ m}^3$), la compactación correcta o el mantenimiento del vertedero facilita la densidad de 2 a $2,1 \text{ ton/ m}^3$, o sea un incremento del 9% en relación con la densidad que entra al

depósito o un 78% del valor de la densidad in situ. Empiezas a observar que esto requiere de la granulometría, el grado de esponjamiento según llega el material a los vertederos y por cierto el estado de mantenimiento del depósito. Puede que la densidad en los niveles inferiores del depósito sea mayor por la presión que ejerce la pila de material dispuesto encima de este nivel, por lo que se podría esperar un comportamiento decreciente de la densidad en función de la altura (*Ver Figura 2.14*). Otro aspecto importante que debemos resaltar es que inclusive si no es posible una compactación máxima con los equipos comparados a la compactación obtenida por la presión de cientos de toneladas en una capa en el mismo vertedero, es muy importante alcanzar homogeneidad en la compactación efectuada por los equipos, cuanto más homogéneo sea la ejecución de la densidad por niveles adentro del depósito, es confiable convertir el proceso torno al botadero y asegurar el contenido de montículo con una solidez total. Si surgen fallas o interrupciones en interior del depósito, lo más previsto es que existe un problema y por lo tanto sería el punto, en el cuál la dificultad se mostraría en forma independiente sea o no el motivo.

Por tanto, Si el área está mal compactada, posiblemente hay alguna clase de hundimiento o fallas en el montículo del material y sucede un terremoto de gran magnitud, este estrago se vincularía con el sector ya indicado, sin haber ocasionado este terremoto.

Figura 2.13

Compactación de Botadero



Fuente: Universidad de Atacama-Chile

Figura 2.14

Dificultades de compactación



Fuente: Universidad de Atacama-Chile

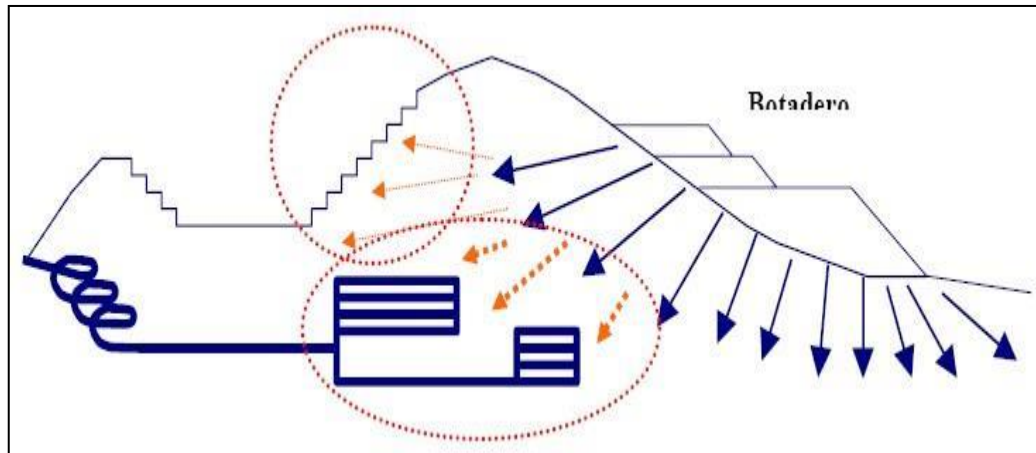
Presión ejercida sobre el terreno por el Botadero

Se origina este efecto de la presión sobre el terreno, por el gran volumen de material que se acumula en una zona que no existía antes, dicho material. Por lo tanto, se incluye la importancia de un estudio detallado de las condiciones del sector, para determinar un área y fijar si el terreno será apto de resistir sin trabas la disponibilidad del material improductivo.

Es fundamental señalar que hubo factores que se captaron varios fallos en minas subterráneas o en tajos abiertos a consecuencia de la presión ejercida por los depósitos de elementos improductivos (*Ver Figura 2.15*).

Figura 2.15

Presión ejercida sobre el terreno



Fuente: Universidad de Atacama-Chile

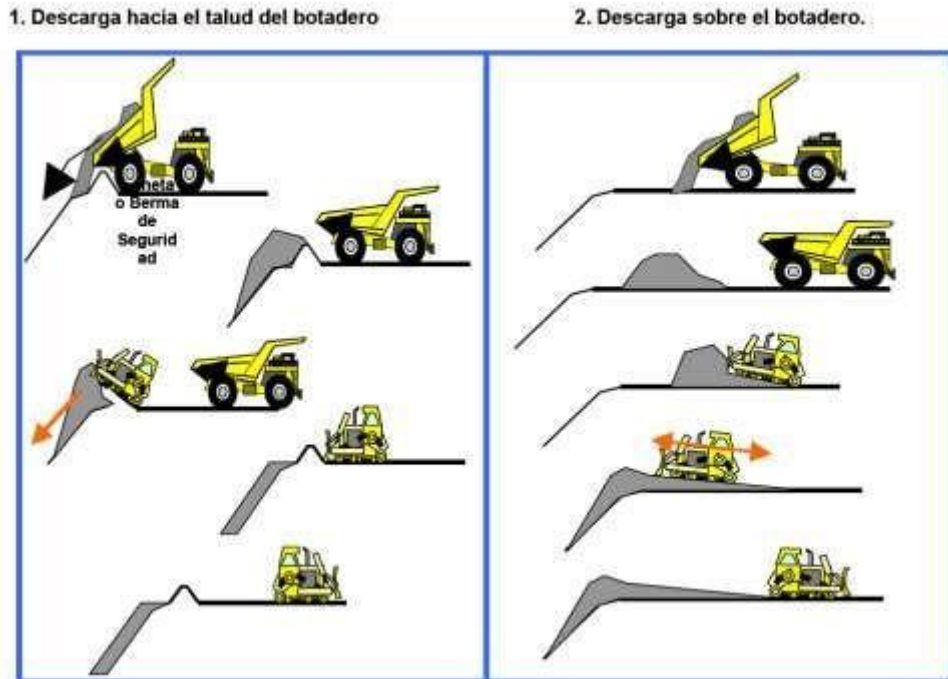
Operación en botaderos

Mantener una distancia prudencial cuando se efectúa el desembarque cerca de las orillas del vertedero, para prevenir desastres en el transcurso y después de los procesos.

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 wheeldozer, los cuales procederán a realizar su acomodamiento y a la construirán la cuneta de seguridad una vez descargado el material (*Ver Figura 2.16*).

Figura 2.16

Descarga de botadero



Fuente: Universidad de Atacama-Chile

Cálculo del Volumen en el botadero y Costo de utilización

Se aplica la estimación la corpulencia a usar en los botaderos, con el fin de calcular la capacidad física requerido para la disponibilidad apropiada del material infértil, así mismo disponer el material ya mencionado antes. en las zonas o áreas donde se definió.

Dependiendo de la carencia y teniendo en cuenta los aspectos económicos implicados (coste en el transporte, distancia, segregación entre lastre con leyes de fino interesantes (es decir potencialmente explotables), tipo de material (oxidado, sulfurado, suelo, etc.) y su manejo potencial en lo posterior o su potencial impacto sobre el medio ambiente, factores de los sectores accesibles para el depósito de estéril, tratamiento del mineral básico obtenido, etc., como solución se logra la ubicación y accesos de los sectores para la disponibilidad de los materiales. En

función lo antes dicho, habrá un coste vinculado a cada sector preparado para la colocación de materiales, por lo tanto, tendrá un coste determinado de dinero, al depositar, cada tonelada de material, con sus mismas peculiaridades, en caso de estimar un proyecto de explotación a rajo abierto. Este cálculo es de importancia capital.

Dentro de la explotación, a cada bloque de estéril, se suma un costo de extracción extra como resultado de manejo en las afueras de la mina, se concretará un planeamiento específico de su disposición afueras de la explotación.

Ejemplos de diversas clases de acopios o botaderos:

- Botaderos con baja ley de sulfuros (potencial lixiviable), por la misma a un procedimiento de alta ley de lixiviación de sulfuros o flotación y no contemple el procesamiento con contenido de baja ley.
- Botaderos con alta ley de óxidos (potencial comerciable o lixiviable), por lo tanto, el procedimiento de flotación de sulfuros es fundamental y la lixiviación de óxidos no se contemple.
- Botaderos con alta ley de sulfuros (potencial lixiviable), en relación que tenga un procedimiento de óxidos de lixiviación y el material sulfurado no cuenta con el proceso.
- Botaderos de material orgánico o tipo suelo, para próximas recuperaciones ambientales.
- Botaderos de contenidos diferentes al mineral primordialmente analizado, como arenas, gravas, carbonatos, arcillas, etc., que de alguna forma interés financiero.
- Botaderos de mineral cual procedimiento se posterga a largo plazo, por priorizar a los que proporcionan grandes utilidades vigentes en la estrategia de

botaderos.

- Botaderos de material en curso ligado diferente al mineral primordial.

Esta referencia nos obliga a identificar con previsión los tipos de materiales implicados en la explotación de una mina a rajo abierto, bien como mineral a operar obrando el plan como material estéril o sin respetar el tratamiento de extracción definido, pues la manera de recibir un enorme provecho es clasificar los recursos, siempre en cuando considere la oportunidad de beneficiarse con dichos recursos.

Un tema muy importante que se debe tener en cuenta es la zona para poder depositar los materiales y ser muy apropiado para este fin, esto no indica una dificultad más que solucionar, por lo tanto, tengo que proyectarme del material en disposición que en lo posterior será lixiviado con ácido sulfúrico (u otro), se tiene que ubicar una zona apropiada como económica y técnicamente para este fin, ya que el sistema de lixiviación se logre llevar a cabo en lo posterior.

Es independiente lo que realmente se pueda ejecutar. Este comportamiento es imagen de percepción existente en la minería, obtenida a través de la trayectoria de años, y podemos interpretar en “Pensar en lo impensable”.

Considerando lo dicho anteriormente, luego continuamos a calcular el volumen o espacio requerido para almacenar los materiales vinculados en la explotación. Se puede expresar el cálculo como:

$$V_X = T_X / \gamma_X \quad (m^3)$$

V_X: Volumen necesario para depositar el Material X en metros cúbicos.

T_X: Tonelaje del Material X in situ (en la mina).

γ_X: Densidad compactada final del Material X en el botadero en toneladas por

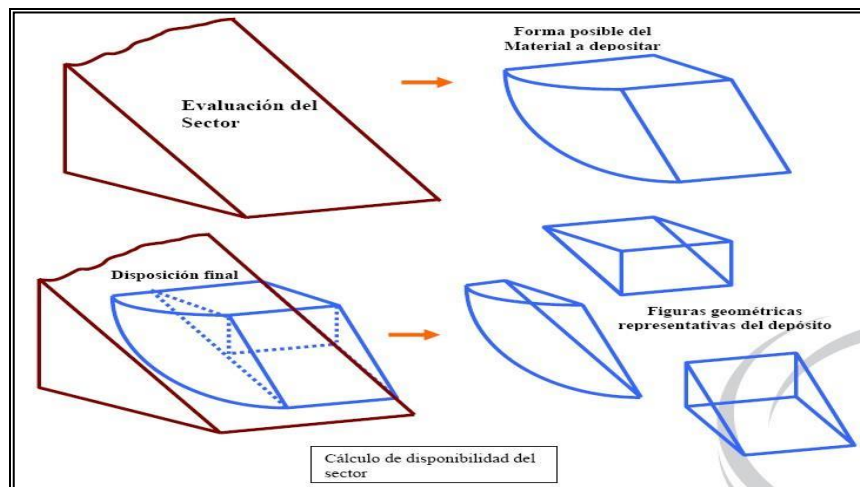
volumen.

Después de tasar la masa requerida Se tiene que determinar los sectores, donde podrán ser depositados los materiales diversos en función a los factores ya explicados anteriormente y visibilizar la geometría que pueda ser del depósito, de manera que se logre una proximidad de los perímetros y forma del botadero y así poder estimar su volumen.

Para cubicar y visualizar gráficamente los futuros botaderos debemos disponer de la información suficiente de los sectores que serán habilitados para ello, como por ejemplo la pendiente del sector, el ángulo de reposo del material (con el cual va a quedar finalmente el material en forma segura), altura de los depósitos, áreas y las figuras típicas que se formarían en función de estos datos, luego hacer los cálculos geométricos correspondientes de volúmenes y finalmente llevarlos a un plano donde serán representados (*Ver Figura 2.17*).

Figura 2.17

Estimación de disponibilidad del sector



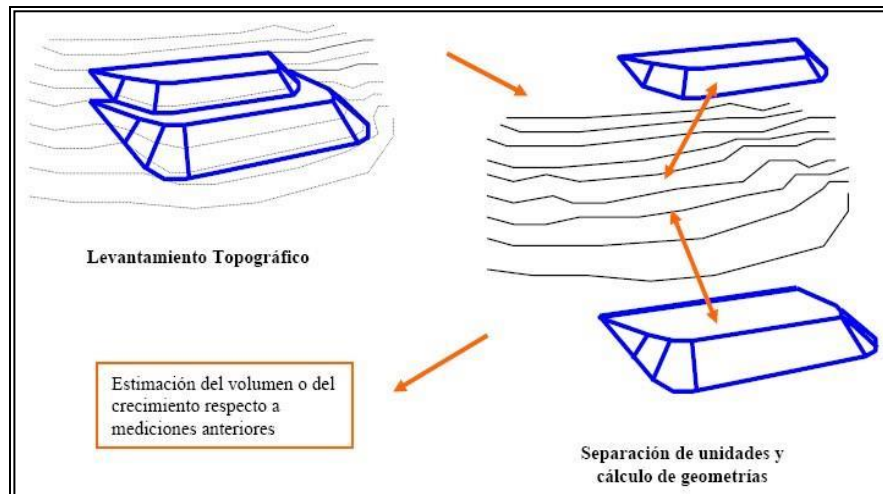
Fuente: Universidad de Atacama-Chile

Aplicamos técnicas topográficas de cubicación en superficie, En la medida que se necesita cubicar la condición de los botaderos en operación, elaborando

primero un levantamiento topográfico y después determinar la condición del botadero en curso, para que se lleve un monitoreo del depósito de crecimiento o alimentación (ver Figura 2.18).

Figura 2.18

Cálculo de masa de vertido



Fuente: Universidad de Atacama-Chile

Costo de una tonelada de estéril enviada a botadero

Dado que el material estéril no tiene importancia financiera, en lo que respecta de la prestación que se informa, sí lo tiene con relación a los gastos que implican traslado y distribución

Para tener el precio de un bloque de estéril implica:

- Precio de traslado desde la mina, dependiendo de las distancias que tendrá que transitar el material sobre el vehículo de transporte y las labores mancomunadas
- Costos conexos a una operación adicional del material (en vista de ser necesario, tales como: superficie, almacén de mineral que luego pasan a ser tratadas etc.).

- Costo de mantenimiento de los depósitos (se responsabiliza dentro del costo de prestación mina esto implica el coste de las maquinarias, recursos humanos, etc.).
- Costo mancomunado a refacción de depósitos (respecto a lo imprevisible, por ello normalmente son contingencias de la operatividad).

Prescindiendo del tema donde se contempla estos costos se señala que el uso de los presupuestos se vincula al manejo, disposición y extracción indicado del estéril o material de acopios y por ello se suman en la administración en un proyecto de explotación a rajo abierto, especialmente por la magnitud implicada en esta labor. Si no respetamos lo antes descrito nos acarrearía al lugar de reconsiderar los bloques de estéril o material que no es sostenido como procesal, y por lo tanto volver a hacer el esquema de esta prospección.

BOTADEROS DE DESMONTE Y PISTAS

Botaderos de Desmonte

Lo primero para elaborar un botadero es elegir una zona o sitios que sean adecuadas para maniobrar el volumen de desecho de roca que son eliminados en el tiempo de vida útil de la mina. La elección del área requiere de diversos factores, entre ellos lo principal es:

- Ubicación a través del tiempo del Pit y tamaño
- Levantamiento topográfico
- Desmonte de volumen de Roca.
- perímetro del predio
- Rutas de avenamiento presente.

Restauración

Las operaciones de desmontes normalmente los costos son más elevados que los costes de minado, la elaboración del proyecto del botadero asume un papel trascendental y crucial, dificultando el coste total de la operación.

La finalidad de disposición de desmontes es el desarrollo del botadero proyectando varias opciones que disminuyen los trayectos verticales y horizontales entre los botaderos y el Pit.

Con la finalidad de incrementar la reposición de lo invertido El proceso de minado a tajo abierto y planificación de productividad fue terminado a priori al diseño de botadero. Por ende, fue previsto previamente al inicio de diseño: la posición del Pit, tamaño a través del tiempo y el planeamiento de operación de desmonte. Dos parámetros fundamentales referentes al diseño de botadero.

Determinan estos dos parámetros puntos de inicio, rapidez, avance y volumen final que pueda almacenar los botaderos,

El proceso de minado del Pit fijara la razón y origen de desmontaje de roca. Normalmente, los materiales de desmonte de zonas altas son trasladadas a los botaderos ubicados en zonas más altas y el desmonte más bajo son trasladados en los lugares bajos. Esto es usual si es reducido el precio de traslado. Pese a que tiene una finalidad idónea, delimitación de posesión, topografía, trayecto de drenaje, factores medioambientales, solidez y otros obstáculos hacen este propósito más difícil o inasequible

La conformación normal del botadero son rellenos de valles (total o incompleto), ladera de cuña, abanico y terrazas o mezcla de estas.

La topografía establecerá las zonas indicadas accesibles y a menudo fijan el modelo o clase del botadero.

Sera definido dos parámetros añadidos al comienzo del diseño de botadero, es tan esencial. El factor de esponjamiento del material y el ángulo de

reposito estos elementos definen el volumen del botadero exigido y el talud global. En función a la frecuencia de fractura y forma de material, cuando es minado El material In Situ, se esponjará 10 a 60, En operaciones de roca dura, el factor de esponjamiento esta entre 30 a 45%. Para definir el volumen de esponjamiento previsto. Las pruebas de densidad suelta serán desarrolladas.

El siguiente parámetro para especificado es el ángulo de reposo del material suelto. Las rocas secas que extraen de la mina normalmente están entre 34 a 37°. a veces se utiliza en el diseño de equipos, La magnitud de taludes actuales incluso con el tiempo ponen una gran señal del ángulo de cara del botadero. También es propuesto en orden para la seguridad un talud conservador de 1.5:1 (34°).

La estructura del botadero incluso será perjudicada por el sistema de transporte y permanencia, también con miramientos de renovación.

Estabilidad de Botaderos

Se necesita de varios elementos para la permanencia total del botadero como:

- Estrategia de construcción.
- Topografía de la zona
- Medidas geotécnicas. del material de fundación
- Medidas geotécnicas de desmonte
- Existencia de agua y ocurrencia de sismos (fuerzas superficiales que ejercen sobre el botadero).

Ratio de avance del botadero

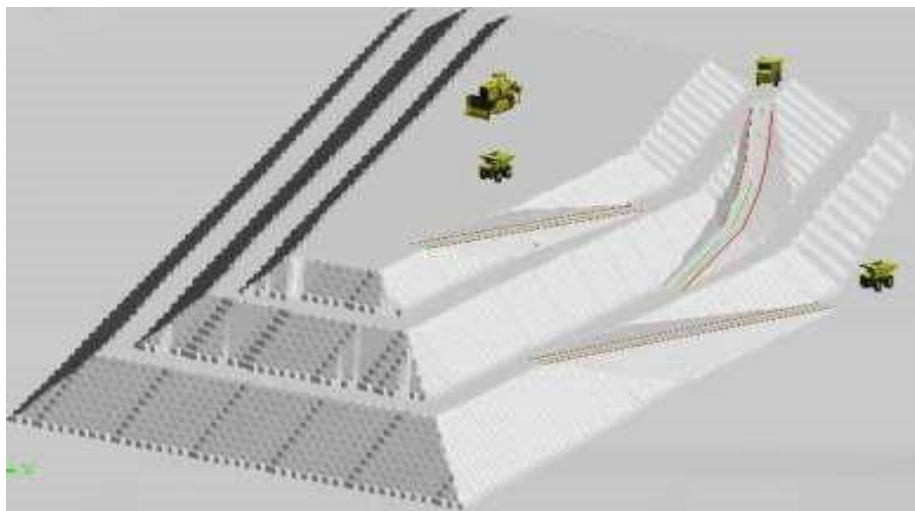
Estos elementos mezclados en diversas maneras contribuirán en la permanencia o a su inestabilidad del botadero a lo largo de vida del botadero.

Métodos de construcción

Normalmente los botaderos son elaborados usualmente con una de estas dos maneras: descarga final o en capas (*Ver Figura 2.19*). Descarga final son fallas por procesos controladas en el cuál el desmontaje es almacenado creando un talud cerrado a su ángulo de reposo y el factor de seguridad es consecuente cerrado a uno. Como que la vista del frente estará cada vez continuando a lo largo de vida del botadero, hasta el cierre final del botadero el talud no es estable por manejo de equipos tradicionales en la nivelación. Es previsible y aconsejable el control del botadero en su vida útil de la mina por causas a las falencias de taludes. Al construir el botadero de mina empleando la técnica de descarga final a veces son señaladas como “construidos desde la parte superior”, a diferencia de las descargas en capas o bancos que son construidos “de abajo hacia arriba”. Por lo tanto, pueden ser monitoreados, aportando de esta manera en forma considerable su estabilidad total; pero para esto se necesita topografía del talud ligeramente blando y siempre implica el trayecto de traslado prolongado en los años prematuros de existencia de la minera.

Figura 2.19

Construcción de botadero por bancos o capas



Fuente: Universidad de Atacama-Chile

Pistas de acarreo

El desplazamiento en las pistas de los servicios de acarreo. son los trayectos que normalmente se ejecuta el traslado común de materiales dentro y fuera de la explotación, Al proyectar los trayectos de acarreo en una minería de explotación deben ser contemplados lo siguiente:

- Punto de salida del pit, que se basara en la ubicación de la operación de tratamiento y/o vertidos del estéril.
- Vías provisionales o eventuales

Cantidad de vías en rutas primarias o rutas alternas.

- Declives medios por tramos, puede ser beneficioso como perjudicial, para el acarreo. Propósitos de circulación, etc.

Factores del diseño geométrico

Factores que precisan la geometría de la pista son:

- estabilización de la plataforma de la pista, de las carreteras de rodaje
- velocidad de diseño seleccionada.
- distancia de visibilidad necesaria.
- protección del medio ambiente.

El empleo de las exigencias geométricos que aplican los elementos referidos queda como conclusión el diseño final del esquema o plan de pista estable y la protección del mal tiempo, del clima y del tránsito. Para el adecuado diseño de una pista, es primordial tener en cuenta las prácticas siguientes:

- Prevenir los cambios de los patrones naturales de avenamiento. Suministrando apropiadamente el avenamiento superficial.
- Prevenir terrenos accidentados con inclinación de más de 60%. previniendo

dificultades como en zonas anegadas o débiles.

- Disminuir la cifra de conexiones entre ríos de agua y la pista
- Acceder a un terreno de rodamiento de la pista permanente y con materiales salubres tangibles. Cuando esto sea necesario disponer obras de drenaje subterráneo, ubicando puntos activos durante temporada de lluvias.
- Atenuar el desgaste poniendo coberturas vegetales o físicas sobre la superficie con desnivel o pendientes, cortes, salidas de avenada y otras zonas vulnerables a ríos de agua.
- En cortes y rellenos usar los ángulos de talud cuando el material se estabiliza
- Usar medidas de estabilidad de estructuras, obras de drenaje, de taludes, acorde a lo requerido y sea escogido a bajo costo.
- Brindar un sostenimiento necesario previsto y planteado.

Rapidez de diseño

La velocidad de diseño es fundamental para determinar los aspectos de elevación, sección transversal de la carretera y trazado en planta. Establecida la velocidad máxima se efectuará al diseño del eje de la carretera, luego el trazado en planta formado por segmentos rectos (en tangente) y segmentos de curvas espirales y circulares, parecida al trazado vertical, con segmentos en pendientes curvilíneas y con pendiente rectas, por lo general parabólicas. La velocidad máxima de diseño está usualmente referida con el ancho de los carriles de tráfico de ese modo con la sección transversal por adoptar. La velocidad de diseño es la que determina las necesidades de trayecto de mayor o menor en el tránsito y paralelamente a lo largo del trazado la seguridad de la población de la pista

Distancia de parada y tiempo de reacción para frenado

Como perspectiva en seguridad, tiene que diseñarse las vías de acarreo para adecuarse la potencia de frenado de camiones, que tienen la capacidad de frenado que llega la mayoría frecuentemente transversal la ruta del acarreo. Lamentablemente, es mínima que las industrias de camiones determinen de manera eficaz, el potencial de su función y métodos de frenado de urgencia. Ellos por lo general se describen revestimiento, tambor o tamaño del disco, método de actuación y presión del sistema. Pese a que un operador ignore si los frenos del vehículo resistirían en retroceso en el caso de una avería de retardo. Dado a una probable exigencia en usar los frenos de servicio, ya que es la única forma en parar o demorar un vehículo de carga, su rendimiento debe ser precisa y debe considerarse en el proyecto de diseño de seguridad en tránsito de acarreo.

Contemplando las exigencias por los reglamentos de rendimiento de frenos eficaces. La Sociedad de Ingenieros Automotores (SAE, ha realizado los procesos de simulacro y formas de distancia más bajo de parada para los que pesan en el nivel grandes, afuera de la pista y camiones (*Ver Tabla 2.1*). Como recorrido máximo de frenado aceptable en una velocidad con inicio de 20 millas por hora, en una superficie de concreto nivelado, seco, y limpio La SAE indico los valores que se mencionan en: (*Ver Tabla 2.2*)

Tabla 2.1

Distancia de frenado o parada de vehículos

Peso del Vehículo (toneladas)	Distancia máxima de parada del servicio de frenado a 32 Km/hr. (metros)
< 45.35	18
45.35 – 90.7	27
> 90.7 – 181.4	38
> 181.4	53

Fuente: Sociedad de Ingenieros Automotores (SAE)

El adecuado tiempo para que puedan los elementos del mecanismo de frenos esto se define por:

Tabla 2.2

Tiempo de reacción de frenado de vehículos

Peso del Vehículo (libras)	Tiempo de reacción de frenado (seg)
< 45.35	0.5
45.35 – 90.7	1.5
> 90.7 – 181.4	2.75
> 181.4	4.5

Fuente: Sociedad de Ingenieros Automotores (SAE)

Distancia de visibilidad

La distancia de visibilidad de parada. Es la mínima solicitada para que un

vehículo pueda parar previo a un choque con una dificultad situado en su trayecto, sin cumplir la disminución de velocidad inaceptable. Definido el adecuado tiempo de parada, la distancia de visibilidad de parada será en acorde a la velocidad del vehículo.

Por lo cual, establecer adecuadamente una velocidad de propuesta o velocidad ínfima, que logre sostener los vehículos por todo el transcurso de transporte. Esta velocidad es obviamente, mínima a la más alta que logren aplicar los volquetes y estas permanezcan en trabajos de estudios económicos referente a la explotación, los costos de ejecución de obra y mantenimiento de la pista.

Pendiente

Como primer término de diseño es la referente que no son favorables los tramos con enorme inclinación longitudinal, si en su mayor parte son extensos, por el descenso que estimulan en la velocidad de los volquetes al subir, que dificulta en el horario de producción y con efectos negativos en:

- Seguridad, trayectos largos de frenado al descender
- Costos de operación, más gasto de carburante y mayor duración de trayecto. Gastos de mantenimiento, se presentan huellas de roderas.
- No implican, pero, las partes niveladas provocan dificultades de drenaje debido a las lluvias.

Considerando normas **tan solo mecánicas**, las vías en declive que pueden subir y bajar los volquetes son mayores al 20 %; tan solo, por materia de seguridad, hay que ubicar al tope en el 15 % e, igual, en valores menores en lugares con posibilidades de aparición de placas de hielo. incorporando cuestiones de manera económico, se ha demostrado que, excepto sitios tan ubicadas, los declives o pendientes en continuo no tiene que pasar el 7 a 9 %. Referente a la pendiente inferior, el mínimo absoluto se aconseja fijarlo en el 0,5 % (en lugares de

transición de peralte, este mínimo tiene que ser del 1 % por tanto la pendiente lateral de la pista deja sin efecto).

Sección transversal de las pistas

El sector de pistas es servicio a la magnitud de los camiones, de modo que esta sea lo apropiado para que la actividad de transporte se maneje en forma continua y de motivos de seguridad. En torno al total de carriles se dividirá el total del ancho ya dividido, las pistas mineras son diseñadas, habitualmente, con dos carriles, por motivo, a la poca magnitud de tráfico y por el limitado espacio disponible. Por lo cual los tramos afuera de las pistas que acarrear a los depósitos o a las chancadoras primarias, tienen por costumbre diseñar más de un carril en cada dirección. Es poco inusual lograr el uso a un solo carril con desviaciones.

Estabilidad de taludes de corte y relleno

En este aspecto la inclinación de los taludes determina la relación H:V de diseño teniendo en cuenta los parámetros adquiridos de ensayos y cálculos, en base a la práctica del comportamiento de los taludes de corte in situ y/o efectuadas, en suelos o rocas propia de la naturaleza con particularidades geológicas, geotécnicas que se establecen con la misma similitud en situaciones ambientales.

Los taludes de corte recurren a la estabilidad y condición de temperamento del terreno. y como referente (*Ver Tabla 2.3*), que pueden ser aplicadas y adecuados para la clase de material (rocas y suelos). con vínculos de corte en talud para lo posterior.

Tabla 2.3*Clase de terreno*

CLASE DE TERRENO	TALUD (V: H)		
	H < 5	5 < H < 10	H > 10
Roca fija	10 : 1	(*)	(**)
Roca suelta	6 : 1 - 4 : 1	(*)	(**)
Conglomerados cementados	4 : 1	(*)	(**)
Suelos consolidados compactos	4 : 1	(*)	(**)
Conglomerados comunes	3 : 1	(*)	(**)
Tierra compacta	2 : 1 - 1 : 1	(*)	(**)
Tierra suelta	1 : 1	(*)	(**)
Arenas sueltas	1 : 2	(*)	(**)
Zonas blandas con abundante arcillas o zonas humedecidas por filtraciones	1 : 2 hasta 1 : 3	(*)	(**)

(*) Requiere banquetta o análisis de estabilidad. (**) Requiere análisis de estabilidad.

Los taludes de relleno, igualmente, estarán en función de los materiales empleados, pudiendo utilizarse (a modo de taludes de relleno referenciales) los siguientes taludes que son apropiados para los tipos de material (Ver Tabla 2.4).

Tabla 2.4*Clase de Materiales de relleno*

MATERIALES	TALUD (V: H)		
	H < 5	5 < H < 10	H > 10
Enrocado	1 : 1	(*)	(**)
Suelos diversos compactados (mayoría de suelos)	1 : 1.5	(*)	(**)
Arena compactada	1 : 2	(*)	(**)

(*) Requiere banquetta o análisis de estabilidad. (**) Requiere análisis de estabilidad.

Para poder monitorear los sectores con taludes inestables en esta clase de situaciones, se diseñarán resultados de un mínimo coste por lo tanto se analizarán y determinarán medidas a través de:

Métodos de revegetación, métodos físicos como zanjas de coronación, estructuras de contención

SECUENCIA DEL DISEÑO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO DE UN BOTADERO DE DESMONTE

La efectividad para el diseño de un vertedor de desmonte por regla general debemos llevar a cabo:

- Planificación o Planeamiento.
- Perfil o Caracterización de investigación de campo y de lugar.
- Propiedades de los materiales y ensayos.
- Selección o Clasificación de botaderos.
- Permanencia o Estabilidad de taludes (*Ver Figura 2.20*).

Figura 2.20

Secuencia de desarrollo de botadero



Exploración

- Son pocas veces considerados los diseños de almacenamiento de materiales

desde el punto experimental o exploración de un plan minero. Lo ideal es proponer que en esta fase se consideren recursos como: Geología, Climatología, Hidrología, Topografía, etc.

- Las exploraciones mineras actuarían con sensatez, si los encargados responsables de este proceso del proyecto tuviesen la menor información de la relevancia de elaborar un proyecto para recolectar un banco de datos razonablemente sencillo y algo módico.

Prefactibilidad

- Es obligatorio definir las necesidades primordiales para poder apilar el contenido rocoso estéril. mientras realicen las labores de exploración.
- Cantidad y clase de material juntado.
- Búsqueda del material original.
- Modalidad de operación del material que será utilizado.
- Es fundamental revisar: Información y recopilar datos en el periodo exploratoria, planes y ediciones referente al sitio a investigar. Y como topografía, Geología Básica, arqueología, climatología, vegetación, hidrología.
- Inspección de los posibles sitios e información básica de las zonas definidas.
- Revisión previa de sitios que se pueda aglomerar con identidad litológicas y numero, del material rocoso.
- Elaboración de opciones teóricas para fundar viables programas en reducir dificultades de aglomeración.
- Proyecto inicial del posible tipo de vertedero a fundar.
- Fundamentar las posibles causas que puedan intervenir en su construcción y establecer los futuros estudios detallados.

Factibilidad y diseño preliminar

- Identificación y tipificación de sitios de material de las escombreras.
- Identificación e inspección de campo, prospección de trincheras y calicatas, etc. Estas verifican e indican la manera de apilar y la situación de la zona.
- Precisar un nivel de referencia de muestreo y supervisión medioambiental.
- En asunto de las pilas de lixiviación Valorar el número de material a ser erosionado y la estructura del material a ser refinado.
- Con el propósito de identificar propiedades elementales de los materiales como: Resistencia al Corte, Durabilidad, Química. Es necesario el análisis del centro de pruebas de los materiales de la fundación y materiales del botadero.
- Análisis de muestreo de agua subterránea y superficial para fijar un nivel de referencia.
- Valorización previa del mecanismo de fluidez de agua superficial y subterráneo y con pretensión de elaboración de un equilibrio de aguas.
- Para definir parámetros de diseños apropiados, son definidas previas a una investigación.
- Elaborar un esquema previo, de reclamo que sería necesario para definir agendas ambientales y económicos, básicamente para investigaciones próximas.
- Serán recopilados en la Etapa I del reporte el producto de investigación de factibilidad y diseño preliminar.
- Si se detectan deficiencias al realizar el monitoreo del plan quizás sería denegado o aceptado dejando en ver otras investigaciones que serían completados en la **Etapa II.**

- A fin de adquirir la autorización es necesario en detalle el proyecto de diseño
Etapa III.

Estudios geotécnicos de detalle

- Análisis Geotécnicos puntualizados y diseños peculiares serán elaborados por cada estudio, y tendrán el seguimiento en asesoría con los entes públicos o privados de dicho proyecto para su definición.
- Los análisis pormenorizados deben ser contemplados en la exploración de campos suplementarios con el objetivo de realizar una prueba de muestreo extra para el análisis de ensayo.
- La prueba de laboratorio tendría que ser necesarios para corregir el diseño de los parámetros geotécnicos.
- Las estimaciones pormenorizadas de la estabilidad, añadiendo la capacidad máxima y la susceptibilidad podrían ser establecidas.
- Los pormenores de estimación de las opciones de diseño y el refinamiento del enfoque de diseño serían fundamental.
- Mostrar el pormenor del diseño para la medida correctora o mitigadora, evaluación de riesgos y determinación de riesgos.
- Asimismo es requerido los proyectos adelantados de planificación
- de reclamos.

Siempre estos elementos son nexos y definen el botadero con un diseño idóneo.

La Etapa III mostrara el extracto de los informes que serán remitidos al ente gubernamental, por ello facilitan todos los diseños y lo necesario que el gobierno requiere para la protección de un plan.

OPERACIONES PREVIAS A LA CONSTRUCCIÓN DE BOTADEROS DE

DESMONTE

Preparación de la fundación

- Dependiendo de la conclusión de los estudios de campo, del examen de Estabilidad y de la prueba de materiales de Estabilidad.
- Con el objetivo de garantizar que las condiciones in-situ lleguen o superan el diseño y análisis. se debe proceder puntualmente para la mejora de las fundaciones y las orillas.
- Usualmente el estado de las fundaciones sea el caso de suelos muy húmedas, suaves, débiles o pobres es primordial sacar estos materiales.
- La extracción de los materiales será apilados en sitios que estén afuera de la repercusión de los vertederos.

Para establecer la fundación en un botadero se requiere:

Limpieza

- El aprovechamiento del bosque o despeje de toda la tapadera vegetal reinante usualmente no es indispensable, aduciendo con frecuencia la operación de limpieza o explotación forestal que puede alterar y mermar las capas de suelos y como resultado de la limpieza sería un efecto adverso en la estabilidad total de una pendiente.
- La práctica de estudios señala que lo mejor es hacer limpieza de forma total de todo aquel material que pueda causar daño en debilitar suelos ecológicos y zonas afectadas. (talud).

Denudación

- Los taludes de las fundaciones que son en declive serán retirados. Si el grosor del suelo ecológico es menor a 2.0 metros o turba aglomerada en el pilar del

botadero. se debe limpiar todo, con el objetivo de garantizar que el botadero se respalde en torno a una fundación habilitada.

- Con el objetivo de evitar el hacinamiento de agua y pudiendo causar debilidad en suelos ya mencionados. se requiere su nivelación y drenaje al despojar una superficie.
- Es posible construir un botadero sobre suelo suave si el avance del botadero asegura que se está ejerciendo una adecuada carga sobre los materiales subyacentes de tal forma que le pueda otorgar la consolidación necesaria (Construcción en capas).

Drenaje subterráneo

- En superficies que desembocan aguas de profundidad los suelos recargados, se ponen frágiles frente a un volumen de gran magnitud de desmontaje.
- Es inconveniente la remoción de suelos en esa circunstancia.
- La manera más eficaz es crear conductos subsuelo de drenaje o dren francés.
- En corto o largo tiempo, los resultados pueden ser más beneficiosos y asimismo acepta observar la operación de los drenajes.

Pre-capas

- Es vital planificar y preservar la fundación en zonas donde las superficies son blandos y húmedos, que es perjudicial para el sostén de equipos y nuestro objetivo primordial será fortalecer dichos suelos levantando pre- capas entre 5 y 15 metros de espesor
- Normalmente las pre-capas se construyen en el Buttresst de los botaderos y asimismo conocida como toe.

Agua superficial y control de nieves

Control de derivaciones y escurrimientos

Generalmente los vertederos de desmonte en mina cubren extensas áreas y por lo cual se requiere un correcto monitoreo de:

- Los cálculos de la pluviometría con el objetivo de evitar el exceso de los taludes comprometidos.
- Evitar la expansión de terrenos acuíferos en el interno del botadero.
- Resguardo frente la disminución de finos que con el tiempo quizás pueda causar piping.
- Disminuir los terrenos de erosión o el avance de roturas de flujo en torno a la dimensión del vertedero.

Flujo a través de drenajes rocosos

- La ejecución de avenamientos rocosos por intermedio de los botaderos, es convertido en una opción rentable y factible.
- El fluido por medio de drenajes de roca, es ingeniería un tanto novedoso aplicable a escombreras de desmonte que a la larga padecen modificaciones continuas.
- En los años 70 el diseño de drenaje usualmente era para fluidos de agua alrededor de $20\text{m}^3/\text{s}$, pero los estudios de hoy en día están enfocados a determinar si con flujos de $30\text{m}^3/\text{s}$. Un avenamiento de roca funciona.
- Las pruebas de flujos en un drenaje total se contempla tres posiciones:
 - ✓ Volumen de la entrada.
 - ✓ Situaciones de flujo al comienzo
 - ✓ Agenda de riesgos si el flujo alcanza a exceder la potencia del drenaje.

Control de nieves

- Se ha registrado en Canadá que unas de las maneras de rotura suceden en temporadas tardías de primavera y verano. Y lo más común son rotacionales y no rotacionales.
- La existencia de materiales finos con mezcla de la fusión de hielo y nieve quizás sean las razones de varias falencias.
- Consiguen disolverse sin demora la nieve y el hielo por lo cual esto con lleva a formar zonas debilitadas.
- Por Ello es conveniente aplicar las pausas a seguir:
 - ✓ No situar el material de residuos en áreas que la nieve tenga un grosor significativo.
 - ✓ No situar la nieve en direcciones de avenamiento que se depositaran desmontes.
 - ✓ La evolución del botadero tendría que ser proyectado, de modo que cuando llegue el invierno muestre caras que expone al viento.

MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN PLATAFORMAS

Varios botaderos fueron edificados en capas con espacios superior a 10 metros de forma perpendicular

- El objetivo de la elevación de las plataformas es disminuir el traslado recto.
- Un botadero está sujeto, a la anchura y extensión de la plataforma y altura entre capas para su estabilidad.
- Si hay lugares libres las plataformas dan lugar a arcenes amplias y por lo tanto los ángulos de talud final tendrá una pendiente más reducida.
- Si entre las plataformas hay lugares amplios y el grosor de las capas es

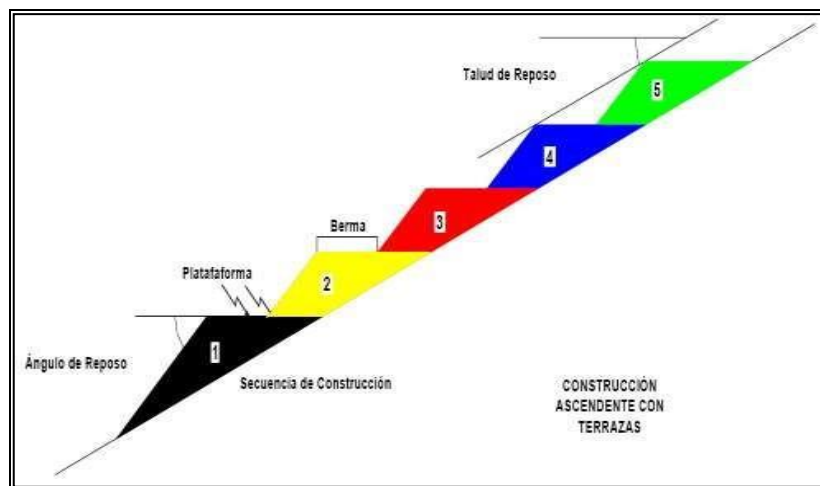
reducido, la carga colocada en el terreno se reduce y el resultado de este, puede ser un índice que ayude al aumento de compresión en suelos repletos.

Construcción ascendente

- Otros optan por este sistema ya que la edificación se procede de abajo hacia arriba, aquí la capa edificada se sujeta inmediatamente o se apoya en una capa anterior; por lo tanto, el toe siempre está sobre la plataforma.
- Alguna rotura se solucionará dentro la capa edificada anteriormente (*Ver Figura 2.21*).

Figura 2.21

Construcción ascendente de Botaderos



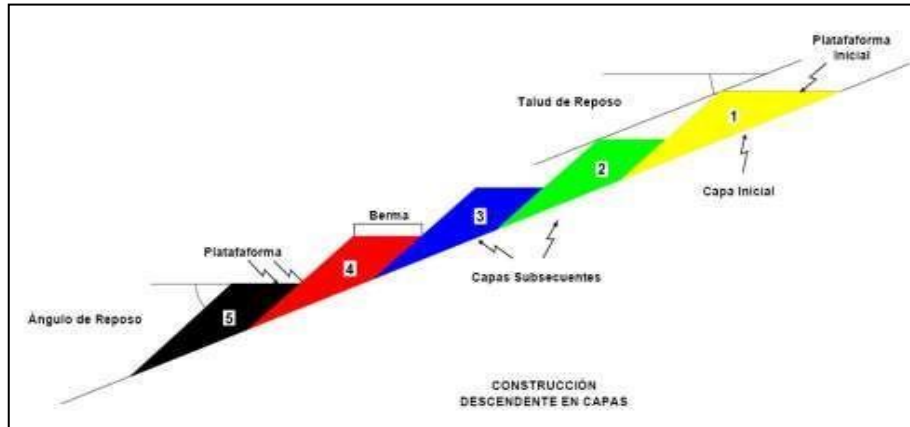
Fuente: Universidad de Atacama-Chile

Construcción descendente

- La edificación en capas hacia el inferior se desarrolla de fase arriba hacia abajo.
- Desde una perspectiva financiera esta clase de construcción es positiva.
- El control que se tiene sobre la fundación tiene que ser definida (*Ver Figura 2.22*).

Figura 2.22

Construcción descendente de Botaderos



Fuente: Universidad de Atacama-Chile

Monitoreo de botaderos

- Es un trabajo diario que se basa en vigilar el reparto de materiales en las diferentes frentes de desembarque y en todo el marco de la cresta.
- Así mismo, se basa en cerciorarse el desarrollo del mecanismo de labores, esto dependiendo de la compañía minera
- Como causa evidente de la edificación de botaderos es entendible que provoquen vibración en estas enormes edificaciones, por lo mismo, para evaluar los rangos de movimiento. seria obligado colocar equipos tecnológicos exclusivos y sencillo
- Fisuras en las plataformas.
- Revisar el ángulo de reposo e hinchazón del vertedero en las caras de los taludes.
- Evitar la acumulación de material en un solo frente de descarga.
- Reubicación de extensómetros.
-

Clases de material

Las clases de material pueden estar compuestas de rocas con diámetros de 40 – 80 cm que podemos considerarlos como buen material, el material mezclado que puede ser de las deposiciones geológicas recientes (cuaternario) y las de mal material que son la capa superior de la corteza terrestre (Ver Figura 2.23).

Figura 2.23

Clasificación de materiales



Descargas de material

- Estarán sujetos los métodos de desembarque, Según cada empresa minera.
- Por ejemplo, en Antamina, no se desembarca en el frontis de labores.
- Los vigilantes verifican si hay o no fisuras en las plataformas.

Agrietamiento de crestas y plataformas

- El incremento de un botadero requiere la evolución normal de fisuras a nivel de plataformas y crestas.

INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA

- El dispositivo más usual para implementar un botadero son los extensómetros de cable.
- Por lo cual en la plataforma y crestas de un botadero. permite medir los movimientos en vertical y horizontal.

- No permiten medir direcciones estos dispositivos.

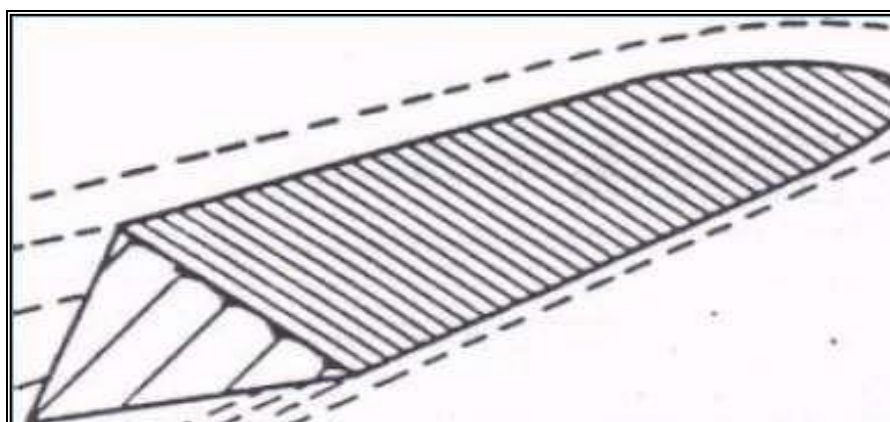
OTRAS CLASIFICACIONES DE BOTADEROS

Relleno de valles

- Las montañas son saturados en forma completa o incompleta.
- Los terrenos del botadero tendrán que ser paulatinos, con el objetivo de prevenir amontonamiento de agua al inicio del valle.
- No se puede completar la construcción del botadero sin antes construir sistemas de drenaje: cunetas de coronación y drenes franceses que dependerán del tamaño y características aguas arriba del lugar (*ver Figura 2.24*).

Figura 2.24

Relleno de valles



Fuente: Universidad de Atacama-Chile

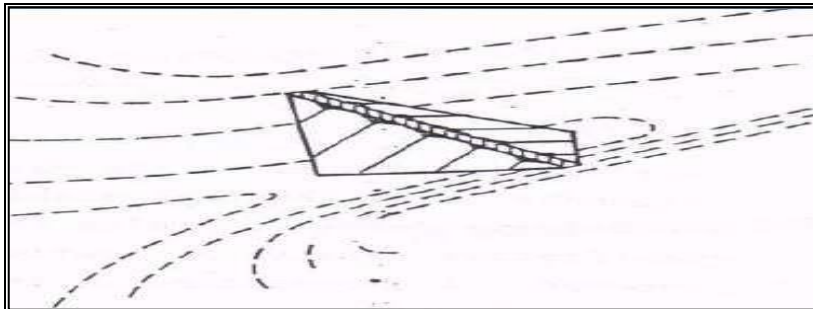
Relleno a través de valles

- Es tan solo una alteración de almacenamiento de valles.
- Tan solo el almacenamiento pasa el valle y el avenamiento tranquilo en la cuesta del frente.
- La zona indicada aguas arriba del valle generalmente no está almacenado.

- Es muy importante enfatizar el tratamiento del agua ya que será necesario construir el botadero con drenajes de fondo (drenes franceses), alcantarillas o simplemente desarrollar la construcción de un botadero con material lo suficientemente grueso como para asegurar el flujo a través de él (*Ver Figura 2.25*).

Figura 2.25

Relleno a través de valles



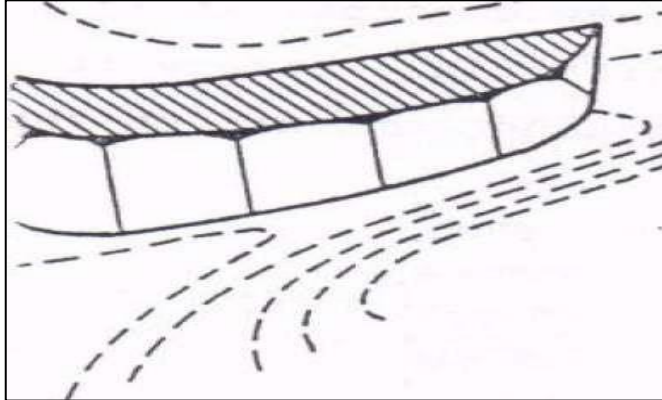
Fuente: Universidad de Atacama-Chile

Relleno de media ladera

- Son escombreras edificadas en declive cual descarga no cierra la vía fluvial.
- Generalmente son botaderos en declive.
- El botadero deberá descansar en la dirección de la fundación y su pata es recomendable que descansa sobre el talud natural o en terrazas inferiores que no comprometan cauces de agua (*Ver Figura 2.26*).

Figura 2.26

Relleno de media ladera



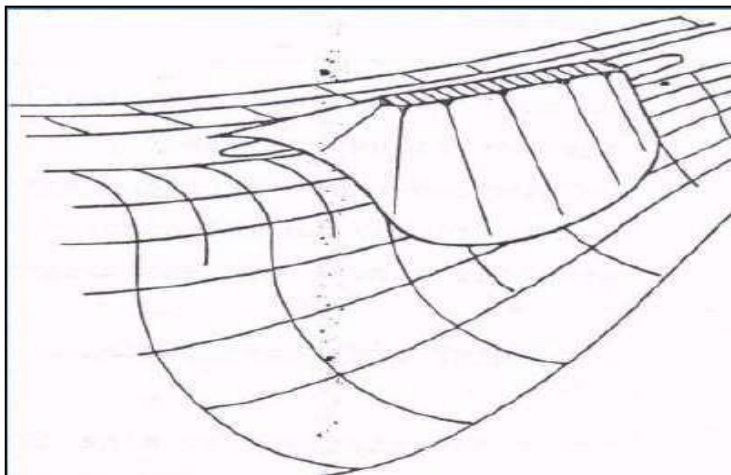
Fuente: Universidad de Atacama-Chile

Relleno de cresta de montaña

- Es un caso particular de botaderos de almacenamiento de media ladera.
- En este caso el botadero se desarrolla a ambos lados de la cresta (Ver *Figura 2.27*).

Figura 2.27

Relleno cresta de montañas



Fuente: Universidad de Atacama-Chile

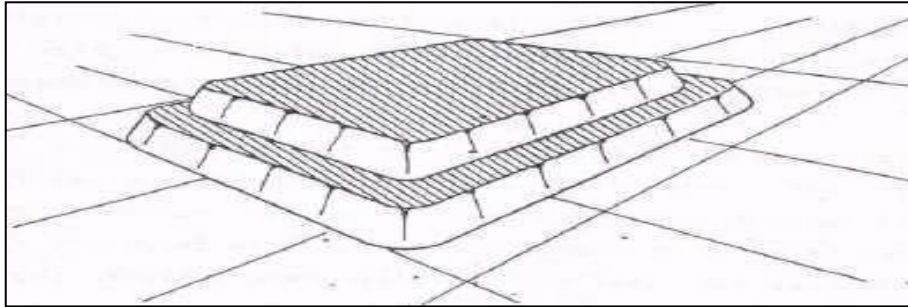
Relleno de acopios

- En superficies planas son edificadas los botaderos.

- En todas sus direcciones son edificados estos botaderos.
- Son llanas o escasamente inclinadas, las fundiciones.
- Son el caso de las Pilas de Material (*Ver Figura 2.28*).

Figura 2.28

Relleno de acopios



Fuente: Universidad de Atacama-Chile

FACTORES QUE AFECTAN LA ESTABILIDAD DE LOS BOTADEROS

Configuración del botadero

- Volumen: Comúnmente mencionado en metros cúbicos.
- Altura: diferencia vertical desde el suelo del terreno a la cresta del botadero.
- El índice del ángulo de reposo de los materiales en los botaderos es 37° . Ángulos superiores a 37° serían contemplados como botaderos sobre pendiente y estas se relacionan con la clase de materiales que son evacuados.
- Ángulo del Talud: Es el ángulo total calculado desde la cresta hasta el pie del botadero. Generalmente el ángulo aprobado es de 26° , esta cifra va ligado con el método de reclamación.
- Botaderos Grandes: Superior a 50 millones de volumen.
- Botaderos Pequeños: Menos a 1 millón de volumen.
- Botaderos Medianos: oscilan a 1 millón y 50 millones de volumen.

Fundación de los taludes y grado de confinamiento

- Las dos razones alteran la solidez de los vertederos.
- Fundaciones de taludes muy en pendiente y sin espacio confinado son aspectos de grave peligro y son señaladas causas de fallas relevantes.
- Una posición positiva sería la reducción del ángulo en la base del botadero y el encierro tridimensional del mismo.
- Donde el valle es sinuoso el botadero tomará la configuración del valle

Condiciones de la fundación

Por lo general son consideradas como factores clave en la estabilidad general del botadero.

Tipos de Fundaciones:

- **Competente:** Botadero construido sobre roca apropiada o suelo con igual o mejor solidez que los materiales del vertedero por lo tanto es duro y resistente la formación de tensión de poros o la disminución de resistencia por el crecimiento del lastre.
- **Intermedia:** En este efecto el material se fortalece y lograra solidez a la larga, pero, es propenso a provocar presiones de poros y disminuye su resistencia si es rellenado sin demora.
- **Débil:** Los materiales son frágiles y no logran proteger buenos límites de resistencia al corte, se tratan de materiales que no logran una resistencia importante con afianzamiento por la carga. Esta dificultad es muy usual en las arcillas y son materiales altas tensiones de poros o vulnerables a licuación.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

- **Propiedades como:** Resistencia al corte, durabilidad, Gradación, etc. Son

reconocidas como factores importantes en la estabilidad (Singhal, 1988; Golder Associates, 1987; Tassie, 1987; Robertson, 1986; Caldwell and Moss, 1981; Blight, 1981).

- Es muy importante considerar los siguientes factores en la calidad de los materiales en los botaderos: Dureza, granulometría y contenido de finos.
- Estos factores normalmente tienen relación a las minas metálicas.
- Es fundamental identificar los elementos del macizo rocoso emergiendo in-situ que son explorados.

PIEZOMETRÍA Y CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS

- Es primordial tener en cuenta los estados climatológicos del tiempo.
- En situaciones graves se incrementará un suelo acuífero en el interior del botadero y si esta se cruzan un talud adyacente al ángulo de reposo podría suscitar suelos precarios.
- El agua podría penetrar de frente en el cuerpo del botadero hasta alcanzar la topografía principal y sin obstáculos poder manar por el vertedero.
- Es fundamental aplicar las técnicas hidrogeológicas e hidrológicas recabadas en los estudios de campo para precisar el influjo potencial y las situaciones piezométricas al interior del botadero.
- Se requiere dar forma la conducción de los flujos subterráneos. donde se sospecha que se puedan formar suelos acuíferos en el interior del botadero.
- La formación de presiones de poro elevadas colabora a la conmoción o inestabilidad.
- Será preciso calcular la potencia sectorial donde se manifiestan presiones de

poro para determinar su disolución.

- Es fundamental tener en cuenta algunos sectores donde la fundación de los vertederos ubique morrenas deformables, materiales finos, etc.
- Es fundamental tener en cuenta la transición de hielo derivado de la nieve que pueda crear agua colgada y por tal razón aumente el nivel de presiones de poro que luego provoque desprendimientos.

SISTEMA AUTOMATIZADO PARA MONITOREO DE TALUDES

El avance tecnológico brinda facilidades de captar una amplia información de datos con una participación reducida de humanos. Esto nos brinda oportunidad para enfocarnos en la información explícita de un entorno de rendimiento, activo y de movilidad rápida. los factores principales son:

- El uso para el control de grandes y pequeños rajos mineros y estimaciones de volumen.
- Mecanismo independiente portátil que puede trasladarse en zonas de conexiones restringidas.
- Veloz y total cobertura a áreas visibles.
- Autocorrección atmosférica.
- No necesitan prismas.
- Control mediante mallas de saneamiento y vegetación.
- Manejo automático.
- Se necesita poca capacitación.
- Sin esfuerzo exportas datos a otros programas.

2.3. Definición de términos básicos

- **Alteración.-** Modificación de las rocas y minerales por acción de las propiedades de erosión: agua, viento, hielo, sol, etc. Sinónimo: Meteorización, Intemperismo.
- **Bloque.-** Trozo o fragmento de roca de tamaños superiores a 20 cms. de calibre .
- **Cizallamiento.-** Proceso de fracturamiento de las rocas causado por los efectos tectónicos.
- **Compactación.-** reducción del espesor o la presión de potencia de la secuencia estratigráfica por el volumen de piedras gigantes suprayacentes.
- **Deformación.-** Variación que sufre un material o una roca por actividad de uno o demás esfuerzos.
- **Deformación elástica.-** Cuando una roca se desfigura por acción de un esfuerzo, y al terminar dicho esfuerzo la roca o material desfigurada vuelve a su forma original.
- **Deformación plástica.-** cuando una roca o material se desfigura por acción de un esfuerzo y al terminar dicho esfuerzo la roca o material cambiado mantiene su deformación.
- **Desplazamiento.-** Es el trayecto que transita un bloque rocoso mediante un plano de movimiento.
- **Evaluación de Riesgos:** Brinda información indispensable para la empresa y esta pueda determinar decisiones adecuadas de prioridad, oportunidad, y maneras de recursos cautelares que pueda aplicar. Esto es un procedimiento que se realiza después a la detección de los peligros que permite medir el nivel de gravedad y grado de lo mencionado.

- **Gestión de Riesgos:** Es el proceso, que faculta después caracterizado el peligro, el cumplimiento de los procesos apropiados para la reducción mínima de los establecidos riesgos y atenuar sus efectos, cuando se logran las conclusiones deseadas.
- **Identificación de Peligros:** Proceso por el cual se detecta y ubica que está en curso un peligro y se precisan sus características.
- **Riesgo:** Posibilidad de que se materialice un peligro en unas condiciones determinadas y tenga consecuencias de perjudicar a al medio ambiente las personas y equipos.
- **Seguridad:** Son funciones de medidas y actividades que facultan laborar al trabajador en situaciones seguras y protegidas para cuidar y proteger su salud, salvaguardar los materiales y recursos humanos, como ambientales y personales.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

La evaluación geotécnica determina el diseño óptimo del depósito de desmontes en la Mina Shalca.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- La disposición del depósito de desmonte en ladera es la adecuada para su construcción.
- El muro de contención en sistema de gaviones es el sistema que mejor se adecúa y adiciona condiciones que permiten garantizar la estabilidad del depósito de desmontes.

- Las estructuras geológicas en el área de estudio implican un impacto negativo en la estabilidad del depósito de desmontes.

2.5. Identificación de Variables

2.5.1. Variable Dependiente

- Diseño del depósito de desmontes

2.5.2. Variable Independiente

- La evaluación geotécnica.

2.5.3. Variable Interviniente

- La geología local.

2.6. Definición Operacional de Variables e Indicadores

Tabla 2.5

Operacionalidad de variables e indicadores

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos de investigación
Variable independiente: Evaluación geotécnica	Conjunto de actividades que comprenden la investigación del subsuelo, los análisis y recomendaciones para el diseño y construcción de la obra, con el fin de garantizar su estabilidad.	Parámetros geotécnicos de los componentes del depósito de desmonte	Parámetros de resistencia del suelo de cimentación	Ensayo de Compresión triaxial
			Parámetros de resistencia del material de desmonte	Ensayo de Compresión triaxial
			Parámetro de resistencia del maciso rocoso	Ensayo de compresión simple Ensayo de Compresión triaxial
			Clasificación de suelos	Ensayos de laboratorio - Clasificación SUCS
		Análisis de cimentación	Cargas transmitidas	Esfuerzo aplicado por área (Kg/cm ²)
			Tipo de Cimentación	Excavaciones y observaciones de campo
			Capacidad portante	Cálculo de la capacidad portante admisible
			Acentamiento total	Análisis de asentamiento elástico
		Análisis de estabilidad física	Estabilidad física del depósito de desmontes	Cálculo del Factor de Seguridad
			Estabilidad física del muro de contención	Cálculo del Factor de Seguridad
variable dependiente: Diseño de depósito de desmonte	Es la proyección de un determinado depósito de desmonte a partir de estudios y datos específicos.	Fisiografía de la zona del Proyecto	Topografía Hidrología	Recopilación de información y observaciones en campo
Variable interviniente: Geología Local	El estudio geológico realizado a escala de proyecto, en el que se define o describe la conformación y características geológicas de la zona de estudio.	Litología	Textura	Recopilación y análisis de información geológica de la zona de estudio
			Mineralogía	
		Alteración	minerales de alteración	
			Intensidad de alteración	
Estructuras	Tipo de estructura			

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

Según su fin es **aplicada**, debido a que se aplican conocimientos adquiridos mediante toma de datos para el diseño de depósito de desmonte.

3.2. Nivel de Investigación

El proyecto se ha elaborado en base a tres niveles:

- **Nivel Exploratorio:** debido a que se usaron datos de investigaciones realizados por otros autores, así como el estudio de sismicidad, que detalla 3 zonas sísmicas en el territorio nacional, también se tomaron datos de campo, con el fin de obtener información y diseñar el botadero.

- **Nivel Descriptivo:** Descripción detallada de los componentes del depósito de desmontes.
- **Nivel Explicativo:** Definiremos los efectos que implican la evaluación geotécnica del área de estudio.

3.3. Método de Investigación

Se desarrolló una **investigación cuantitativa**, describiendo y explicando las características geotécnicas de los componentes del botadero en el área de investigación, a través de la toma de datos e interpretación.

La ejecución del presente tema de investigación se desarrolló en tres fases; Compilación de datos, trabajos de campo y trabajos de gabinete (oficina).

3.4. Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es **No Experimental**, debido a que no se hacen variar de forma intencional las variables independientes (La investigación geotécnica) para ver su efecto sobre otras variables (Diseño del depósito de desmontes), sino que se observaran las características geotécnicas del área en su contexto natural, para posteriormente ser analizados con el propósito de generar el diseño del depósito de desmontes.

3.5. Población y Muestra

En la investigación, la población son los macizos rocosos y suelos del área de influencia para la construcción del depósito de desmontes.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Toma de muestras y datos in situ, estudio y compilación de investigaciones geológicas del distrito minero.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

En un Programa de diseño, se desarrollaron gráficos y planos; concluidos los trabajos de campo, se ha procedido a elaborar una base de datos para posteriormente analizarlos a partir de resultados de laboratorio y la aplicación de programas de cómputo como SLIDE 5.0, GAWACWIN y HCanales.

3.8. Tratamiento Estadístico

Los cálculos se efectuaron usando fórmulas para cada caso, como de la teoría de Terzaghi modificado por Vesic, para calcular la Capacidad Portante Admisible; la Teoría Elástica aplicada por Lambe y Whitman (1969), para el cálculo del Asentamiento; así como cálculos de Factores de Seguridad reportados por el Programa de cómputo SLIDE 5.0 y el Software GAWACWIN; de la misma manera se usó el software HCanales para el dimensionamiento de cunetas de sistemas de drenaje y subdrenaje.

CAPITULO IV

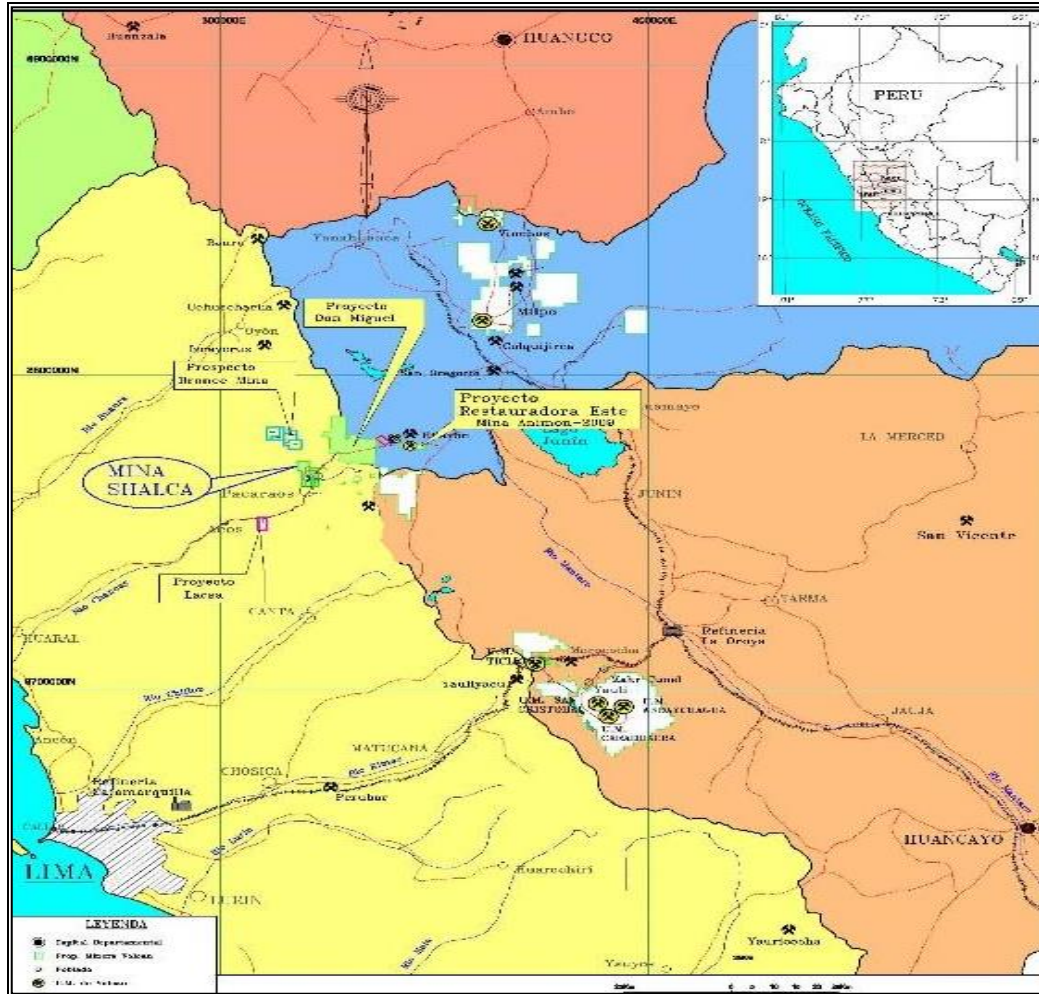
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Ubicación

El Proyecto Shalca se ubica en el estado de PERU en el distrito de Pacaraos, provincia de Huaral, departamento de Lima, Geográficamente se ubica en las coordenadas UTM: a una altura de los 3,900.0 y 4,800.0 m.s.n.m, por el N 8'770,900.0 y por el E 320,100.0.

Figura 4.1
Mapa de ubicación



Fuente: Volcan Compañía Minera - Proyecto Shalca

4.1.2. Accesibilidad

Desde la ciudad de Lima hasta el proyecto de exploración Shalca es por vía terrestre contando con tres rutas de acceso, cuyos trayectos son:

Tabla 4.1*Rutas de accesos al proyecto***RUTA 1:** Distancia 180 Km en 5:00 horas

DE	A	VIA
Lima	Huaral	Carretera asfaltada
Huaral	Pacaraos	Carretera afirmada
Pacaraos	Proyecto Shalca	Trocha carrozable

RUTA 2: Distancia 259 Km en 7:00 horas.

DE	A	VIA
Lima	La Oroya	Carretera asfaltada
La Oroya	Cerro de Pasco	Carretera asfaltada
Cerro de Pasco	Animon	Carretera afirmada
Animon	Pacaraos	Trocha carrozable
Pacaraos	Proyecto Shalca	Trocha carrozable

RUTA 3: Distancia 344 Km en 9:00 horas.

DE	A	VIA
Lima	Canta	Carretera asfaltada
Canta	Animon	Carretera afirmada
Animon	Pacaraos	Trocha carrozable
Pacaraos	Proyecto Shalca	Trocha carrozable

4.1.3. Reseña Histórica

Hace 60 años aproximadamente la mina de Shalca tuvo una explotación de minerales polimetálicos donde laboraron en cierta medida la parte alta de la mina, en aquellos tiempos por la Sociedad Minera Rio Pallanga y la Mina Santa Rosa

la Compañía Minera Volcan obtiene dicho proyecto y a partir del año 2006 empieza varios trabajos de exploración superficial y desde hace poco comienza con la etapa de exploración de 1900 m. de perforación diamantina incluyendo, realizar labores de reconocimiento subterráneo, restaurando los niveles superiores que fueron muestreados y mapeados.

4.1.4. Fisiografía

En el nivel más bajo del área de la concesión se observa un paisaje típico de montaña alto-andino con relieves escarpados formado por las estrechas y profundas quebradas con vegetación arbustiva. En el nivel superior (4,500.0 m.s.n.m.) se observa un paisaje de montaña con escasa vegetación y de difícil acceso.

El área de influencia directa del proyecto presenta una topografía abrupta con zonas escarpadas (aproximadamente un 35% del área total del proyecto), los cerros son altos con desniveles de hasta de 1000 m., alternada por escasas llanuras y colinas; presenta pendientes pronunciadas, con altitudes que van desde los 3,200.0 m.s.n.m. (Quebrada Chancay) hasta los 4,500 m.s.n.m. (planicie elevada), existen algunos picos con 4,700 m. de altitud.

En el área de influencia indirecta o inmediata al proyecto de exploración de Shalca, no presenta zonas agrícolas. Las nacientes del Rio Vichaycocha y Shipra que también están en el área de influencia indirecta del proyecto tributa y aguas más abajo conforma el río Chancay, y este río desciende hasta el océano con una orientación S-W, perpendicular a la línea de costa.

4.1.5. Geomorfología

El área de estudio se encuentra en la unidad geomorfológica de Puna, superficie de erosión (glaciación pleistocénica) que esencialmente es una penillanura cuya altitud oscila entre los 4200 y 5000 msnm.

En la zona de estudio la superficie Puna de un modelado glaciar está afectada por la etapa posterior de erosión tipo Cañón, siendo cortada por laderas abruptas de 2000 m. o más en las márgenes de los ríos.

Figura 4.2

Cerros con laderas abruptas, etapa “cañón”, se observa el sinclinal con la presencia de la formación Chimú y las secuencias calcáreas superiores en él, también se puede observar los estratos verticales indicando presencia de fallamiento.



La morfología abrupta del sector está definida por la presencia de unidades competentes en el sector, tal es el caso de las formaciones Chimú y Jumasha ubicados en los núcleos de los anticlinales y sinclinales respectivamente (*Figura 4.2*).

4.1.6. Drenaje

En la región el avenamiento es de red fluvial densa y ramificada (diseño dendrítico) el drenaje en la zona local se sitúa en las cañadas Huanin y Huayla, por lo cual drenan para el Río Shipra, por último verter en el Río Chancay que se conecta a la vertiente del Pacífico. es de 4,020.0 m.s.n.m el promedio de altitud de la zona de estudio.

4.1.7. Geología Regional

La zona del proyecto Geológicamente está situada la mayor parte sobre la formación volcánica Calipuy que forma parte a la evolución del cuaternario y sobre las formaciones Jumasha y Pariatambo.

Desde el punto de vista geológico regional, en esta zona se han detectado dos clases de rocas (volcánicas y metamórficas) que pertenecen a la formación Chimú y resultados efusivos del Volcánico Calipuy.

Formación Chimú:

Establece una unidad de una potente secuencia en el Perú central. Por lo general tiene 500 y 700 m de espesor, torno a la zona de investigación es presente invariablemente en anticlinales que tal vez están o no están en falla.

Petrográficamente la formación consiste de una ortocuarcita de grano medio, que, de todas maneras, fueron recristalizadas, tener las características completas en muestra de mano de una cuarcita metamórfica. Al interior de las capas arcillosas de transición a la formación oculta, afloran lechos de carbón, dificultando mapear la conexión entre las dos unidades. Se produce esta formación en bancos con casi 3 metros de grosor, con estratificación cruzada y muy fracturada y diaclasada. Dado a su naturaleza intensa, todo el tiempo forma los sitios empinadas de los cerros, y como están estos modelados completamente

en esta formación dan a conocer una topografía por lo general escarpado. Corresponde al valanginiano del cretáceo inferior dicha formación

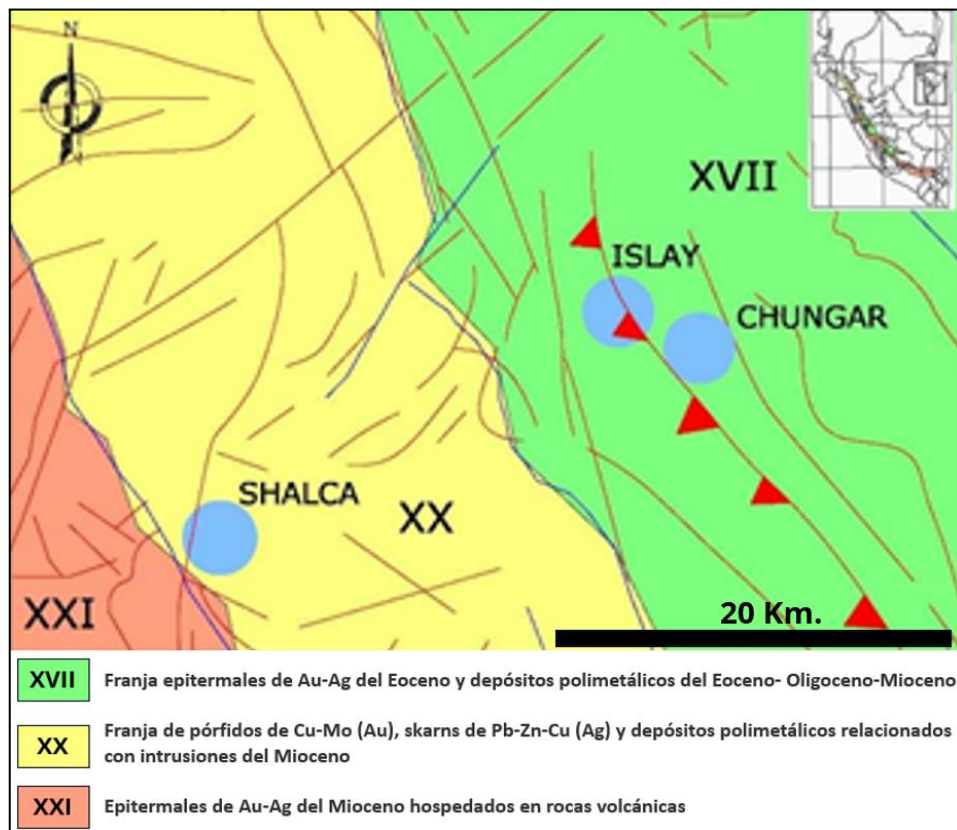
Volcánico Calipuy

El informe de este elemento en mención se detalló en la parte que corresponde a la zona de los volcánicos de la sierra.

Este elemento descansa con mucha divergencia sobre el control tectónico del cretáceo. En este lugar la Formación no es sólida, contando quizás con unos 500 m, Por lo cual con esto indica que fue perjudicado por un gran movimiento erosivo si se realiza un contraste regional, fundamentando por restantes que facultan terminar que previamente tenían que atender, al menos, gran parte del lugar.

Figura 4.3

Mapa Metalogenético



4.1.8. Geología Local

En el Proyecto Shalca con relación a la mineralización es de tipo polimetálica, relleno fisural (vetas). La veta se ubica en tobas y cuarcitas brechadas. La alteración dominante en las estructuras es la argilización. La argilización moderada y fuerte se encuentran en las cajas (tobas andesíticas) con disseminación de pirita, óxidos de Fe y Mn. y vetillas de cuarzo hialino.

La mineralización principal de mena es galena, esfalerita, La ganga es por lo general cuarzo, en cristales y masivo.

la galena normalmente se encuentra en forma masiva y de vez en cuando en cristales cúbicos pequeños en vetillas y disseminado, de igual modo la esfalerita aparece en cristales, de forma masiva y medios disseminados.

Desde un punto de vista geológico local de Exploración Proyecto de Shalca, su mayor parte se desarrolla en las cuarcitas y ortocuarzitas de la Formación Chimu y en las secuencias volcánicas (lavas andesíticas y tobas) del Grupo Calipuy y Cuaternario.

En la zona se encuentran areniscas y granos con espesor medio de cuarcíticas a ortocuarzitas y cuarcitas, con estructuración diaclasada y muy fracturada cruzada, en paralelo con lutitas y areniscas grises a gris oscuro de grano fino y medio en estratos de 0.05 a 0.10 m. de distancia, con lentes de carbón antracítico, Dicho cadena y proceso tiene inclinación de 40° a 75° NE – SW y una ruta normal de N 30° W.

Está constituido esta formación por lugares que dificultan el acceso, con una topografía escarpada, por ello el proyecto comprende alrededor de un 35% del área total.

Se contemplan en el sector oeste del área inmensos afloramientos de acumulaciones de lavas y tobas volcánicas compuesto por traquitas, con tono

beige, pardo rojizo y gris verdoso, supuestamente muestran estratificación de ruta N 30° W en grosor y fina media e inclinación entre 45° a 60° SW que son de la formación Chimú. subyacentes a las cuarcitas

En la zona investigada, normalmente las lavas andesíticas tienen cristales que no son visibles, y estos afloran o brotan en forma de mantos. no se detectaron centros volcánicos que mantenían al Volcán Calipuy, y por último, actualmente el cuaternario está cubriendo extensas áreas, obstaculizando así el rastreo en superficie de afloramientos estructurales.

4.1.9. Litología

A grandes rasgos se encuentra en la formación Chimú lutitas negras, carbón, cuarcitas y areniscas, intruidas por apófisis andesíticas impregnadas en el anticlinal asimétrico Shalca, También del grupo Calipuy se tienen tobas andesíticas, alcanzado en la zona un 80%; de una posible estratificación de afloración; y el restante se cubre por almacenes de flora silvestre o cuaternarios.

Las cuarcitas (Ki-fch-c): Se presentan interpuestas por otros elementos. básicamente siendo rico en las orillas Sureste y Noreste de la zona mapeada. En aquel lugar los bancos tienen de 0.20 m a 2.00 m de potencia. Con estudio de la distribución estadística. Está constituida por fuertes crestones a la descomposición y desgaste, teniendo una tonalidad blanco – rosácea.

Las Lutitas negras (Ki-fch-I): Se han mapeado lutitas negras y carbón bituminoso con numerosa propagación de pirita. Se encuentran a la vista fundamentalmente del anticlinal asimétrico en sectores laterales con tonalidad de gris oscuro al intemperismo y de 0.10m a 20.0m de potencia


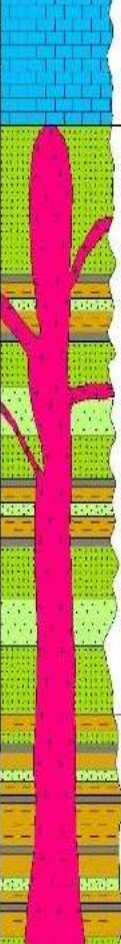
Las areniscas (Ki-fch-a): Las areniscas son cuarzo - feldespáticas, de granulometría fina a media. En este grupo los estratos de areniscas grises de grano grueso caracterizado de las sucesiones sedimentarias, planteadas en el proyecto

Shalca. Estos son intraformacionales de horizontes delgados que generan pliegues de una potencia de 0.20 metros a 0.50 metros.

Las tobas andesíticas (Tim-tb): Aflora en el extremo Oeste y Suroeste del proyecto Shalca, sobre ellas yacen las cuarcitas de la formación Chimú. Las rocas piroclásticas básicamente tienen la textura ocoital con aparición casual de fiambres de una máxima de 0.50 m. de dimensión.

El stock hipabisal andesítico (Tim-an): Su afloramiento de estas se encuentran en el proyecto Shalca al Noroeste y Noreste, es ahí donde se aprecian pequeños afloramientos andesíticos. En especial todo el eje del anticlinal asimétrico. En el área restante afloran extensas apófisis pequeños. Las rocas hipabisales son de textura típicamente afanítica con líticos subangulosos.

Figura 4.4
Columna estratigráfica

UNIDADES CRONOESTRATIGRAFICAS			UNIDADES LITO ESTRATIGRAFICAS		
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	FORMACION	LITOLOGIA	DESCRIPCION
CENOZOICO	CUATERNARIO				Depositos clásticos – coluviales
		INFERIOR	GALIPUY		Tuffs andesíticos estratificados, intercalaciones de lavas andesíticas
MESOZOICO	CRETACICO	INFERIOR	Fm. Saarba		Calizas de color gris a gris oscuro. Los afloramientos más expuestos se ubican al este y noreste de área.
			GPO. GOYLLARISQUIZGA	Fm. Chimú	Quarzos y amonocitos, intercalaciones de areniscas, horizontes de lutitas gris oscuras con lentes de carbón entraxialico.
			Fm. Oyón		lutitas gris oscuras – carbonosas – con intercalaciones de carbón entraxialico, hiello, horizontes de areniscas y cuarzos.

Fuente: Volcan Compañía Minera – Proyecto Shalca

4.1.10. Geología Estructural

Comprende los siguientes factores estructurales: discontinuidades, fallas geológicas, orientación de los estratos, pliegues y pseudo estratos. Influyen los planos de discontinuidad sobre la estabilidad del macizo rocoso en las perforaciones, basándose en los factores de espaciamiento, cifras de familias y orientación.

Los indicadores que tienen principal incidencia de sus características del rocoso macizo son su peculiaridad y la discontinuidad por lo mismo que en las estaciones micro tectónicas se contemplan estos factores muy necesarios en común con propiedades del relleno. fracturación, continuidad, alteración de las cajas y separación.

4.1.11. Estructuras con incidencia en el diseño del botadero

Tenemos Los sistemas de fallamiento, de fracturamiento y de filones hidrotermales como también el anticlinal asimétrico.

Sistema de fallamiento:

Se tiene dos sistemas, el primero tiene buzamiento 58° - 80° NE y un rumbo de N 40° - 55° W de gran dominio en el proyecto Shalca y concordante con el sistema andino. El segundo método tiene buzamiento 78° - 86° SE y de rumbo N 45° - 70° E, por lo tanto, cambia al anticlinal asimétrico Shalca. asimismo, notan fallamiento sinextral en la parte central y fallamiento dextral en los límites del proyecto.

El sistema de filones hidrotermales:

2 sistemas de filones hidrotermales. El primero con buzamiento 79° SW y rumbo N 10° W, equivalente al eje del anticlinal asimétrico, ligado en el proyecto Shalca, con una rentable minería, Segundo método, pertenece a un fallamiento

tensional, buzamiento 48° SW y de ruta N 70° W.

El sistema de fracturamiento:

Es transversal al rumbo de los estratos. buzamiento 70° - 85° SE y de rumbo N 60° 80° E.

El anticlinal asimétrico:

Se ubica el yacimiento a través de una anticlinal asimétrico con orientación de la superficie axial promedio N 40° W y entre 50° a 58° SW y 62° a 70° NE de inclinación. El flanco Noreste muestra una sucesión invariable de areniscas, carbón, lutitas y cuarcitas con inclinación de ángulo promedio de 65° NE y con dirección de N 40° a 45° W ligeras ondas.

Por otro lado, el lateral Suroeste muestra completo el abanico litológico antes indicado con inclinación de ángulo promedio de 48° SW y con dirección de N 40° a 45° W, con coberturas completas de andesíticas que muestran una pseudo estratificación con inclinación de ángulo promedio de 35° SW y con dirección N 35° W.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

4.2.1. Investigaciones Geotécnicas

La realización y desarrollo del proyecto en mención se ejecutó un plan de investigaciones o estudios geotécnicas de campo con el objetivo de analizar las propiedades y características de la cimentación y materiales, ubicadas en el área del vertedero de residuos. Las investigaciones en el campo corresponden a Ensayos de Penetración de cono Peck, Ensayo de Penetración Estándar (SPT), prospección en calicatas, también se sacaron muestras características de material y de terreno de cimentación de desmonte para realizar los análisis de laboratorio para precisar la estabilidad y resistencia de talud en el parámetro geotécnico.

4.2.1.1. Investigaciones geotécnicas de campo

Para identificar las propiedades físico-mecánicas más representativas de material y la cimentación de desmonte se aplicaron varios sistemas de estudio de campo. El sistema aplicado es de acuerdo con la medida de la resistencia que aporta el suelo al aumento del ensayo de penetración del cono Peck, así como el ensayo de penetración estándar (SPT) y ensayos de permeabilidad. Así mismo se desarrolló prospecciones de trincheras, calicatas para desarrollar el perfil estratigráfico de suelo y poder precisar los parámetros geotécnicos, se realizó el respectivo muestreo del material y suelo de desmonte para proceder con los ensayos de laboratorio.

a) Metodología de muestreo

Los equipos utilizados en la prospección en terreno para efectuar los muestreos de la zona de estudio, que más adelante se identificarán con coordenadas, se basaron esencialmente en equipos de índole geomecánica. El listado es el siguiente:

- ✓ Equipo SPT (Trípode, Huinche, Motobomba, Martinete, Tubo HW, Cañerías, Barras, Cuchara Normalizada, Tecle, Roldana, Cuchara Limpiadora, Herramientas Menores).
- ✓ Tubería plástica transparente.
- ✓ Depósitos de muestreo.
- ✓ Equipos de comunicación.
- ✓ Accesorios menores.
- ✓ Equipo de transporte.
- ✓ Elementos de seguridad.

Se realizó la toma de muestra alterada en los diferentes estratos mediante la utilización de la cuchara muestreadora del equipo SPT, así como la toma de datos de pozos ejecutados para el ensayo de permeabilidad de campo. Todas estas muestras de acuerdo al solicitante fueron enviadas al Laboratorio del CISMID-UNI, para su posterior clasificación y evaluación.

b) Breve descripción de los ensayos ejecutado en campo

Ensayo de Penetración Estándar

El procedimiento de este ensayo consiste en penetrar en el terreno un barreno metálico mediante golpes, a partir del cual se procede al conteo del número de golpes necesarios para penetrar tramos de 15 cm aproximadamente, tomándose los últimos 30 cm de una serie de 45 cm como el N de campo. para la penetración el golpeo se procede con una maza de 63.5 kg con una caída libre de una altura de 76 cm sobre un bloque de yunque o golpeo; en ciertos tramos de la penetración se intercambia el barreno o puntaza metálica por una cuchara muestreadora, el cual recoge muestras alteradas que posteriormente son analizadas en laboratorio. De los datos registrados se puede evaluar aproximadamente las propiedades del terreno dado las correlaciones y estudios que se realizado alrededor de este ensayo.

Para determinar las características de resistencia del suelo del Proyecto se ejecutó (01) ensayo de penetración estándar, (NTP 339.133; ASTM D 1586) en el Nv. 0, convenientemente ubicados dentro del área de estudio con la finalidad de evaluar las condiciones geotécnicas. Las pruebas de laboratorio de penetración estandar nos ha servido para desarrollar los estudios hasta una profundidad de 5 m. Por lo tanto, nos faculta vincular los parámetros debidos de las muestras en anillos con la densidad relativa con el objetivo de precisar el peso volumétrico y del

mismo su remoldeo posterior.

Ensayo de Penetración de cono Peck

El procedimiento de este ensayo es similar en constitución y procedimiento del equipo SPT, es decir penetrar en el terreno un puntazo metálico contando el número de golpes necesarios para penetrar tramos de 15 cm. El golpeo para la penetración se realiza con una masa de 63.5 kg cayendo libremente desde una altura de 76 cm. La diferencia principal con el equipo SPT viene en el puntazo la cual es más cónica a fin de que penetre más y a la secuencia de golpeo, sin pausa y sin colocamiento de cuchara muestreadora. De los datos registrados se puede evaluar aproximadamente propiedades del terreno siempre correlacionando sus números de golpes (N) con los números de golpes (N) del SPT.

Para determinar las características de resistencia de los suelos y el material de desmonte se ejecutaron un total de tres (03) ensayo de penetración del cono peck (*Tabla 4.2: Ubicación de Sondajes – Nivel 0*), (Norma UNE 103 801; 1994(4)), convenientemente ubicadas dentro del área de estudio con la finalidad de evaluar las condiciones geotécnicas, Por lo tanto nos faculta vincular los parámetros debidos de las muestras en anillos con la densidad relativa con el objetivo de precisar el peso volumétrico y del mismo su remoldeo siguiente.

El ensayo de penetración del cono peck nos han permitido realizar las investigaciones hasta una profundidad de 8.10 metros. (*Tabla 4.2: Ubicación de Sondajes – Nivel 0*).

A continuación en la Tabla 4.2 se enumera los ensayos de penetración del cono Peck.

Tabla 4.2*Ensayo de Penetración Dinámica – Tipo Cono Peck y SPT Nu. o*

Ensayo	Profundidad (m)	N° Golpes	Coordenadas		Cota Inicio (m.s.n.m.)	Nivel Freático
			Este	Norte		
Cono Peck 1	8.10	60	320,631.0	8'771,155.0	4,046.0	--
Cono Peck 2	5.85	60	320,551.0	8'771,131.0	4,079.0	--
Cono Peck 3	7.50	56	320,620.0	8'771,220.0	4,077.0	--
SPT - 1	5.00	36	320,631.0	8'771,155.0	4,046.0	2.50

Ensayo de Permeabilidad

Este método está contenido en los métodos para determinación de baja a moderada permeabilidad comúnmente conocidas como pruebas tipo “Slug Test”. En estas pruebas no se utiliza bombas para su operación, por lo que resultan convenientes en sitios aislados. El principio del ensayo está basado en la variación de los niveles del agua en función del tiempo de respuesta al aumento o descenso brusco del nivel de agua. El procedimiento de análisis requiere la incorporación rápida de una cantidad de agua dentro del pozo o sección entubada para elevar el nivel del agua hasta una altura. A continuación, se debe medir en forma continua el descenso de los niveles en función del tiempo. Se realizaron 02 ensayos de permeabilidad para cada perforación, con un total de 6 ensayos (Tabla 4.3).

Tabla 4.3*Ensayo de permeabilidad – Método de perforación entubada*

Ensayo	Profundidad	K (cm/seg)	Coordenadas		Cota Inicio (m.s.n.m)
			Este	Norte	
PCP-01	1.70	5.98 E+00 8.01 E-03	320,631.0	8'771,155.0	4,046.0
PCP-02	1.70	5.49 E-02 1.62 E-02	320,551.0	8'771,131.0	4,079.0
PCP-03	1.70	1.03 E-01 1.29 E-01	320,620.0	8'771,220.0	4,077.0

Calicatas

Con el objetivo de identificar las características y condiciones geotécnicas (densidad, resistencia al corte, humedad.) del material de desmonte y suelo de cimentación se hizo 3 calicatas hasta 1.50 m de profundidad (**Anexo 01: Registro de Calicatas**), desde allí las muestras se extrajeron para los análisis de laboratorio. Las conclusiones de las mismas nos facultan precisar los parámetros geotécnicos para el diseño del botadero de desmontes y el estudio de la estabilización y determinación del talud (*Tabla 4.6*).

Determinación de la Profundidad del Nivel Freático

Con la valoración geotécnica de campo a través de los análisis de la excavación de calicatas, no se observa en el área de investigación la existencia del nivel freático, sin embargo, si se registró en el ensayo de penetración estándar (SPT-1) a 2.5 m. de profundidad. (*Tabla 4.2*)

4.2.1.2. Análisis de Laboratorio

Se identificó los componentes físico-mecánicas del material de desmonte y suelo de cimentación a través de las pruebas de laboratorio, convencional, con las muestras inalteradas y disturbadas obtenidas de las calicatas de excavación las conclusiones definieron la gradación y por consecuente el SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

En el Laboratorio Geotécnico de la UNI se desarrollaron los análisis basados en los reglamentos de la A.S.T.M. (American Society for Testing and Materials) seguidamente detallado:

Tabla 4.4

Norma Internacionales ASTM para Ensayos de Laboratorio

Análisis granulométrico por tamizado	ASTM D-422
Contenido de humedad	ASTM D-2216
Densidad máxima	ASTM D-4253
Densidad mínima	ASTM D-4254
Límite Líquido	ASTM D-423
Límite Plástico	ASTM D-424
Peso volumétrico	ASTM D-2937
Peso Específico Relativo de Sólidos	ASTM D-854
Corte Directo	ASTM D-3080
Permeabilidad Pared Flexible	ASTM D-5084

a) *Parámetros geotécnicos del Suelo de Cimentación*

Clasificación de Suelos

Los ensayos de laboratorio realizados al muestreo de los estratos hallados en las exploraciones, determinados como típicos de la zona del almacén de desmontes, han definido la clasificación de suelos según SUCS ayudando a desarrollar el perfil de suelos hallados en la zona

Normalmente los materiales explorados en la estructura del botadero y suelo de cimentación, acordado a la clasificación SUCS, están contemplado como GC que representa a grava arcillosa con arena. (Tabla 4.5)

Tabla 4.5

Componentes del depósito – Características físicas

Sondaje	Muestra	Granulometría (%)			Humedad (%)	Límite Líquido	Límite Plástico	Malla < # 4	Clasificación SUCS
		Grava	Arena	Fino					
CA-01 grava	M -1	38.2	38.6	23.1	8.9	30	21	61.8 SC//	Arena arcillosa con grava
CA-03 arena	M -3	38.0	36.8	25.3	9.0	34	20	62.0 GC//	Grava arcillosa con arena

Perfil del Suelo

Se ha encontrado superficialmente suelos de cobertura vegetal de arena limosa, con grava fina subangulosa, color marrón amarillenta y de 0.30 a 0.50 m. en promedio de *top soil* húmedo.

Según registros del SPT-1 debajo del material de cobertura vegetal se ubica el suelo de cimentación con espesor de 2.2 a 2.5 m., nos muestra un suelo de naturaleza grava angulosa, arcilla color marrón amarillento húmeda de consistencia firme, coluvial, adyacente a esta capa encontramos el mismo material de grava angulosa de color marrón amarillenta húmeda fina, coluvial.

El ensayo SPT ha rechazado la penetración a 5 m. de profundidad (indica alta probabilidad de la ubicación de la roca de fundación).

Los ensayos de Cono Peck 01, 02 y 03 rechazaron la penetración a 8.1, 5.85 y 7.5 m. entonces y teniendo en cuenta que el ensayo SPT ejercicio rechazo a 5 m, entonces nuestra que a una profundidad de 6.6 metros se ubica el basamento rocoso.

Parámetros de resistencia

Ensayo de Compactación

Con las muestras disturbadas extraídas de las calicatas CA-01, CA-02, CA-03 del suelo de cimentación, se realizaron ensayos estándar de clasificación y de compactación para estimar los grados de compactaciones estándar y modificadas, sin embargo debido a la topografía del terreno con pendientes de 34.4% en promedio, el análisis de estabilidad física calculado considera datos de densidad seca y humedad sin compactación (1.83 a 1.89 gr/cm³ y 8.9 a 9.0% respectivamente).

Sin embargo, para los controles de las condiciones geotécnicas

apropiadas del suelo de fundación se considerará como parámetros la densidad seca máxima y humedad óptima (1.989 a 2.035 gr/cm y 9.3 a 9.7% respectivamente), generados de los ensayos de laboratorio (Tabla 4.6).

Tabla 4.6

Parámetros de Resistencia Mecánica - Ensayos Compresión Triaxial

		CA - 01	CA - 03
Angulo de fricción	ϕ	33°	34.9°
Cohesión	C (Kg/cm ²)	0.85	0.9
Densidad Seca	γ_t (gr/cm ³)	1.83	1.89
Humedad de Compactación Optima (O.C.H.) (%)		9.3	9.7
Densidad especifica máxima (M.D.S.) (gr/cm ³)		2.035	1.989

b) Parámetros Geotécnicos del material de Desmorte

Caracterización del material de desmorte

El área del depósito de desmorte presenta material de grava angulosa con arena y arcillas de color marrón amarillento húmedo y de consistencia firme cuyo origen es coluvial, subyaciendo se tiene la presencia del basamento rocoso intemperizado (a 6.6 m. de profundidad, según los ensayos de Cono Peck y estandar) y con presencia de baja humedad.

Las rocas del basamento de la zona del Depósito de Desmorte del proyecto en la zona llamada nivel 0, se hallan en estratificación cruzada, poco fracturada y diaclasada (areniscas cuarcíticas a ortocuarzitas y cuarcitas propiamente dicho) intercaladas con areniscas grises de grano fino y medio poco permeables y lutitas gris oscuras.

Mediante observaciones de campo se pudo identificar que el material de desmorte es granular y está formado básicamente por boleos y gravas

angulosos en menor porcentaje, tiene matriz grava arcillosa con arena (GC), y con humedad de 5.1% (Tabla 4.7).

Tabla 4.7

Caracterización del material de desmonte

Sondaje	Muestra	Granulometría (%)			Humedad (%)	Límite Líquido	Límite Plástico	Malla < #4	Clasificación SUCS
		Grava	Arena	Fino					
Desmonte	M-2	49.0	33.9	17.2	5.1	28	14	51.0	GC// Grava arcillosa con arena

El material de desmonte proveniente de la mina está compuesto por cuarcitas, volcanoclásticas, areniscas y lutitas.

Parámetros de resistencia del Material de Desmonte

Compactación:

A través de las muestras alteradas extraídas de desmonte existente en el área, se han realizado ensayos de clasificación y de compactación, con el objetivo de calcular los grados de compactación estándar y modificado; cabe recalcar que las muestras de botadero son tomadas como representativas del material de desmonte del botadero debido a su cercanía a las labores de exploración.

Se muestra en la tabla siguiente los datos correspondientes a los parámetros geotécnicos de desmonte.

Tabla 4.8

*Parámetros de resistencia mecánica – Ensayos de compresión triaxial -
Desmonte*

		DESMONTE
Angulo de fricción	φ	29.0°
Cohesión	C (Kg/cm ²)	1.25
Densidad Seca	γ_t (gr/cm ³)	2.05
Humedad de Compactación Optima (O.C.H.) (%)		6.2
Densidad especifica máxima (M.D.S.) (gr/cm ³)		2.281

c) *Parámetros Geotécnicos del Macizo Rocos*

El comportamiento de la masa de la roca depende de las características de la roca intacta y las discontinuidades estructurales (juntas, fracturas y fallas) que comprenden la unidad definida de la masa de la roca, Se tomaron muestras representativas del afloramiento del basamento rocoso con tamaño adecuado para ensayo en laboratorio.

Se requiere la resistencia al corte de la masa de la roca para los análisis numéricos de estabilidad y análisis del equilibrio límite, para calcular la falla mediante la masa de la roca, y en las estructuras discretas no será necesario. La resistencia al corte, resistencia a la tensión y resistencia compresiva uniáxica, en el laboratorio se pueden medir muestras de núcleo de roca intacto. pero, los elementos resultantes de los análisis de núcleos en escala pequeña en el laboratorio representan sólo a la roca intacta y no la plasman el agrietamiento dado en la masa de la roca en mayor escala y la influencia del fracturamiento A través de la utilización de los métodos de tipificación de la masa de roca, por lo tanto constan una valorización de las elementos de intensidad del

fracturamiento, de fracturas y roca intacta, se pueden plasmar de los elementos de la masa de roca, cálculos experimentales. Para estimar el grado de fracturamiento del macizo rocoso se aplica la Designación de la Calidad de Roca (RQD de Deere). Al aumentar el grado de fracturamiento (RQD menor), el módulo de la masa de roca y su resistencia disminuyen, lo cual conlleva a una masa de roca más deformable y débil.

Para calcular el grado de fracturamiento se utiliza la Designación de la Calidad de Roca (RQD de Deere) para cada tipo de roca de ingeniería considerados en el análisis. Conforme incrementa el grado de fracturamiento (RQD inferior), la resistencia de la masa de la roca y el módulo de la masa de la roca disminuyen, ocasionando una masa de la roca más débil y deformable.

Parámetros de resistencia del Macizo Rcoso

Las propiedades de la masa de la roca son parámetros críticos para el análisis de todas las pendientes. A partir de las correlaciones empíricas de CNI (Cicchini, 1994 & 2000) las resistencias al corte de la roca para el tipo de roca dominante en cada zona fueron calculadas utilizando los valores promedios de RQD. Pero por la dificultades de determinar u obtener ángulos de fricción y cohesión del macizo rocoso, a los datos obtenidos del laboratorio de roca intacta se ha disminuido con el propósito de obtener resultados de análisis de estabilidad más conservadores.

Ensayos de Compresión Simple:

Para este caso se ha tomado una muestra de testigo, que ha sido ensayado según la norma ASTM 2D2938.

Tabla 4.9*Ensayos de compresión simple – Roca intacta*

Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Carga (KN)	f'c (Kg/cm2)	f'c (MPa)	Modulo de Young (GPa)	Poisson
Roca Nivel -0	4.5	9.00	210.3	135.73	132.47	14.43	0.28

Tabla 4.10*Propiedades Físicas – Roca intacta*

Muestra	Densidad Seca Ab (gr/cm3)	Densidad Húmeda (gr/cm3)	Porosidad (%)	aportesorción (%)	Peso específico aparente (KN/m3)
Roca Nivel -0	2.62	2.63	1.14	0.44	25.67

Ensayos de Compresión Triaxial

Se tomaron 3 testigos de cada muestra entregada (ensayados según la norma ASTM 2664-95).

Tabla 4.11*Ensayos de compresión Triaxial- Roca intacta*

Muestra	Diametro (Cm)	Altura (Cm)	Carga (Kg)	Confin. (Mpa)	f'c (Mpa)	mi	(°)	Cohesión (Mpa)
Roca Nivel - 0	4.50	8.28	51,754.0	2.00	132.60	13.54	45.00	23.23
	4.50	8.98	23,798.5	4.00	146.60			
	4.54	9.00	26,303.1	6.00	149.10			

4.2.1.3. Resumen de los Parámetros Geotécnicos

Tabla 4.12

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

Material	γ_t KN/m ³	γ_{sat} KN/m ³	c KN/m ²	ϕ (°)
Cimentación	18.5	21.0	88.2	34.9
Desmonte	20.1	22.8	122.5	29.0
Macizo Rocosos intacta	25.7	25.8	23230.0	47.53
Macizo rocoso fracturada	25.5	28.9	10000.0	40.00

Geotécnicamente el material que conforma el suelo de cimentación es similar al material que conforma el depósito de desmonte por la cercanía del mismo, siendo los parámetros físicos y de resistencia de este material de cimentación físicamente competente.

De los ensayos se han obtenido los valores indicados entre ellos las muestras inalteradas, los pesos volumétricos o para la densidad de campo, el cono de arena, y con menores valores del pico se han logrado de las pruebas triaxiales parámetros del modelo Mohr Coulomb, desarrollándose este para el diseño del depósito de desmonte. Los parámetros mecánicos (cohesión) del macizo rocoso se castigaron en un 50% de los resultados de laboratorio debido a características geomecánicas reales que posee el macizo rocoso (fracturas, fisuras, etc.).

4.2.2. Análisis de Cimentación

4.2.2.1. Hipótesis de Análisis

Para el desarrollo de las pruebas de fundación de asentamiento del suelo y capacidad de carga. En seguida se muestra las hipótesis primordiales:

- ✓ Se realizó los estudios de capacidad de carga del terreno natural teniendo en cuenta que el soporte de suelo actuaría como una base isotrópica, homogénea y flexible.
- ✓ La carga máxima actuante en el suelo de cimentación pertenece al tramo central con altura mayor en las secciones evaluadas (15 metros).
- ✓ Se considera que se distribuyen las cargas en un cimiento rectangular equivalente, con el propósito de simular el efecto de un terreno rectangular distribuida uniformemente.
- ✓ Se distribuirán las cargas del material de desmonte en el área del suelo natural, y ejercerá a manera de tipo carga trapezoidal.
- ✓ La profundidad de cimentación es mínima (la cimentación es superficial).
- ✓ Se presenta la cimentación en desnivel, la mayor parte de área tiene inclinaciones mayores de 20°.

4.2.2.2. Cargas Transmitidas

El promedio de densidad del material desmontada para los cálculos es de 2.33 gr/cm³ (cálculos de las cargas transmitidas), efectuados según los ensayos in-situ de consistencia natural, así como los ensayos

realizados en el laboratorio.

Del material de desmonte, el espesor promedio proyectado que envía carga de 15 m. a la cimentación. Solo se dan dichas cargas en situaciones proyectadas, por lo tanto, alcanza una máxima altura de incremento. Por tanto, el esfuerzo desarrollado es 0.9 kg/cm^2 , situada en el área del botadero central de desmonte. Se distribuirán Estas cargas en una superficie cónica con una base de longitud aproximada de 170 m. y una longitud de 50 m. en la parte central de la superficie cónica.

Las mayores sollicitaciones se concentran en la parte central del depósito debido a la configuración geométrica del botadero. Obviamente que tales cargas se mitigan a través de la cimentación por la teoría elásticas de Boussines.

4.2.2.3. Tipo de Cimentación

De acuerdo a las particularidades percibidas en la zona donde se situará el botadero de depósito de desmonte, la cimentación está cubierta por material orgánica en su mayoría formado por pasto típico y gramíneas de la zona, estos deberán retirarse, posteriormente al desbroce se deberá escarificar y retirar este material para posteriormente colocarlo sobre el depósito.

Para la cimentación se deberá hacer un desbroce de material hasta un metro de profundidad como máximo (164.3 m³), esta base a su vez se uniformizará y compactará manualmente ya que sobre esta base se empezará a construir el muro de contención a base de gaviones con un ángulo de inclinación adecuado para el soporte y dar una mayor estabilidad al depósito, cuya topografía lo hace necesario de un muro de contención.

4.2.2.4. Cálculo de la Capacidad Portante

El material de cimentación del botadero de desmonte presenta características de un material grava angulosa con presencia de arena y arcillas, el promedio de potencia es de 5 a 6.6 m. para encontrar el subyacente macizo rocoso sin mucha alteración.

Las características de resistencia se dan principalmente por el ángulo de fricción interna (ϕ) y cohesión (c) determinados por el laboratorio mediante ensayo triaxial, con muestras saturadas, inalteradas y alteradas, hallándose el resultado en la *Tabla 4.13*

Tabla 4.13

Características de resistencia de la cimentación

Angulo de fricción interna	$\phi = 34.9^\circ$
Cohesión	$c = 88.2 \text{ KN/m}^2$
Peso Volumétrico	$\gamma = 21.0 \text{ KN/m}^3$

Luego aplicando la teoría de Terzaghi modificado por Vesic la capacidad portante admisible será de:

$$Q_{ult} = c \cdot N_c \cdot S_c + 1/2 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot S_\gamma + q \cdot N_q \cdot S_q \dots\dots\dots(\text{Ecuación 1.})$$

Donde:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2(45 + \phi / 2) = 0.494$$

$$N_c = \cot \phi (N_q - 1) = -1.419$$

$$N_\gamma = 2 \tan \phi (N_q + 1) = 1.065$$

$$S_c = 1 + N_q / N_c \cdot B/L = 0.876$$

$$S_\gamma = 1 - 0.4 (B/L) = 0.857$$

$$S_q = 1 + \tan \phi (B/L) = 1.127$$

$$Q_{adm} = \frac{Q_{ult}}{FS} \dots\dots\dots(\text{Ecuación 2.})$$

Tabla 4.14

Características de cimentación

Profundidad de cimentación (d)	1 m
Ancho de cimientto (B)	50.0 m
Longitud de cimientto (L)	140.0 m
Factores Adimensionales	$N_c = -1.419$
	$N_q = 0.494$
	$N_\gamma = 1.065$
Factor de seguridad	3

Luego:

$$Q_{ult} = 506.02 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo tanto:

$$Q_{adm} = 168.67 \text{ kg/cm}^2 \text{ (16,530.0 KN/m}^2\text{)}$$

4.2.2.5. Análisis de Asentamiento Total

a) **Asentamiento Elástico**

Para los tipos de cimentación estudiada y la presión precisa que transmite un asentamiento uniforme, se realiza la predicción de asentamientos y se calcula aplicando la teoría elástica por Lambe y Whitman (1969), calculando por la siguiente fórmula.

$$\delta = \frac{q_x \cdot B \cdot (1 - \nu^2) \cdot I_w}{E_x} \dots\dots\dots \text{(Ecuación 3)}$$

Donde:

δ = Asentamiento (cm.).

Δq_s = Esfuerzo neto transmitido (Kg/cm²).

B = Ancho de cimentación (cm.).

E_s = Módulo de elasticidad (Kg./cm²).

ν = Relación de Poisson

I_w = Factor de influencia que depende de la forma y la rigidez de la cimentación (Bowles, 1977).

Finalmente en base a los valores de capacidad, el asentamiento total se obtiene como la suma de asentamiento elástico y asentamiento por consolidación, en el área donde se construirá el botadero de desmonte el asentamiento elástico es 6.45 cm. Por lo tanto el asentamiento total estará en el rango de 6.0 cm a 8.0 cm; estas deformaciones son permisibles para estas estructuras, ya que la distorsión angular será la mínima establecida.

4.2.2.6. Cimentación en Roca

Se debe tener en cuenta que los materiales que forman la roca (cuarcitas), presentan apropiadas peculiaridades de resistencia cortante y baja compresibilidad, pese a estar meteorizada, la capacidad de carga del macizo rocoso será superior a las cargas generadas por el material de desmonte.

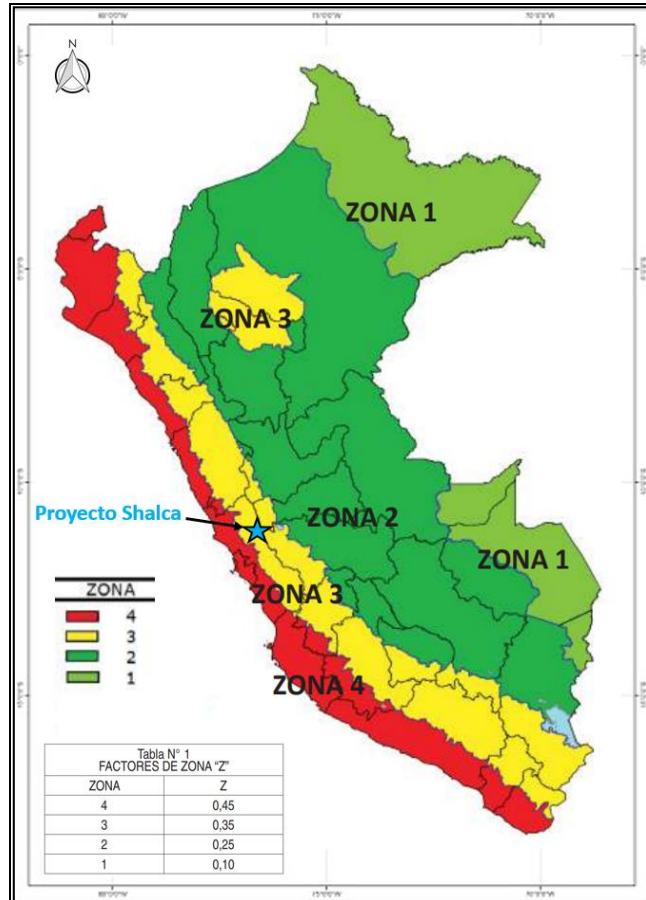
4.2.2.7. Sismicidad del Área de Estudio

En el territorio peruano se establecieron diversas zonas, que

presentan diferentes características dependiendo a una mayor o menor ocurrencia de sismos. Cuyo efecto que causa los eventos sísmicos en el territorio peruano son debido a la subducción de la placa de nazca a la placa Sudamericana, así como el proceso de reajuste tectónico del sistema Andino. Según el Mapa de zonificación sísmica propuesta en la Norma de Diseño Sismorresistente E.030, del Reglamento Nacional de Construcciones (1997) (Figura 4.5), nuestra área de estudio se ubica en la Zona 3 (zona de alta sismicidad). Según datos históricos en el área de estudio ocurrieron sismos con intensidades de hasta VIII grados en la escala de Mercalli Modificada (MM) Según información recopilada por Silgado (1978).

Figura 4.5

Mapa de Zonificación Sísmica – Norma de Diseño Sismorresistente E.030 del Reglamento Nacional de Construcción



a) Estudio Sísmico Probabilístico

Es posible la evaluación probabilística del peligro sísmico a través de la metodología creada por Cornell (1968) el cual fue incorporado al programa de cómputo RISK por McGuire (1974). En una primera parte se considera una revisión de actividad sísmica del pasado con el propósito de identificar las fuentes sismogénicas tomando en cuenta las características tectónicas de una determinada región. Seguidamente se debe determinar la ocurrencia de fuentes sismogénicas y con la atenuación sísmica se determinan valores probables de intensidades sísmicas de un lugar en específico. Estos análisis en el Perú fueron muy desarrollados y estudiados por J. Castillo y J. Alva (1993).

b) Determinación del Peligro Sísmico

Para este fin, se utilizó fuentes sismogénicas y parámetros de recurrencia definidos por J. Castillo y J. Alva (1993). En el cual se utilizaron las coordenadas de la zona de estudio (8770900 N y 320100 S) y se localizaron en el mapa de Isoaceleraciones que fueron utilizados por los autores anteriormente mencionados. El propósito de determinar el peligro sísmico, es determinar la Aceleración de Diseño y su Coeficiente sísmico, debido a que a partir de estos resultados se puede proceder con la determinación del diseño, su construcción y operación del proyecto en mención.

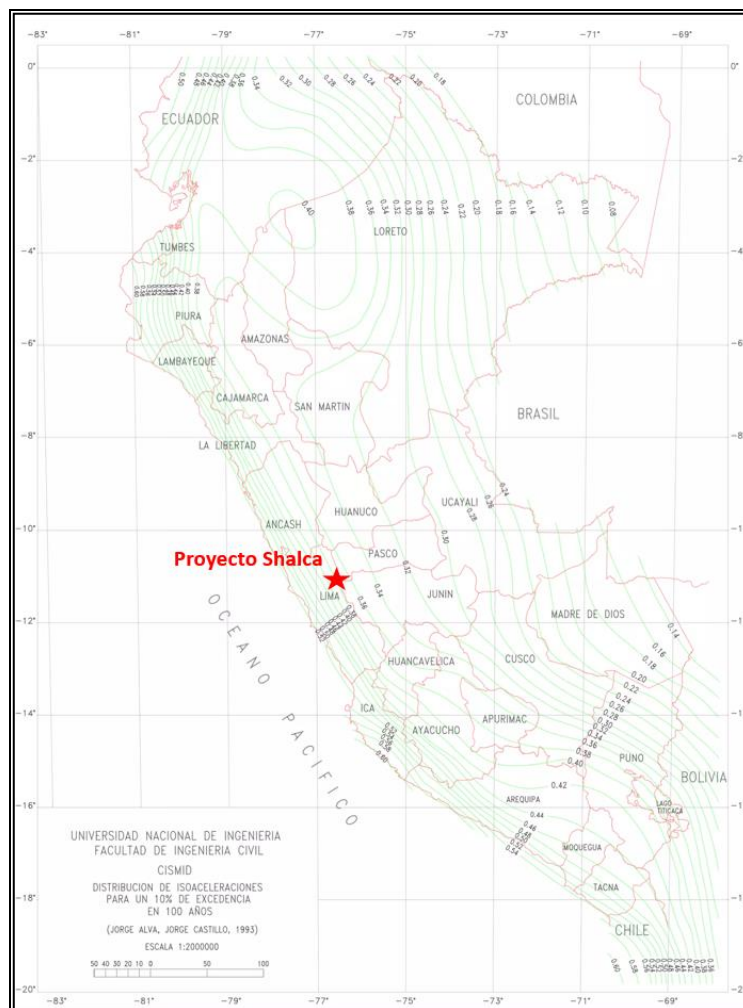
c) Aceleración de Diseño

Teniendo en cuenta el Mapa de Fuentes Sismogénicas Superficiales (J. Castillo y J. Alva – 1993), puede suscitarse en la zona de estudio del proyecto una máxima magnitud de 7.4. También estos autores presentaron

un mapa de Isoaceleraciones que fueron determinados tomando como punto de partida los criterios probabilísticos, en el que se consideró un porcentaje de excedencia de 10%. (*Mapa de Distribución de isoaceleraciones para un 10% de excedencia en 100 años. Figura 4.6*) basándonos en estos datos de investigación por los autores mencionados anteriormente determinamos para el área un valor de aceleración de 0.375g. Estableciéndose de esta forma condiciones muy estrictas que puedan garantizar un diseño mucho más estable, logrando de esta forma mayor seguridad y estabilidad en caso de ocurrencia de eventos sísmicos.

Figura 4.6

Mapa de Distribución de isoaceleraciones para un 10% de excedencia en 100 años



d) Coeficiente Sísmico

Para el caso de usarse en el diseño de taludes y obras de retención, el método pseudo estático, es recomendable una aceleración de $1/3$ de lo obtenido, en tal caso obtenemos un valor de $0.125g$. que corresponde al periodo de retorno señalado líneas arriba.

4.2.3. Análisis de Estabilidad Física y Diseño de Taludes

4.2.3.1. Análisis de estabilidad física del Depósito de Desmorte

Para el análisis de la estabilidad de los taludes proyectados se ha utilizado las secciones transversales de la topografía del botadero de desmontes y el programa de cómputo SLIDE (Versión 5.0). Es un programa totalmente integrado, que nos faculta aplicar la geometría del talud interactivamente a través del cálculo del Factor de Seguridad. y también puede ejecutar el estudio de deslizamiento circular y no circular en rocas o suelos con distintos procedimientos de estabilidad de taludes. Así como los sistemas, Janbu, Spencer, GLE/Morgenstern-Price y Bishop Simplificado.

El programa se puede aplicar para identificar la superficie potencial de falla más crítica, relativo a un menor factor de seguridad del análisis. para calcular el análisis del Factor de Seguridad se realiza bidimensionalmente empleando el método de Bishop simplificado. Usando el concepto de equilibrio límite. Dicho sistema maneja los siguientes entornos de solución:

- Sistemas homogéneos o heterogéneos del suelo.
- Propiedades anisotrópicas de resistencia de suelos.
- Reforzamiento de taludes.

- Envolvente de resistencia Mohr-Coulomb no lineal.
- Para análisis de esfuerzos efectivos, presiones de poros del agua, utilizando superficies freáticas, Factor Ru, agua constante por la Presión de poros y fracción de la presión vertical total del terreno dentro del talud como presión de poros.
- Pseudo-estática (carga).
- Taludes con sobre cargas actuantes.
- Estudios de una cifra reducida de áreas de fallas circulares, no circulares en forma de bloques y Generación automática.
- Unidades en el sistema inglés y el sistema internacional.

a) Factores de Seguridad Mínimos

Para tratar un talud estable propone el *U.S. Corp of Enginners* los factores de seguridad mínimos para el tema de presas de tierra.

Tabla 4.15

Factor de seguridad mínimo para los estudios de Presas de Tierra (Estabilidad)

CONDICION	Talud	Talud
	Aguas Arriba	Aguas Abajo
i. Al final de la construcción para presas mayor a 15 m.	1.3	1.3
ii. Estado de infiltración constante	--	1.5
iii. Desembalzo rápido	1.5	--
iv. Sismo - Solo condiciones I y II	1.0	1.0

Los elementos de seguridad ya mencionados de alguna manera ayudan para la evaluación del comportamiento estático pseudo estático y estático de los taludes. como parámetros comparativos. Si se define al

botadero de desmote como una estructura con comportamiento bastante similar al de una presa de tierra para almacenamiento de agua, en la condición “final de la construcción”, se determina que los FS de la *tabla 4.15* pertenecen a los parámetros de control para el análisis de comportamiento estático y pseudoestático del botadero de desmontes.

Entonces el factor de seguridad (para análisis de estabilidad física, condición estática) es 1.5. y para análisis en condición pseudoestática el FS Mínimo es 1.0. para el caso en condición pseudoestática se determina un valor de aceleración de ondas sísmicas igual a 0.12g.

b) Situaciones de Análisis

El análisis de estabilidad se evaluó en 3 secciones que son representativas (Sección 1-1', 2-2' y 3-3' (*Anexo 03: Secciones de Análisis de Estabilidad*)).

Se analizaron condiciones proyectadas del botadero, en el que se consideró la capacidad máxima de carga y almacenamiento.

En las secciones, el depósito de desmote fue proyectado a la altura de crecimiento máximo y analizado en proyección tridimensional según su disposición de almacenamiento y proyectado en campo; se efectuó el análisis interactivamente con el fin de alcanzar el volumen máximo de almacenamiento, la optimización del traslado de material y un talud que establezca la estabilidad de los desmontes.

En la sección analizada se toman en cuenta 3 clases de materiales: el macizo rocoso, el suelo de cimentación y el material de desmote. A esta sección se incorporó el flujo de agua subterránea localizada a 2.5 m. de profundidad. De la misma manera, el análisis de estabilidad incluye la

construcción de un muro de gaviones a lo largo de 80% de la longitud total del botadero de desmorte.

Las propiedades de resistencia al corte del material de desmorte, suelo de cimentación y basamento rocoso se pueden observar en la *Tabla 4.12*.

Se toma en cuenta solo un tipo de falla, superficie circular, que es características en taludes falladas en el área. Se usó el método Bishop Modificado, implementado en SLIDE 5.0. (*Anexo 04: Análisis de Estabilidad física del depósito de desmontes*)

c) Depósito de Desmorte (Análisis)

Teniendo presente las posiciones previstas del talud vertedero de desmorte Se han desarrollado los estudios de los taludes para definir su factor de seguridad de maneras pseudo estáticas y estáticas por tal motivo 3 secciones se contemplan para el análisis. La *Tabla 4.16* muestra los resultados del análisis de estabilidad considerando la condición proyectada para las 3 secciones.

Tabla 4.16

Análisis de Estabilidad física del depósito de desmontes en condiciones proyectadas.

Condición de Análisis	Factor de Seguridad en Condición Final			Factor de Seguridad Mínimo Aceptable
	Sección 1-1'	Sección 2-2'	Sección 3-3'	
Estática	2.790	3.634	11.153	1.5
Seudo-Estática	2.176	2.729	7.824	1.0

Fuente: Reporte del Programa SLIDE 5.0

En la Tabla expuesta, según los resultados de análisis de estabilidad, las condiciones de talud son estables. En el que los factores

de seguridad son mayores a los recomendados.

d) *Diseño de Taludes*

El diseño de los taludes del depósito se basa en los estudios aplicados en estabilidad en anteriores numerales y en la experiencia habitual de construcción de depósitos de desmonte.

Los estudios de estabilidad han sido efectuados considerando la forma como el depósito será construido en función de la topografía del área, así como los resultados de laboratorio, el cual registra para las muestras, ángulos de fricción (de talud) de 31° , 35° y 40° , así se determinó 35° (mayor ángulo posible que Mantiene un Factor de Seguridad mayor al mínimo aceptable) así el talud del botadero de desmonte será conformado por 4 bancos con iguales inclinaciones (relación de 1.43H:1.0V, perteneciente a 35°) y un ángulo final de talud de 1.75H:1.0V (que corresponde a 30° de inclinación)

La compactación de los taludes se basará principalmente en la compactación de la plataforma correspondiente a cada banco, es decir el tránsito constante del equipo de acarreo del desmonte y las maniobras para la descarga del desmonte, permitirán alcanzar una mayor estabilidad física requerida, puesto que los análisis de estabilidad toman en consideración la densidad del material suelto calculado en laboratorio (*Tabla 4.12*).

4.2.3.2. Análisis de estabilidad física del muro de contención

a) *Diseño del Muro de Contención en Sistema de Gaviones*

La elección del sistema de gaviones como muro de contención tiene como antecedente la evaluación de los muros desde la perspectiva de seguridad principalmente, seguido del costo de construcción y la

disponibilidad de materiales en la zona del proyecto. De esta manera, el análisis de estabilidad adjunto en el presente informe determinó que el sistema de gaviones es suficiente para la estabilidad correspondiente.

b) Consideraciones de Diseño de gaviones

- a) Se recomienda su uso hasta 5 metros de altura.
- b) El control del dimensionamiento se basa en no producir esfuerzos de tracción, es decir la excentricidad debe ser menor o igual a $B/6$.
- c) La estabilidad del muro se verifica en función a factores de seguridad por deslizamiento y por volteo, es decir los factores de seguridad deben cumplir lo siguiente:

$$\text{FS por deslizamiento} \geq 1.50$$

$$\text{FS por volteo} \geq 1.75$$

- d) Eliminar la posibilidad de generar esfuerzos de presión en la pantalla y subpresión en la base producidos por el agua.
- e) La presión máxima debe ser menor o igual a la capacidad admisible del terreno de fundación.
- f) Coeficiente sísmico a aplicar igual a 0.125g.

c) Diseño de gaviones

Se estabiliza por gravedad el muro de gaviones, para el primer bloque, el terreno se debe profundizar un poco más hasta una altura del bloque mínima de 50 cm, en este caso se realizará hasta una profundidad de un metro, porque a esta profundidad el suelo de cimentación ya tiene una buena capacidad portante por ser grava angulosa con arena y arcilla. Para

este diseño se consideró las dimensiones de los gaviones en la relación de ancho/altura/largo igual a 1/1/2 respectivamente (*figura 4.7*), para permitir un mejor traslape y amarre entre gaviones al momento de superponerse una a otras desde un extremo en el centro de otro gavión.

Las características de diseño predefinido de los gaviones (tipo de malla, porosidad de piedras, densidad, etc), se han considerado en el software GAWACWIN para una evaluación física y el respectivo diseño de muro de gaviones.

Figura 4.7

Dimensiones típicas de las unidades del muro de gavión

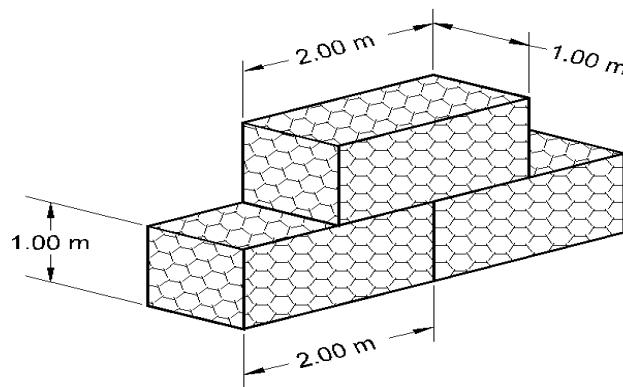
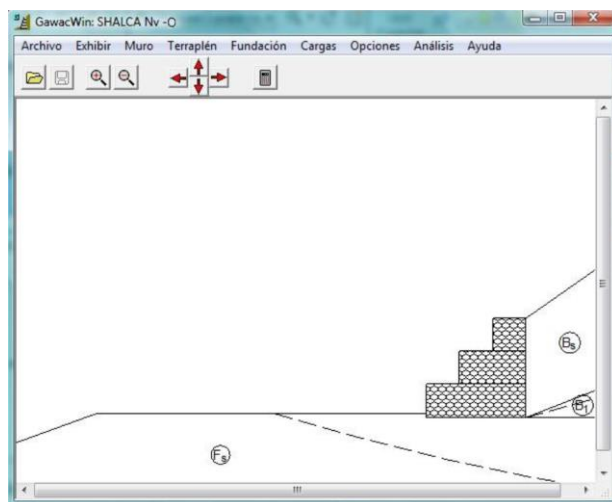


Figura 4.8

Presentación del muro de gaviones



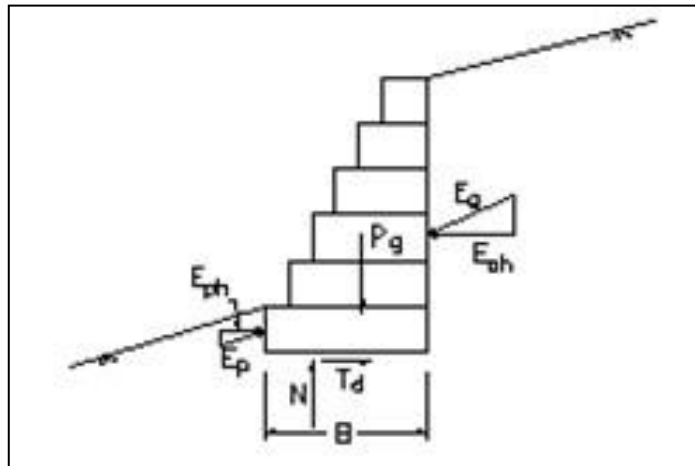
d) Criterios para el Análisis de Estabilidad Física

Estabilidad contra el deslizamiento

Ocurre un deslizamiento de la estructura si es que la resistencia al deslizamiento a lo largo de la base del muro de contención sumado al empuje pasivo disponible en el frente es insuficiente para contraponerse al empuje activo.

Figura 4.9

Punto de aplicación



Donde:

E_a = Empuje activo provocado por el material sostenido (Desmonte).

E_p = Empuje pasivo disponible.

P_g = Peso propio del muro.

N = Fuerza normal actuante en la base.

T_d = Fuerza resistente tangencial en la base.

De esta forma el Factor de Seguridad en base a las fuerzas actuantes, se expresa como:

$$FS = \frac{Td + E_{pd}}{E_{ad}}$$

.....(Ecuación 4)

Donde:

E_{ad} : Componente de empuje activo en dirección del deslizamiento.

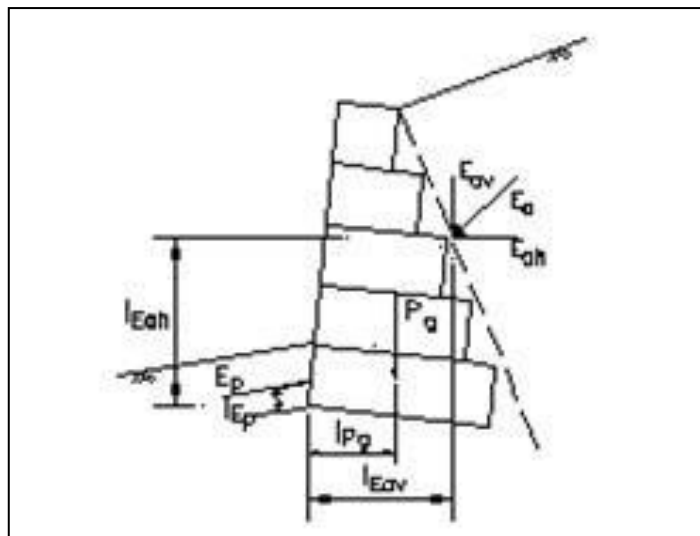
E_{pd} : Componente de empuje pasivo en dirección del deslizamiento.

Estabilidad contra el volcamiento

Es verificada por comparación entre los momentos de las fuerzas activas de estabilización M_t y momentos de las fuerzas activas del volcamiento.

Figura 4.10

Momento de estabilización y de volcamiento



Donde:

E_{av} = Componente vertical del empuje activo.

E_p = Empuje pasivo disponible.

P_g = Peso propio del muro.

Cargas aplicadas sobre el muro.

De esta manera el Factor de Seguridad contra el volcamiento, se expresa como:

$$FS = \frac{Mr}{Ma} \dots\dots\dots(Ecuación 5)$$

Estos criterios técnicos y la incorporación del coeficiente sísmico equivalente a 0.125 g, el resultado de las iteraciones realizadas con el Software GAWACWIN, generó el reporte con los Factores de Seguridad que se encuentran por arriba de los mínimos establecidos (*Anexo 06: Reporte de Factores de Seguridad de Gaviones - GAWACWIN*)

Tabla 4.17

Resultado de los análisis de estabilidad del muro de gaviones.

Condición de Análisis	Factor de Seguridad en Condición Final	Factor de Seguridad de Mínimo Aceptable
Coef. de Seg. contra el deslizamiento	30.44	>1.50
Coef. de Seg. contra el vuelco	15.38	>1.75
Coef. de Seg. contra la Rot. Global	2.09	>2.00

4.2.4. Diseño Para la Construcción del Depósito de Desmante

Como resultado de las operaciones mineras, el contenido de desmante ocasionado será apilado en un depósito de desmante, este se edificará según el diseño establecido en las vigentes normas ambientales Para el diseño del depósito de desmontes se aplicó el análisis geotécnico y con el resultado del suelo de la cimentación, Los elementos del material de desmontes físico mecánicas se concretó su estabilidad física ante fallas potenciales por erosión o traslación. Así como también la configuración del talud del depósito que facultara la garantía de su estabilidad.

El volumen total de desmante que se generará durante la operación de la mina es de 25,803.0 m³, de los cuales el 100% de material no retornará a mina para ningún uso posterior, por el cual será preparado y acondicionado para un Plan de Cierre Definitivo.

Finalizada la evaluación ambiental y geotécnica del área sugerida para la edificación del depósito de desmontes, se ha diseñado la forma de construcción del área establecido y disponible de 6,821.38 m² aprovechables para una capacidad de almacenamiento de 25,803.0 m³, equivalente a 58,856.64 TM en base a una densidad de 2.281 gr/cm³, el cual genera una vida útil de 2.5 años a un ritmo de evacuación de desmante de 800 m³ por mes (28.3 m³ por día).

4.2.4.1. Diseño Del Depósito de Desmontes

Teniendo en cuenta las condiciones geotécnicas, y la construcción de cuatro (4) bancos de desmante almacenados una sobre otra en forma secuencial, la proyección de la configuración topográfica final tiene las características que se muestran en la *Tabla 4.18*, la cual muestra las características de un sólo banco de desmante, siendo la misma configuración para los cuatro bancos de desmante.

Tabla 4.18

Configuración geométrica del depósito de desmante.

Área de botadero de desmontes	6,821.4 m ²
Capacidad de Almacenamiento máximo	25,803.0 m ³
Angulo de talud de banco	1.43H:1.0V (35°)
Angulo de talud final	1.75H:1.0V (30°)
Altura máxima de banco	15.0 a 20.0 m
Gradiente de plataformas	1%
Altura final proyectada del depósito de desmante	80.0 m
Canal de derivación	395.4 m

4.2.4.2. Descripción de Características Físicas del Material de Desmote

El material de desmote consta principalmente de material granular (gravas y boleos angulosos en menor proporción), así mismo contiene una matriz de grava arenosa con arcillas de gradación uniforme (GC), y con poca humedad.

El material de desmote proveniente de la mina está conformado por rocas clásticas y volcanoclásticas, también por cuarcita, lutitas y en menor proporción por areniscas.

El material de desmote tiene una distribución de partículas con tamaño máximo nominal de 1", definiéndose las partículas menores a 1" como matriz, según la inspección visual se estimó que el 5% representa bloques (partículas mayores a 12", 20% a partículas entre 2 y 12" y el resto a partículas menores a 2". Este material de desmote presenta un porcentaje de fracción fina que incidiría en la resistencia cortante del material de desmote, pero en menor cuantía.

La muestra descrita anteriormente, se presenta mayormente como material granular con algo de incidencia del material fino, según el arreglo del diseño del material de desmote; de acuerdo a los resultados de laboratorio, el tamaño máximo nominal de la muestra corresponde a 1", este estará sujeto a una carga máxima de 2.0 kg/cm², en la zona límite con el suelo natural, esta carga densificará al suelo en la zona más baja disminuyendo conforme se acerca hacia la superficie, es decir la densidad será mayor a mayor espesor de desmote.

Un factor también importante, es la gradación del material; de esta manera los resultados de laboratorio registran valores de gradación

de 33.9% para la grava, 66.1% para la arena. y 26.7% a 17.2% como material fino. El mayor porcentaje de arena en la composición del material de desmonte, influye negativamente en la resistencia a la forma de las partículas así como su resistencia compresiva de la roca intacta, el contenido de humedad en promedio de 5.1% afecta cuando las partículas presenta fisuras, en nuestro caso el material de desmonte presenta baja resistencia compresiva debido al alto grado de meteorización y una mediana cantidad de fisuras en consecuencia, estas características reducen el ángulo de fricción interna del material de desmonte.

4.2.4.3. especificaciones Técnicas para la Construcción del Depósito de Desmontes

a) Cimentación

Habilitación del Área del Suelo de Cimentación

En la clasificación de cimentación del suelo, lo primero se tendrá que despejar la cubierta vegetal hasta una profundidad media de 0.30 m, el material retirado se ubicará en lugares señaladas como reservas de contenido orgánico para después reutilizarla como cobertura de vegetación del botadero de desmonte en la etapa de cierre de mina. En total el área superficial del botadero de tiene 535 m².

Debido a que la mitad del área de construcción del botadero de desmonte esta cubierta por material rocoso ocasionado por erosión y transporte de la quebrada superior, únicamente se va a requerir la construcción de la base de cimentación en el 50%, de esta forma el volumen de top soil derivado de la construcción del area de cimentación será el 50% de 535 m² por 0.30 m. de espesor, entonces será de 80 m³. Se tiene en

cuenta un esponjamiento de 25%.

La zona que se excavará abarca el área que ocupará la base del botadero de desmonte y la base del muro de gaviones. Las medidas o dimensiones del excavación se realizarán según lo detallado en el plano de diseño (*Anexo 05: Secciones – Muro de contención*), posteriormente se realizará la nivelación y compactación manualmente del terreno (grava arcillosa). Los puntos de replanteo y control se encuentran en el plano de Secciones – Muro de Contención (*Anexo 05*). En el proceso de evaluación geotécnica se identificó presencia de aguas subterráneas a 2.5 m. de profundidad, debido a esto la napa freática se ubicará por debajo del muro de gaviones. Seguidamente se realizará los replanteos para delimitar el perímetro del botadero de desmontes (*Anexo 05*), los cuales se efectuarán con equipos topográficos y se colocaran hitos de concreto para sus respectivos controles.

Preparación de la Subrasante

Se realiza para el mejoramiento del material natural (suelo) seguidamente del desbroce y al corte del material con calidad baja, este además considera la reducción de la percolación de los flujos del agua de lluvias que cruzan el cuerpo del depósito de desmonte. Este proceso es considerado únicamente para el cimiento del muro de gaviones y para las zonas de instalación de los sistemas de drenaje y subdrenaje.

b) Muro de contención.

Esta función consiste en la instalación de un enmallado metálico tipo cajón, en su transporte, manejo, suministro, almacenamiento y por último ubicación de material pétreo en las canastas, en lugares señalados según los planos de diseño de muro de contención (*Anexo 05: Secciones – Muro*

de contención).

Materiales:

Canastas metálicas:

Hechas de hierro galvanizado que son mallas de alambre con aberturas hexagonales no más de 10 cm. de triple torsión, El alambre deberá ajustarse a la norma ASTM A – 116 o a la norma ASTM A- 856. Las dimensiones del gavión tipo caja metálicos son de 2 m x 1 m x 1 m con un diafragma. Se empleará el alambre galvanizado con un diámetro de 2.7 mm. Las canastas adyacentes deberán ser enlazadas estableciendo las aristas verticales con amarres de alambre con espacios aproximados de quince centímetros, o con un paso de 10 cm a través de alambre espiral continua.

Material de relleno:

Se debe tener un cuidado especial de no hacer uso de contenidos que se disgreguen por estar expuestos a la intemperie o a l agua y que estén compuestos de óxidos de hierro, con demasiada salinidad y por lo mismo pueda deteriorar el alambre de la canasta. Consistirá preferentemente de contenido de cantera o canto rodado.

El peso específico de los fragmentos de roca debe ser de 23.83 KN/m³, debido a que consideraremos que una parte del relleno consistirá de canto rodado principalmente u otro tipo de material rocoso de la zona, deben cumplir con determinadas condiciones: Dimensionamiento de fragmentos de roca (material de relleno) será como mínimo 13 x 15 cm. o en su defecto de 14 cm. de diámetro, esto con el fin de que no se salgan de la malla. Así mismo la capacidad de absorción del agua tendrá que ser menor a 2%. Finalmente, la porosidad de gaviones será en promedio de

30%.

Requerimientos de construcción.

Conformación de la superficie de fundación:

Los muros de gaviones van a requerir una base firme y lista para apoyarse, por el que se realizará una adecuación del terreno y una cimentación diseñada, para esto se realizará una excavación de aproximadamente un metro de profundidad y se realizará la compactación manualmente.

Colocación de las mallas tipo caja:

Cada caja será armada en el sitio de la obra, su figura prismática se fijará con apoyo de formaletas, palancas, u otro medio que apruebe el supervisor.

Relleno:

El contenido de relleno se situará manualmente dentro de la canasta, de modo que las partículas de tamaño más pequeño se ubiquen en el centro y cerca de la malla las más grandes, asegurando la ubicación de piedras con bordes cortantes alejados de la malla. En el desarrollo de colocación se debe cerciorar que el material este con la mínima cantidad posibles de agujeros. Si las canastas pierden su forma durante el llenado, se tiene que reparar y reforzar las canastas después de retirar el material de mala calidad, para finalmente devolver el material de relleno hacia las canastas.

Costura y anclaje:

La canasta, después de estar llenada, tendrá que ser anclada y cosida a las canastas contiguas con alambre de las mismas características que las usadas para la elaboración de las canastas.

Medición:

El metro cubico (m³) es la unidad de medida de gaviones construidos y ubicados en su lugar.

c) *Sistemas de Drenaje y subdrenaje*

El sistema de avenamiento consiste en la dirección de una red de drenaje para vaciar las aguas superficiales que se filtran sobre el área de influencia del botadero (*Anexo 07: Area de esorrentía y Drenaje del Depósito de Desmonte*), y de esta manera fortalecer la estabilidad del talud previniendo el hacinamiento del material de cualquier forma.

Por tal motivo, para el avenamiento de las aguas sub- superficiales y superficiales se prepara estructuras apropiadas con la finalidad de desarrollar lo mencionado, a continuación, son detallados:

Canal de Coronación

Se ha previsto la creación de un canal de coronación (ubicado a 27 metros encima de la boca mina del Nv.-0) con el propósito de captar las aguas de esorrentía del perímetro superior del depósito de desmontes (0.02 Km²), entonces el agua que fuera captada se dirigirá hacia la Qda. Huanin (como agua superficial limpia), esta implementación se realizará antes del inicio de la construcción, quedándose definitivamente para el cierre de mina. Finalmente se ha considerado para calcular el caudal de diseño el caudal pico que fue calculado en el estudio hidrológico, el cual considera un periodo de retorno de 100 años.

Será conformado el canal de coronación con basamento de concreto de 0.20 m de grosor, seguidamente para ser revertido con 0.10 m grosor con

concreto armado, con resistencia a la compresión que se requiere, que es de 210 Kg/cm².

Normalmente, será trapezoidal y contará con pendientes laterales de 45° (1H:1V) y se proyectará con una pendiente mínima de 1%. Estas características geométricas se pueden observar en el *Anexo 08: Canal de Coronación-Secciones*.

La escorrentía que discurre por el área correspondiente a la desmontera proviene de los sectores llamados Ladera 1 y Ladera 2, teniendo mayor influencia la Ladera 2.

La Ladera 2 se ubica entre 4400 y 4360 m.s.n.m. y desemboca en el río Shipra.

Así las aguas que genere esta ladera serán transportadas por el canal de coronación localizada a 27 m. de la boca mina del Nv.-o hacia una Qda. De agua limpia paralela a la Qda. Huanin. Para el presente diseño de canal de coronación se tomaron datos de diseño pre-estblecidos como resultado del estudio hidrogeológico.

Tabla 4.19

Caudal de diseño (m³/s) para Cuencas y Áreas de Influencia del Depósito de Desmonte

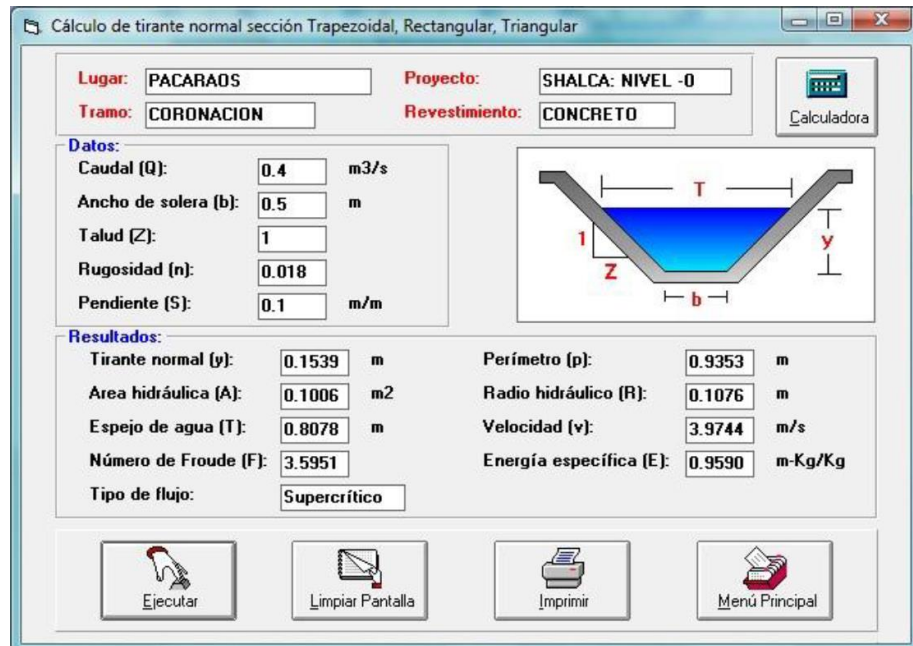
Cuenca	PERIODOS DE RETORNO (años)				
	10	25	50	100	500
Huanin	7.4	8.7	9.7	10.9	13.2
Ladera 1	2.12	2.49	2.77	3.11	3.78
Ladera 2	1.95	2.29	2.54	2.86	3.47
Area Influencia Depósito de Desmonte	0.30	0.30	0.40	0.40	0.50
Escorrentia hacia el Dep. de Desmonte	0.10	0.20	0.20	0.20	0.20

Finalmente, para el diseño del canal se utiliza los datos de la *tabla*

4.19, con Factor de rugosidad equivalente a 0.018 (correspondiente a materiales de construcción con concreto simple de 210 Kg/cm² de resistencia a la compresión), los resultados se muestran en la Figura 4.11, a través del uso del software HCanales.

Figura 4.11

Cálculo de las dimensiones del canal trapezoidal para el Canal de Coronación



Entonces, el proceso de construcción del canal de coronación usará las medidas redondeadas más cercanas a los resultados de la *Figura 4.11*, Como se plasma en la tabla 4.20.

Tabla 4.20

Dimensiones del canal de coronación.

Canal	Ancho Solera (m)	Abertura Superior (m)	Profundidad (m)	Talud lateral	Espejo de agua T (m)	Tirante Y (m)	L (m)
Trapezoidal	0.50	1.1	0.30	1H:1V	0.80	0.15	150

a) Cunetas de contorno del botadero de desmonte

El efluente producido en mina, más la adición de aguas que provienen

de la parte superficial del botadero de desmonte y de zonas que discurren sus aguas hacia esta área, serán captadas por cunetas que estarán localizadas al contorno del botadero de desmontes (*Anexo 10: Cunetas de Contorno*), garantizando de esta forma el control general de las aguas de escorrentía y evitando posibles contaminaciones, a través de un sistema integrado de drenaje que se dirigirá a una poza de tratamiento de aguas ubicada debajo del botadero de desmonte.

Tabla 4.21

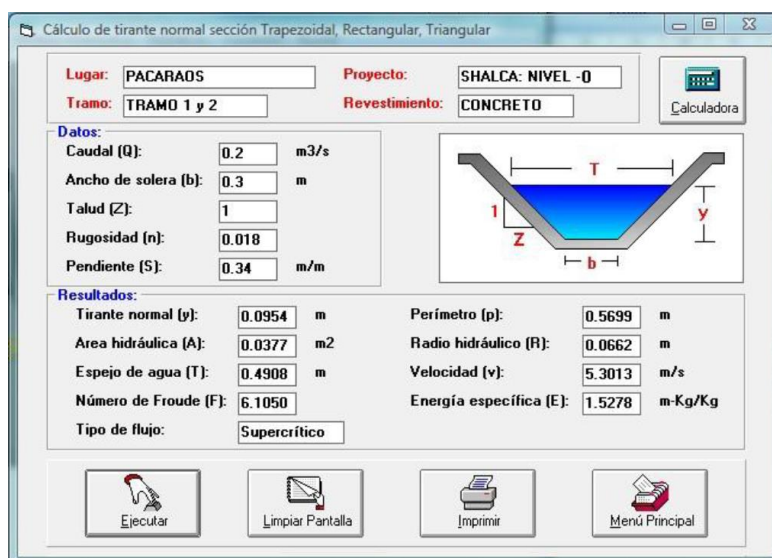
Caudales para cunetas laterales

TRAMO	C	I (mm/h)	A (Km ²)	Q (m ³ /s)
1	0.53	64.8	0.02	0.2
2	0.53	64.8	0.02	0.2

Así mismo, se usó el Software HCanales para el dimensionamiento de la cuneta, que consideraron los caudales de la *tabla 4.21*, que considera una cuneta trapezoidal de concreto simple con 210 Kg/cm² de resistencia a la compresión.

Figura 4.12

Cálculo de las dimensiones del canal trapezoidal para los canales laterales de derivación – Tramo 1 y 2



Como se aprecia en la figura 4.12, el tipo de flujo es supercrítico ($F > 1$), lo que significa que el canal tiende a ser erosionado por el agua que discurre por el mismo, debido a esto se ha optado por diseñar canales de concreto simple para una resistencia requerida de 210 Kg/cm² y añadir una geomembrana como cobertura de 1.5 mm. de espesor, esto con el fin de disminuir la erosión de la base del canal.

Tabla 4.22

Dimensiones de cunetas de contorno

Tramo	Ancho Solera (m)	Abertura Superior (m)	Profundidad (m)	Talud lateral	Espejo de agua T (m)	Tirante Y (m)	L (m)
1	0.30	0.70	0.20	1H:1V	0.50	0.1	177
2	0.30	0.70	0.20	1H:1V	0.50	0.1	201

Sistema de subdrenaje

Conformado con tuberías perforadas de HDPE ubicadas a 0.70 m. por debajo de la superficie natural, tendrán una ubicación diagonal al cauce natural, con el fin de derivar el agua al lugar de descarga. Se utilizará material tamizado del suelo gravoso (gradación igual o mayor que 3/8”), para ello va a ser necesario quitar el material fino del suelo gravoso,

siguiendo la norma ASTM-D422, así como se plasma en la *tabla 4.22*. Las tuberías usadas en el drenaje principal medirán 200 mm. de diámetro y las tuberías usadas como drenaje secundario 100 mm. (*Anexo 09: Sistema de Subdrenaje Principal y Secundario*)

Tabla 4.23

Granulometría – Tamizado (ASTM-D422)

Tamiz	ANTES DE ELIMINAR LA ARENA			DESPUES DE ELIMINAR LA ARENA		
	P (%)	% r	%R	P (%)	% r	%R
3"	100.0			100.0	0.0	0.0
2"	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
1 1/2"	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
1"	94.5	5.5	5.5	83.8	16.2	16.2
3/4"	85.7	8.8	14.3	57.8	26.0	42.2
3/8"	66.1	19.6	33.9	0.0	57.8	100.0
#4	51.0	15.1	49.0	0.0	0.0	100.0
#10	37.2	13.8	62.8	0.0	0.0	100.0
#20	29.3	7.9	70.7	0.0	0.0	100.0
#40	25.2	4.1	74.8	0.0	0.0	100.0
#60	22.6	2.6	77.4	0.0	0.0	100.0
#140	18.2	4.4	81.8	0.0	0.0	100.0
#200	17.2	1.0	82.8	0.0	0.0	100.0
Bandeja		17.2	100.0		0.0	100.0

Canal receptor

Este sistema de canal localizado en la parte inferior y externa del botadero, recibirá toda la carga hidráulica que provienen de las cunetas de contorno, así como del sistema de subdrenaje. Así que su caudal máximo de diseño, tomando en cuenta un periodo de retorno de 100 años será de 0.4 m³/s.

Las aguas recibidas por este canal serán canalizadas a una planta de tratamiento que se ubicará a 100 m aproximados desde el inicio del canal.

Figura 4.13

Cálculo de dimensiones del Canal Receptor



Tabla 4.24

Canal receptor - Dimensiones

Canal Receptor	Ancho Solera (m)	Abertura Superior (m)	Profundidad (m)	Talud lateral	Espejo de agua T (m)	Tirante Y (m)	L (m)
	0.50	0.90	0.20	1H:1V	0.81	0.15	100

d) Proceso de llenado de material de desmonte.

Se realizará según etapas, para la construcción del botadero de desmonte será necesario en primer lugar la accesibilidad hacia la plataforma por medio de un acceso que iniciará de la carretera principal. Seguidamente se realizará la secuencia de llenado siguiendo un control topográfico de los puntos replanteados.

Acorde a los planes que se tiene de exploración por parte de la Compañía. Está proyecto realizar avances de hasta 50 m. lineales por mes, esto con sección típica de 4x4 m, de esta forma se va a generar 800 m³ de material de desmonte por mes, el que para una capacidad de almacenamiento de 25,803.0 m³, se tiene calculado una vida útil de 2 años y medio.

4.2.4.4. Cronograma de Actividades Para Construcción del Depósito de Desmontes

Para la edificación del vertedero de desmonte se desarrollarán los trabajos considerando las vigentes Normas legales que demandan la normativa y los Códigos de protección del Medio Ambiente de los Recursos Naturales en las labores minero-metalúrgicas.

La realización de dicha edificación se deben considerar una serie de medidas y labores que se deben llevar a cabo con una adecuada tecnología y dañar en lo más mínimo posible la zona ubicada dicho vertedero de desmontes.

La ejecución de las obras de construcción como son los trabajos preliminares, canales de coronación y sistema de subdrenaje se llevarán a cabo dentro de 1 mes y el movimiento de tierra que corresponde al botadero de desmontes propiamente dicho se realizara en operación a lo largo de 2 años y medio.

4.2.4.5. Costo Presupuestado Para La Construcción Del Botadero De Desmontes

La empresa que realizará la edificación del botadero de desmontes el capital de inversión que ejecutará se estimará de acuerdo con

los metrados y de las características finales del botadero que dependen del análisis químico.

Para el proyecto de botadero de desmonte Shalca Nivel o, se ha presupuestado un monto total de S/. 499,298.629.

4.3. Prueba de Hipótesis

La presente investigación fue elaborada en tres niveles: Nivel Exploratorio, Nivel Descriptivo y Nivel Explicativo, debido a ello las pruebas de hipótesis se plantean con el cumplimiento de los objetivos planteados en el presente estudio, considerando la discusión de resultados que se muestran líneas abajo.

4.4. Discusión de resultados

Elaborar un diseño de depósitos de desmontes con sus respectivos sistemas de contención no es algo nuevo, el resultado final dependerá de un minucioso estudio y pruebas de laboratorio como los elaborados en el presente estudio.

Según condiciones topográficas se ve conveniente construir el depósito de desmontes dispuesto en ladera y construcción en ascendente, la elección de un sistema de contención con gaviones es óptima debido a la disposición de materiales para su elaboración y al factor de seguridad con resultados favorables.

Resultado de los análisis de estabilidad del muro de gaviones.

Condición de Análisis	Factor de Seguridad en Condición Final	Factor de Seguridad de Mínimo Aceptable
Coef. de Seg. contra el deslizamiento	30.44	>1.50
Coef. de Seg. contra el vuelco	15.38	>1.75
Coef. de Seg. contra la Rot. Global	2.09	>2.00

Como uno de los puntos mas importantes y fundamentales para determinar la estabilidad del depósito de desmontes en la Mina Shalca, se obtuvo resultados

favorables de factor de seguridad del depósito de desmontes mediante el análisis de estabilidad física como se indica en la tabla siguiente:

Análisis de Estabilidad física del depósito de desmontes en condiciones proyectadas.

Condición de Análisis	Factor de Seguridad en Condición Final			Factor de Seguridad Mínimo Aceptable
	Sección 1-1'	Sección 2-2'	Sección 3-3'	
Estática	2.790	3.634	11.153	1.5
Seudo-Estática	2.176	2.729	7.824	1.0

Estos resultados de análisis de estabilidad tanto en del depósito de desmontes, de los muros de contención y demás resultados descritos en el presente nos estarían garantizando su estabilidad en la construcción del mencionado depósito de desmontes de la mina Shalca.

CONCLUSIONES

- En primer lugar, considerando la topografía del área se ve conveniente construir el depósito de desmontes dispuesto en ladera y construcción en ascendente.
- Se ha definido la elección del sistema de gaviones como muro de contención, debido a que tiene como antecedente la evaluación de los muros desde la perspectiva de seguridad principalmente, seguido del costo de construcción y la disponibilidad de materiales en la zona del proyecto.
- La mineralización en el Proyecto Shalca es de tipo polimetálica, relleno fisural (vetas). La veta se ubica en tobas y cuarcitas brechadas. La alteración dominante en las estructuras es la argilización. La argilización moderada y fuerte se encuentran en las cajas (tobas andesíticas) acoplado con disseminación de pirita, óxidos de Fe y Mn. y vetillas de cuarzo hialino. Estructuralmente presentan discontinuidades, fallas geológicas, orientación de los estratos, pliegues y pseudo estratos. La influencia de los planos de discontinuidad sobre la estabilidad del macizo rocoso en las excavaciones y el área de estudio depende de su orientación, número de familias, espaciamiento y características entre sí, que para el área del botadero no se tiene registros o mapeos de estructuras de consideración mayor.
- Se ha desarrollado un programa de campo de exploraciones geotécnicas y ensayos de laboratorio para conocer los parámetros geotécnicos del material de desmonte y de la cimentación (*pag. 83 Resumen de Parámetros Geotécnicos*). Durante los análisis de campo en suelo in-situ a través de ensayos de penetración estándar (SPT) y excavaciones de calicatas, se conoció las características y propiedades del material de desmonte y suelo IN-SITU.
- Se ha calculado el factor de seguridad del depósito de desmontes, cuyos valores se encuentran por encima de los mínimos aceptables propuestos por el U.S. Corp of

Enginners (*los resultados se observan en la tabla Tabla 4.16: Análisis de Estabilidad física del depósito de desmontes en condiciones proyectadas*).

- Considerando el talud proyectado, la morfología del botadero, el desarrollo de las obras, las conclusiones de análisis de laboratorio y los parámetros de evaluación geotécnica de campo, se diseñó los criterios de construcción. terminando el estudio geotécnico y ambiental del lugar señalado para la edificación del depósito de desmontes concretando un área disponible de 6,821.38 m² aprovechables para una capacidad de almacenamiento de 25,803.0 m³ con vida útil de 2 años y medio a un ritmo de evacuación de desmonte de 800 m³ por mes (28.3 m³ por día)

RECOMENDACIONES

- Para edificar el basamento de cimentación del almacén de desmontes se perforara y se removerá todo el contenido orgánico, suelo saturado, suelo blando, suelo húmedo, después se compactara la capa de contenido arcilloso disponible para impermeabilizar la cimentación del vertedero; por lo tanto se ubicara un sistema de avenamiento y subdrenaje que ayudara a conducir las aguas superficiales e incluso aguas subterráneas.
- Se instalarán los lugares de control Durante la construcción del depósito tales como lugares de control geodésico, la instalación de inclinómetros, y estratégicos puntos establecidos por el consultor de control topográfico.
- Se debe realizarse el monitoreo topográfico del depósito de desmontes mediante un sistema de mediciones de hitos topográficos monumentados en puntos estratégicos del depósito a partir de un punto geodésico de primer orden, a los hitos de control topográfico ubicado en el botadero de desmontes


REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ MEM-DGAA. (1997). “Manejo de Relaves Mineros”. Guía Ambiental de Minería – Volumen VII.
- ✓ MEM-DGAA (1998). “Estabilidad de Taludes de Depósitos de Residuos Sólidos Provenientes de Actividades Mineras”. Guía Ambiental de Minería – Volumen XVI.
- ✓ Parra D. y Alva J. (1990). Evaluación del Potencial de Licuación de Suelos en Chimbote. Memorias del VIII Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Piura. Perú.
- ✓ Ponce, V. M. Engineering Hydrology, Principles and practices; Prentice Hall, New Jersey, 1989.
- ✓ Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1971). Simplified Procedures for Evaluating Soil Liquefaction Potential, Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, Vol. 97, No. SM9, pp.1249-1273.
- ✓ Seed, H.B., Tokimatsu, K., Harder L. F., and Chung, R. M. (1984). The Influence of SPT Procedures in Soil Liquefaction Resistance Evaluations, Report No. EERC 84-15, University of California, Berkeley.
- ✓ Seed, H.B. and Harder, L. F. (1990). SPT-Based Analysis of Cyclic Pore Pressure Generation and Undrained Residual Strength, Proc., H.
- ✓ Bolton Seed Memorial Symp., J. M. Duncan (Ed.), University of California, Berkeley, California, Vol. 2, pp 351-376.
- ✓ Stark, T.D. and Mesri. G. (1992). Undrained Shear Strength of Liquefied Sands for Stability Analysis, Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, 118(11), 1727-1747.
- ✓ Stark, T.D. and Olson. S.M. (1995). Liquefaction Resistance Using CPT and


Field Case Histories, Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE,
121(12), 856-869.

ANEXOS

Anexo 01: Registro de Calicatas



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO PERUANO JAPONES DE INVESTIGACIONES SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES





REGISTRO DE SONDAJE


Estudio : LG10-035
Solicitado : KQORING PERU S.A.C.
Proyecto : Estudio del Botadero de desmonte - Shalca
Ubicación : Loc. Pacaraos, Huaral, Lima
Fecha : Febrero, 2014

Cota Relativa (m) : -
Prof. Nivel Freat. (m) : N.A.
Prof. Total (m) : 1.50


CALICATA : C-1

Profundidad (m)	Espesor del estrato (m)	Muestra obtenida	Clasificación SUCS	Simbología Gráfica	Resultados de campo		Descripción	ENSAYO DE PENETRACION
					H. N. %	D. N. g/cm ³		
0.0								Gráfica de N 10 20 30 40 50 —○— SPT —●— CP
0.40	S/M	-	-		-	-	cobertura vegetal de arena limosa, con grava fina subangulosa, color marrón amarillenta.	
0.5								
1.0	M-1	SC	8.9		-	-	Suelo de naturaleza arenosa y arcillosa, color marrón amarillento, húmeda y de consistencia firme.	
1.5								

Página : 1 de 1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO PERUANO JAPONES DE INVESTIGACIONES SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES




REGISTRO DE SONDAJE

Estudio : LG10-036
Solicitado : KQORING PERU S.A.C.
Proyecto : Estudio del Botadero de desmonte - Shalca
Ubicación : Loc. Pacaraos, Huaral, Lima
Fecha : Febrero, 2014

Cota Relativa (m) : -
Prof. Nivel Freat. (m) : N.A.
Prof. Total (m) : 1.50

CALICATA : C-2

Profundidad (m)	Espesor del estrato (m)	Muestra obtenida	Clasificación SUCS	Simbología Gráfica	Resultados de campo		Descripción	ENSAYO DE PENETRACION
					H. N. %	D. N. g/cm ³		
0.0								Gráfica de N 10 20 30 40 50
0.5								
1.0	M-2	-	5.1		-	-		
1.5								

Página : 1 de 1



REGISTRO DE SONDAJE

Estudio : LG10-037

Solicitado : KQORING PERU S.A.C.

Proyecto : Estudio del Botadero de desmonte - Shalca

Cota Relativa (m) : -

Prof. Nivel Freat. (m) : N.A.

Prof. Total (m) : 1.50

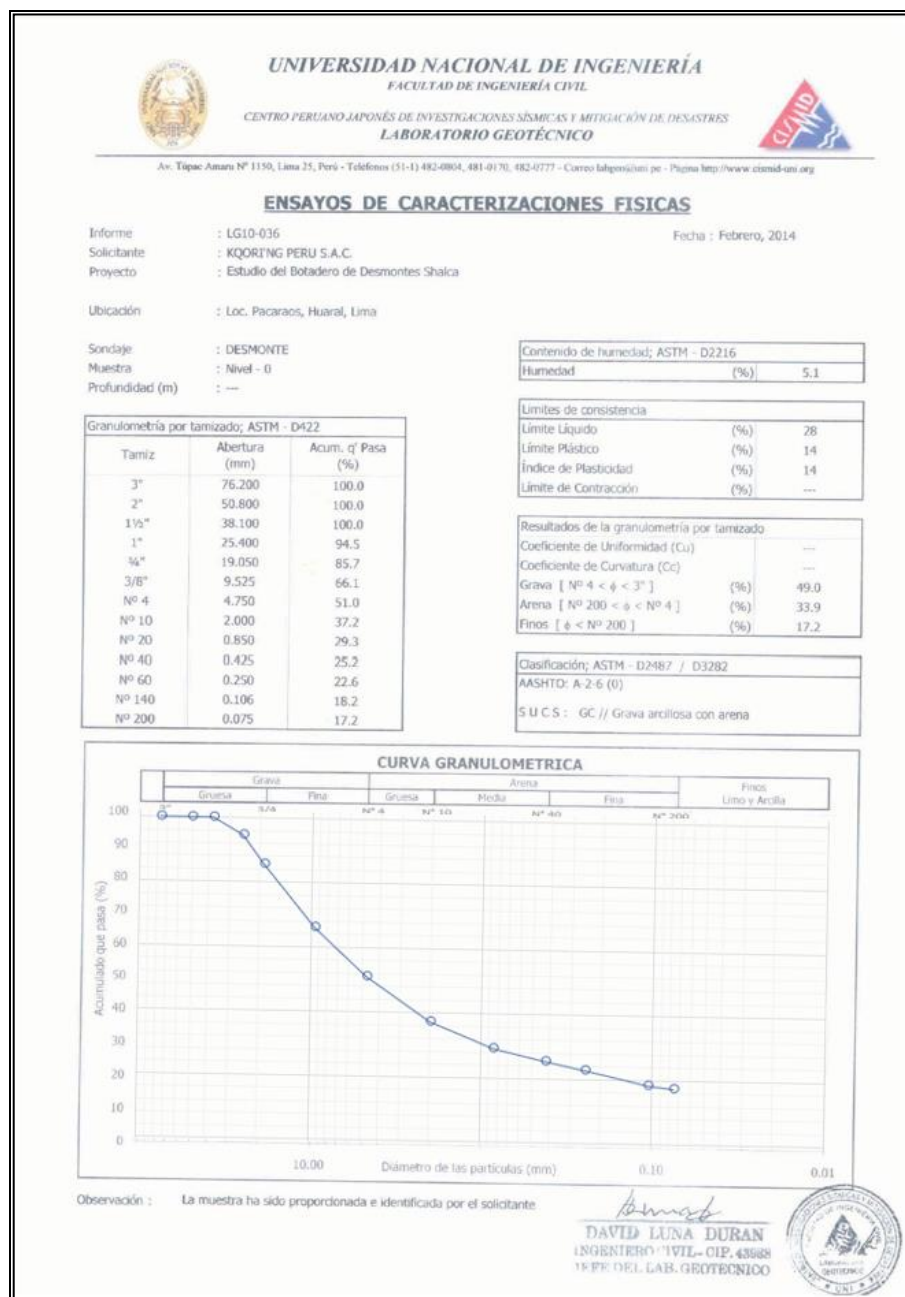
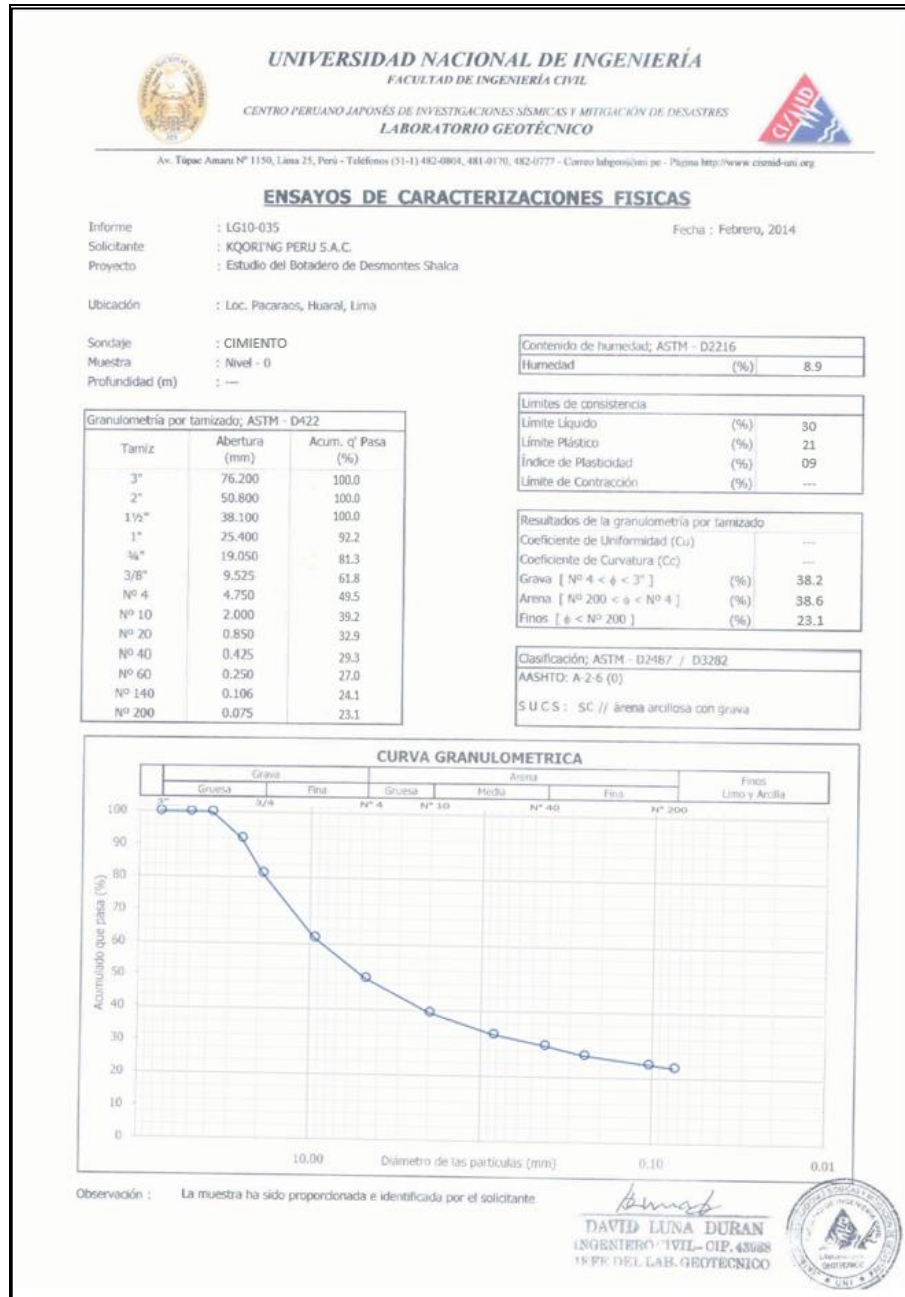
Ubicación : Loc. Pacaraos, Huaral, Lima

Fecha : Febrero, 2014

CALICATA : C-3

Profundidad (m)	Espesor del estrato (m)	Muestra obtenida	Clasificación SPTCS	Simbología Gráfica	Resultados de campo		Descripción	ENSAYO DE PENETRACION Gráfica de N 10 20 30 40 50 → SPT ← CP
					H. N. %	D. N. g/cm ³		
0.0								
0.50		S/M	-		-	-	Top Soil, arena limosa, grava subangulosa fina, color marrón.	
0.5								
1.0		M-3	GC		9.0	-	Grava angulosa y arcillosa, color marrón amarillento de consistencia firme, Humedad moderada.	
1.5								

Anexo 02: Ensayos de Caracterizaciones Físicas





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



Av. Tiquia Amaro N° 1150, Lima 25, Perú - Teléfonos (51-1) 482-0804, 481-0170, 082-0777 - Correo: labgeotecnico@un.edu.pe - Página: http://www.cienid-un.edu.pe

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

Informe : LG10-037 Fecha : Febrero, 2014
 Solicitante : KQORING PERU S.A.C.
 Proyecto : Estudio del Botadero de Desmontes Shalca
 Ubicación : Loc. Pacarao, Huaral, Lima
 Sonotaje : CIMENTO
 Muestra : Nivel - 0
 Profundidad (m) : ---

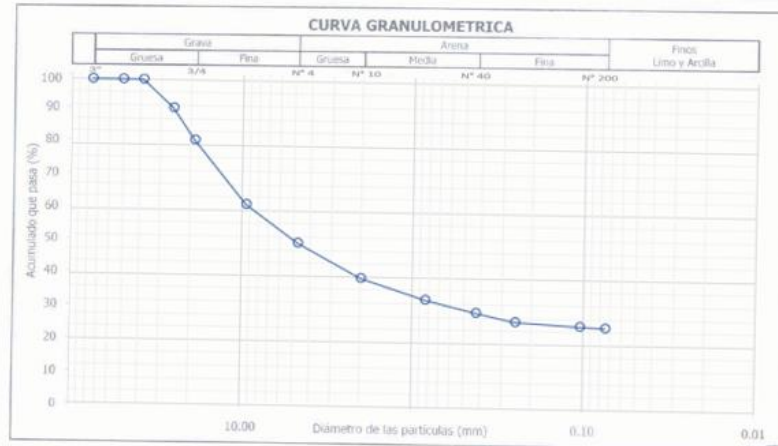
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1 1/2"	38.100	100.0
1"	25.400	92.8
3/4"	19.050	84.2
3/8"	9.525	65.0
Nº 4	4.750	51.2
Nº 10	2.000	40.8
Nº 20	0.850	33.2
Nº 40	0.425	29.5
Nº 60	0.250	26.8
Nº 140	0.106	23.1
Nº 200	0.075	22.3

Contenido de humedad; ASTM - D2216		
Humedad	(%)	9.0

Límites de consistencia		
Límite Líquido	(%)	34
Límite Plástico	(%)	20
Índice de Plasticidad	(%)	14
Límite de Contracción	(%)	---

Resultados de la granulometría por tamizado		
Coefficiente de Uniformidad (Cu)		---
Coefficiente de Curvatura (Cc)		---
Grava [Nº 4 < ϕ < 3"]	(%)	38.0
Arena [Nº 200 < ϕ < Nº 4]	(%)	36.8
Finos [ϕ < Nº 200]	(%)	25.3

Clasificación; ASTM - D2487 / D3282		
AASHTO: A-2-6 (0)		
SI U C S : GC // Grava arcillosa con arena		



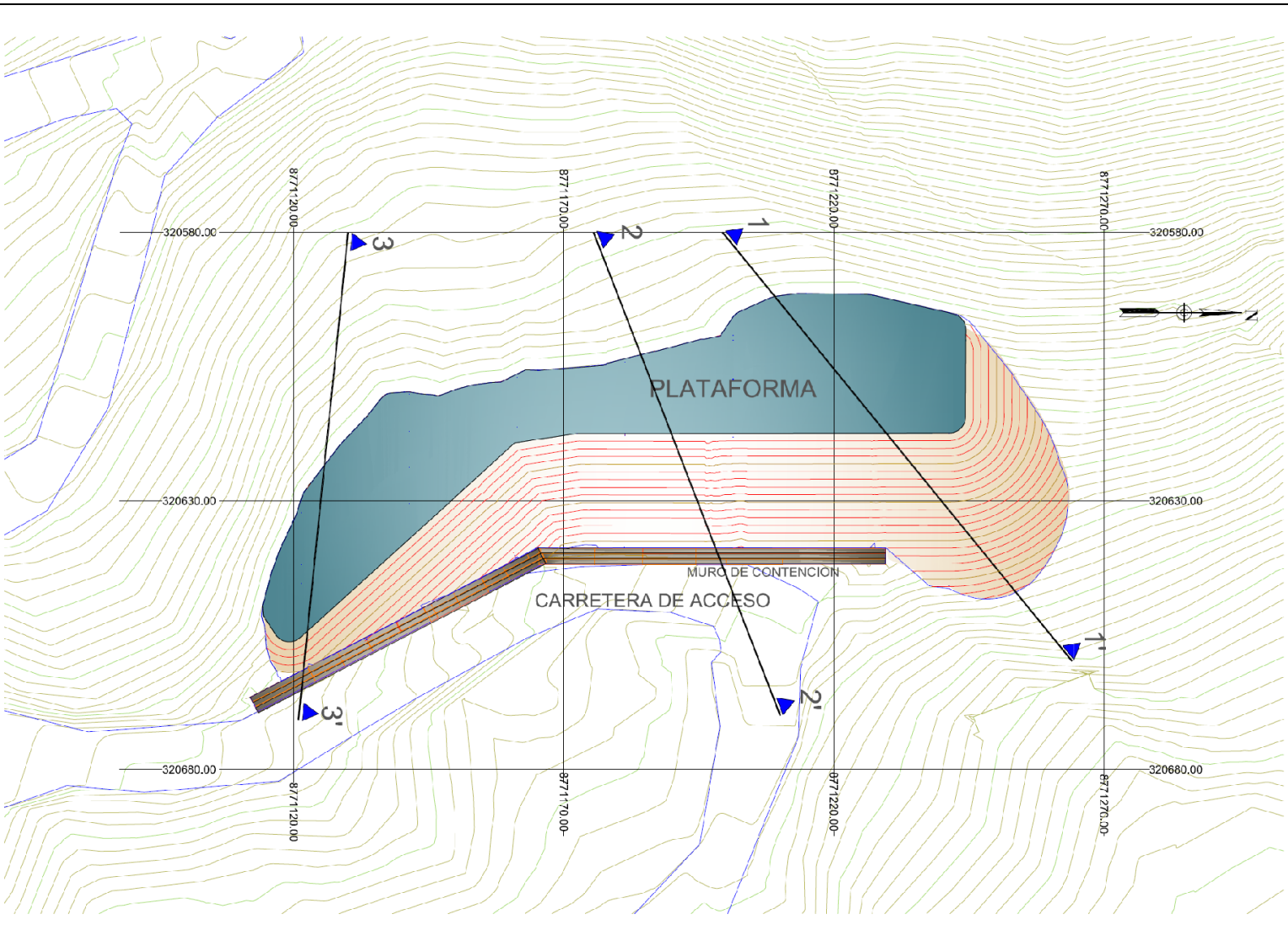
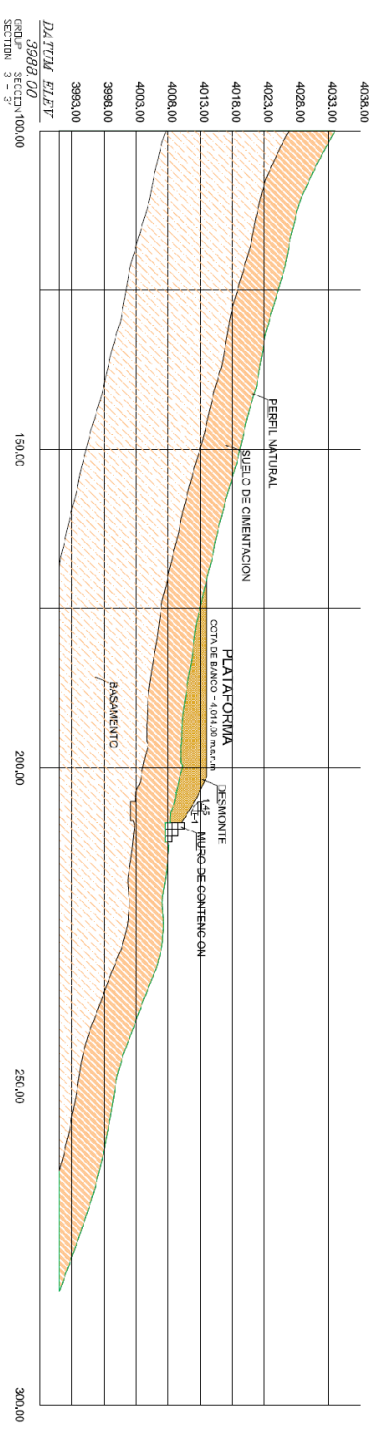
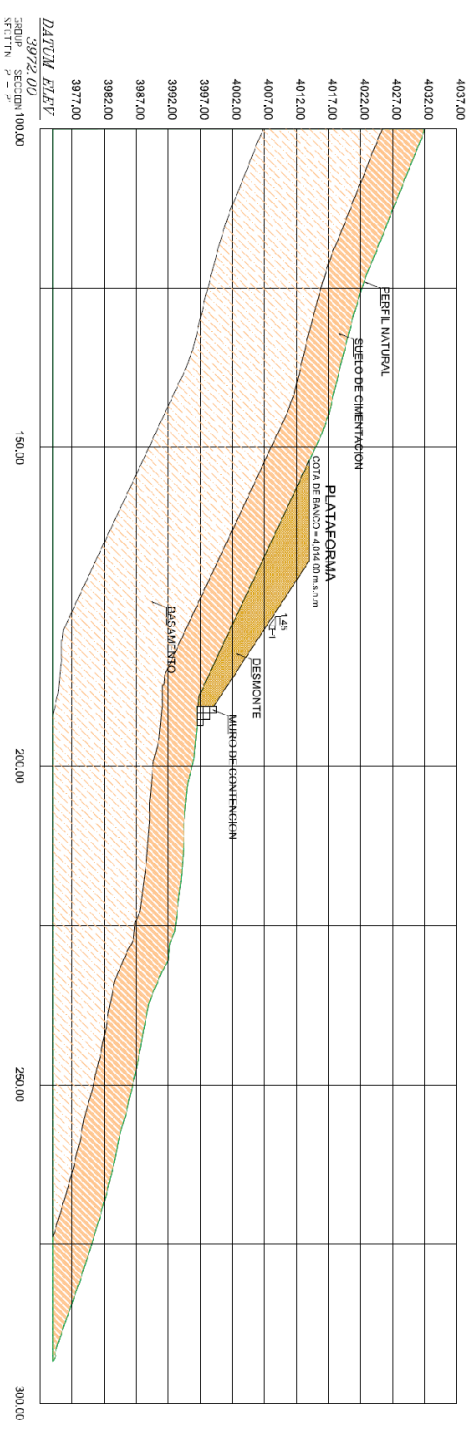
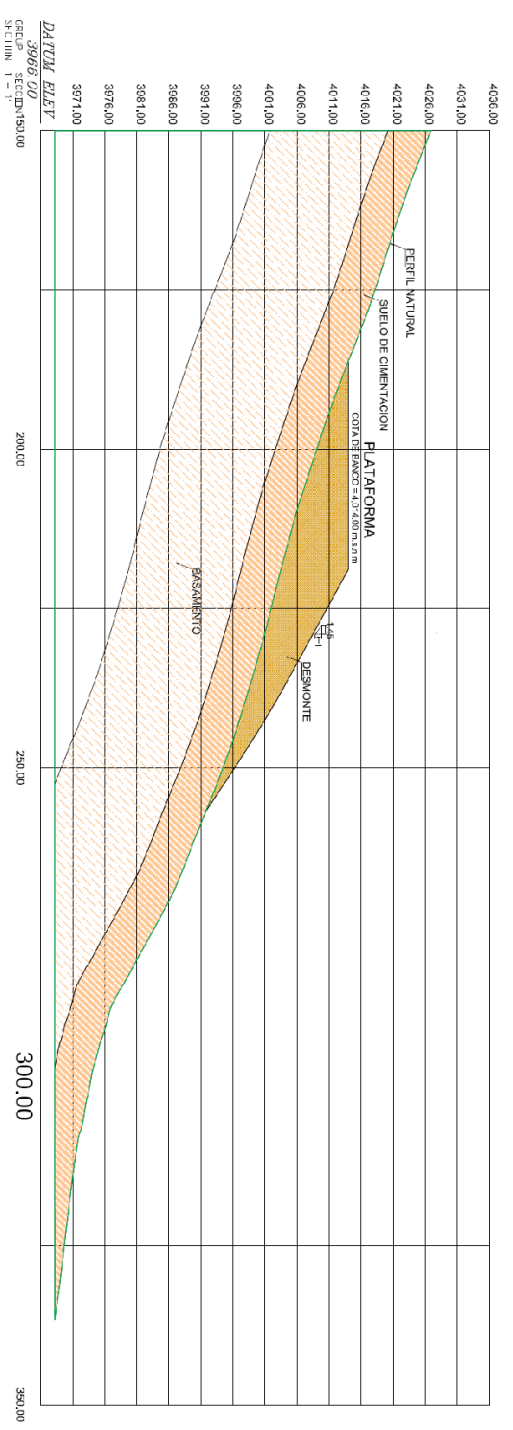
Observación : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante.

David Luna Duran
 DAVID LUNA DURAN
 INGENIERO CIVIL - CIP. 43688
 1º PE. DEL LAB. GEOTECNICO



Anexo 03: Secciones de Análisis de Estabilidad

SECCIONES DE ANALISIS DE ESTABILIDAD



DEPOSITO DE DESMONTES

SECCIONES	LEYENDA
LÍMITE DE DESMONTES	
MATERIAL DE DESMONTES	
SUELO DE CIMENTACION	
BASAMENTO	

COMPAÑIA MINERA VICHAYCOCHA S.A.C.
PROYECTO SHALCA

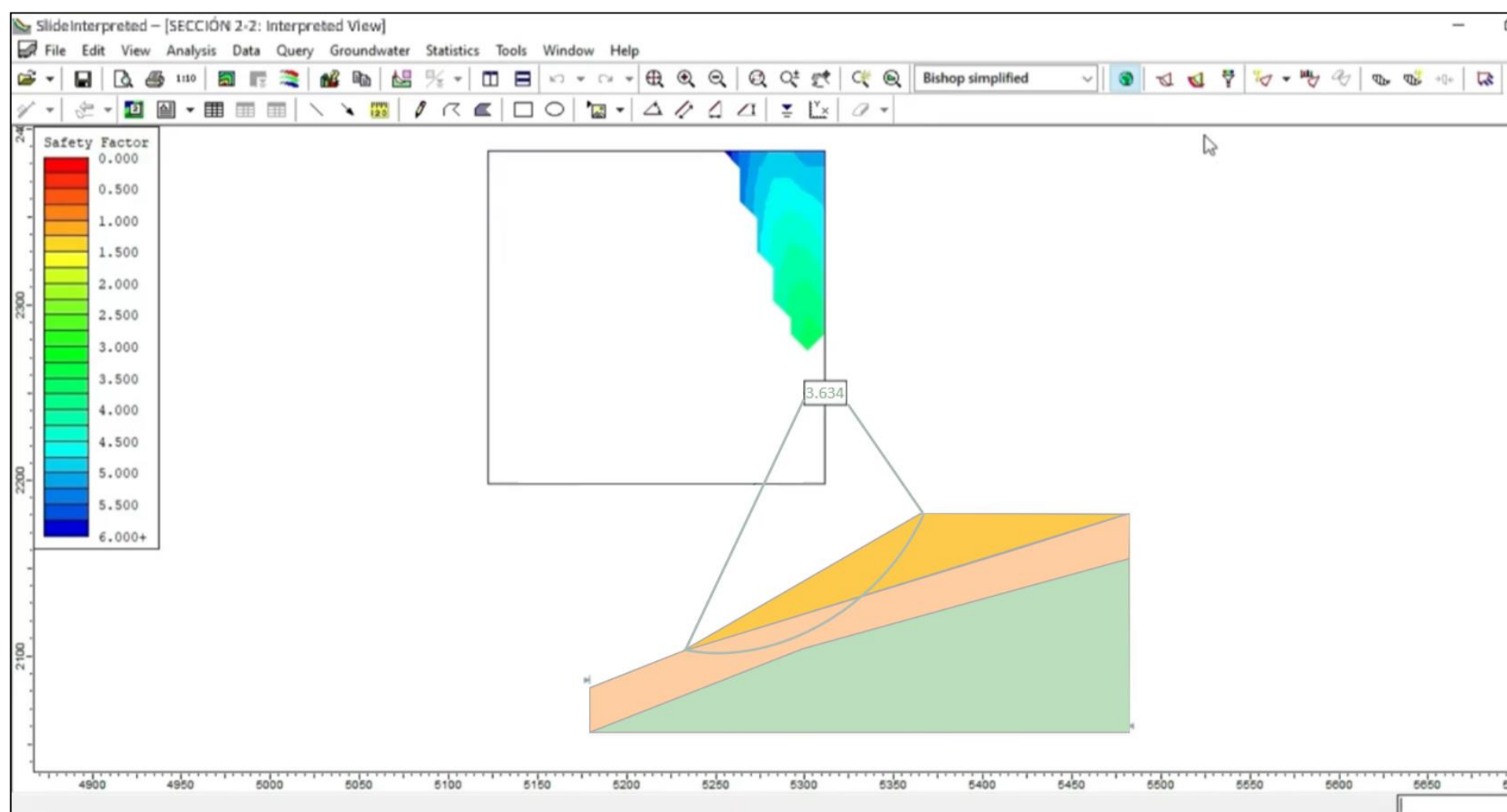
DISEÑO DEL DEPÓSITO DE DESMONTES NIVEL -0

TÍTULO: **SECCIONES DE ANALISIS DE ESTABILIDAD**

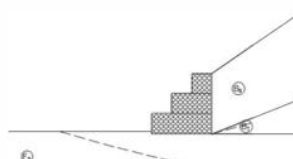
DIBUJADO POR : ESANIE	PROYECCION : UTM	FECHA: JULIO 2010
REVISADO POR : SGLANO	DATUM : PSAD 88	ESCALA: Indicada
APROBADO POR : CAHUAZ	ZONA : 18	PLANO N°: 08

DISTRITO : PACARAOS
PROVINCIA : HUARAL
DEPARTAMENTO : LIMA

Anexo 04: Análisis de Estabilidad física del depósito de desmontes – Sección 2-2'



Anexo 06: Reporte de Factores de Seguridad de Gaviones - GAWACWIN

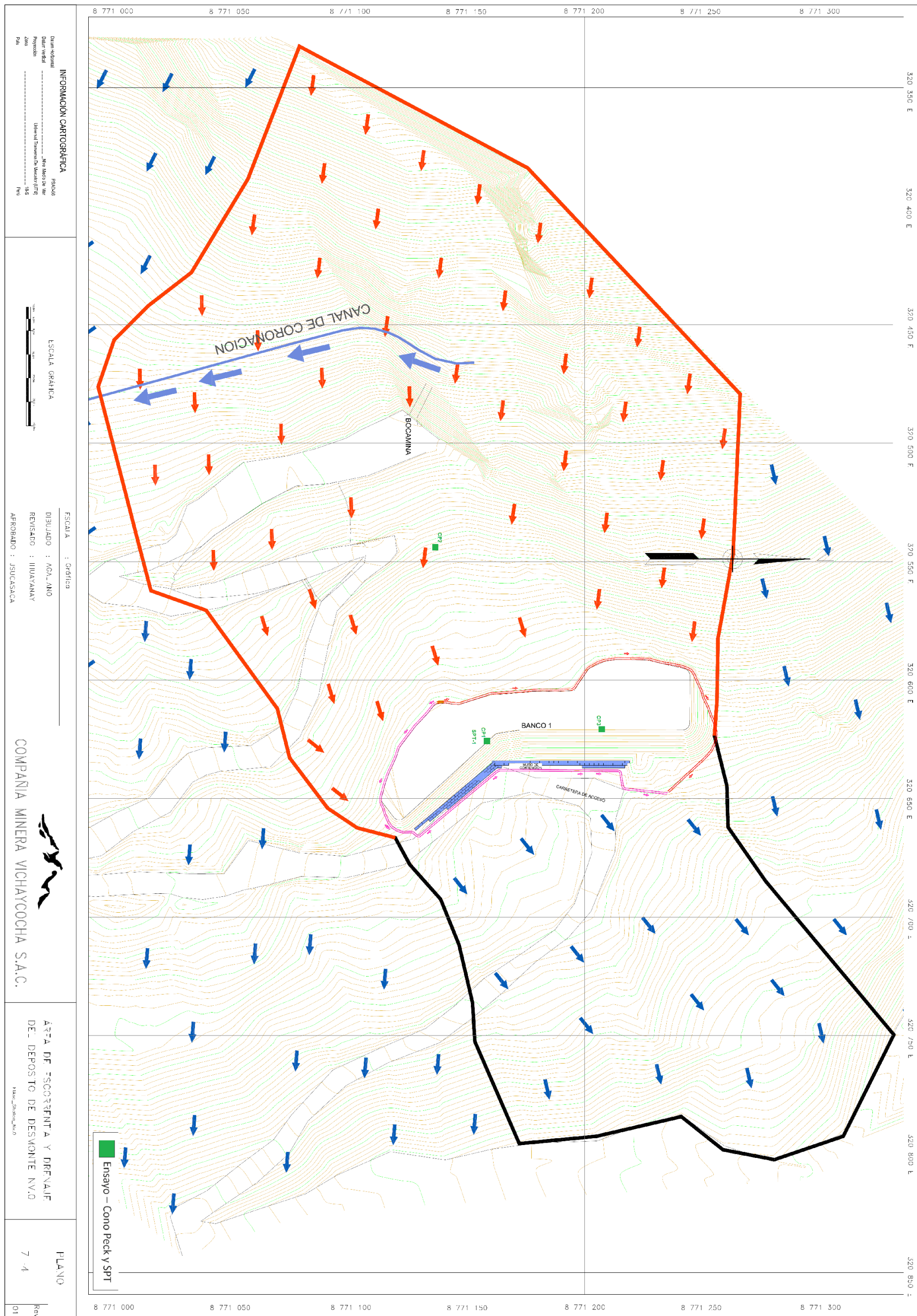
GawacWin 2003 Pagina 1	GawacWin 2003 Pagina 2																																					
<p>Programa licenciado para: MACCAFERRI WEB BRASIL</p> <p>Proyecto: Deposito de Desmonte_nv. 0 - Shalca</p> <p>Archivo: Deposito de Desmonte_nv. 0 - Shalca Fecha: 26/7/2010</p> <hr/> <p style="text-align: center;">DATOS INICIALES</p> <p>Datos sobre el muro</p> <p>Inclinación del muro : 0.00 grad.</p> <p>Peso esp. de las piedras : 23.83 kN/m³</p> <p>Porosidad de los gaviones : 30.00 %</p> <p>Geotextil en el terraplén : Si</p> <p>Reducción en la fricción : 5.00 %</p> <p>Geotextil en la base : Si</p> <p>Reducción en la fricción : 5.00 %</p> <p>Malla y diám. del alamb.: 8x10, ø 2.7 mm CD</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Datos sobre el suelo del terraplén</p> <p>Inclinación del segundo tramo : 0.00 grad.</p> <p>Peso específico del suelo : 20.10 kN/m³</p> <p>Ángulo de fricción del suelo : 29.00 grad.</p> <p>Cohesión del suelo : 0.00 kN/m²</p> <p>Ángulo de fricción del suelo : 29.00 grad.</p>	<p>Programa licenciado para: MACCAFERRI WEB BRASIL</p> <p>Proyecto: Deposito de Desmonte_nv. 0 - Shalca</p> <p>Archivo: Deposito de Desmonte_nv. 0 - Shalca Fecha: 26/7/2010</p> <hr/> <p>Datos sobre la fundación</p> <p>Profundidad de la fundación : 0.50 m</p> <p>Largo horiz. en la fundación : 58.00 m</p> <p>Inclinación de la de fundación : 25.00 grad.</p> <p>Peso específico del suelo : 18.50 kN/m³</p> <p>Ángulo de fricción del suelo : 34.90 grad.</p> <p>Cohesión del suelo : 88.20 kN/m²</p> <p>Presión aceptable en la fundación : 16530.00 kN/m²</p> <p>Nivel del agua : 2.50 m</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="5" style="text-align: center;">Camada adicional en la fundación</th> </tr> <tr> <th>Camada</th> <th>Profundidad m</th> <th>Peso específico kN/m³</th> <th>Cohesión kN/m²</th> <th>Ángulo de fricción grad.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table> <p>Datos sobre la napa freática</p> <p>Altura inicial : m</p> <p>Inclinación del primer tramo : grad.</p> <p>Largo del primer tramo : m</p> <p>Inclinación del segundo tramo : grad.</p> <p>Largo del segundo tramo : m</p> <p>Datos sobre las cargas</p> <p>Cargas distribuidas sobre el terraplén</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td>Primer tramo</td> <td style="text-align: right;">0.00 kN/m²</td> </tr> <tr> <td>Segundo tramo</td> <td style="text-align: right;">0.00 kN/m²</td> </tr> </table> <p>Cargas distribuidas sobre el muro</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td>Carga</td> <td style="text-align: right;">kN/m²</td> </tr> </table> <p>Línea de carga sobre el terraplén</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td>Carga 1</td> <td style="text-align: right;">kN/m</td> <td>Dist. al tope del muro</td> <td style="text-align: right;">m</td> </tr> <tr> <td>Carga 2</td> <td style="text-align: right;">kN/m</td> <td>Dist. al tope del muro</td> <td style="text-align: right;">m</td> </tr> <tr> <td>Carga 3</td> <td style="text-align: right;">kN/m</td> <td>Dist. al tope del muro</td> <td style="text-align: right;">m</td> </tr> </table> <p>Línea de carga sobre el muro</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td>Carga</td> <td style="text-align: right;">kN/m</td> <td>Dist. al tope del muro</td> <td style="text-align: right;">m</td> </tr> </table> <p>Datos sobre efectos sísmicos</p> <p>Coefficiente Horizontal : 0.125 g Coeficiente Vertical : 0.062 g</p>	Camada adicional en la fundación					Camada	Profundidad m	Peso específico kN/m ³	Cohesión kN/m ²	Ángulo de fricción grad.						Primer tramo	0.00 kN/m ²	Segundo tramo	0.00 kN/m ²	Carga	kN/m ²	Carga 1	kN/m	Dist. al tope del muro	m	Carga 2	kN/m	Dist. al tope del muro	m	Carga 3	kN/m	Dist. al tope del muro	m	Carga	kN/m	Dist. al tope del muro	m
Camada adicional en la fundación																																						
Camada	Profundidad m	Peso específico kN/m ³	Cohesión kN/m ²	Ángulo de fricción grad.																																		
Primer tramo	0.00 kN/m ²																																					
Segundo tramo	0.00 kN/m ²																																					
Carga	kN/m ²																																					
Carga 1	kN/m	Dist. al tope del muro	m																																			
Carga 2	kN/m	Dist. al tope del muro	m																																			
Carga 3	kN/m	Dist. al tope del muro	m																																			
Carga	kN/m	Dist. al tope del muro	m																																			

La Maccaferri, no asume responsabilidad sobre los diseños y cálculos

RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE ESTABILIDAD	
Empuje Activo y Pasivo	
Empuje Activo	: 110.42 kN/m
Punto de aplicación con ref. al eje X	: 3.00 m
Punto de aplicación con ref. al eje Y	: 1.20 m
Dirección del empuje con ref. al eje X	: 35.40 grad.
Empuje Pasivo	: 8.25 kN/m
Punto de aplicación con ref. al eje X	: 0.00 m
Punto de aplicación con ref. al eje Y	: 0.10 m
Dirección del empuje con ref. al eje X	: 0.00 grad.
Deslizamiento	
Fuerza normal en en la base	: 5656.17 kN/m
Punto de aplicación con ref. al eje X	: 1.52 m
Punto de aplicación con ref. al eje Y	: 0.00 m
Fuerza de corte en la base	: 1260.45 kN/m
Fuerza resistente en la base	: 3352.42 kN/m
Coef. de Seg. Contra el Deslizamiento	: 30.44
Vuelco	
Momento Activo	: 317.02 kN/m x m
Momento Resistente	: 4875.77 kN/m x m
Coef. de Seg. Contra el Vuelco	: 15.38
Estabilidad Global	
Distancia inicial a la izquierda	: m
Distancia inicial a la derecha	: m
Profundidad inicial con ref. a la base	: m
Máx. profundidad aceptable para el cálculo	: m
Centro del arco con referencia al eje X	: 1.44 m
Centro del arco con referencia al eje Y	: 12.17 m
Radio del arco	: 12.83 m
Número de superficies analizadas	: 38
Coef. de Seg. Contra la Rotura Global	: 2.09

La Maccaferri, no asume responsabilidad sobre los diseños y cálculos

Anexo 07: Área de Escoorrentía y Drenaje del Depósito de Desmorte



INFORMACION CARTOGRAFICA
 Datum: WGS 84
 Datum vertical: WGS 84
 Proyección: UTM
 Zona: 18 S
 P.M.S.:

ESCALA GRAFICA
 0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000

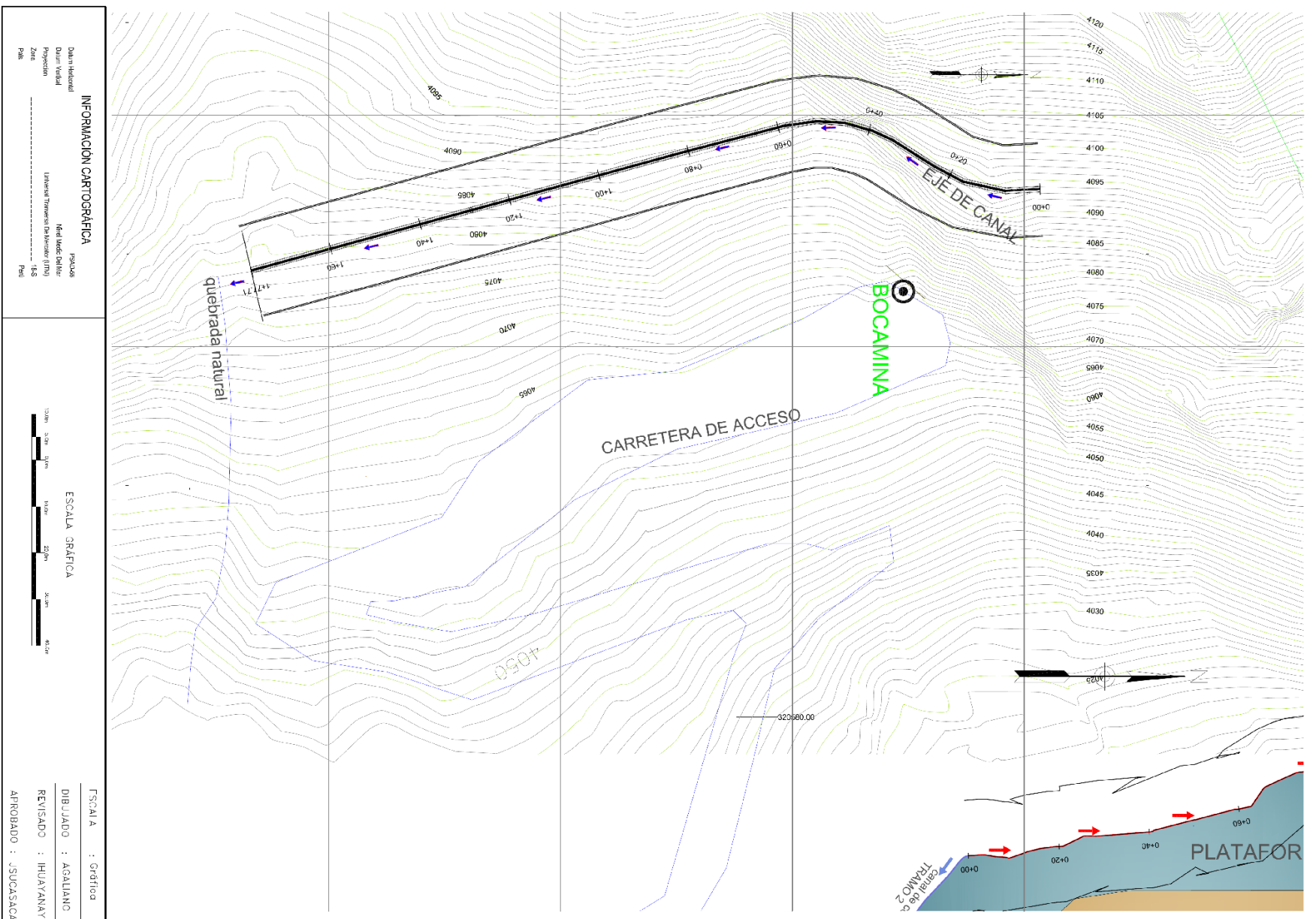
ESCALA : Gráfica
 DISEÑADO : MOL-ANO
 REVISADO : ILLUAYANAY
 APROBADO : JSUCASACA

COMPANIA MINERA VICHAYCOCHA S.A.C.

AREA DE ESCORRENTIA Y DRENAJE DEL DEPOSITO DE DESMORTE NV.0
 HAZARDO: Medio-Alto

PLANO
 7-4
 Rev. 01

Anexo 08: Canal de Coronación - Secciones



INFORMACION CARTOGRAFICA
 Datos: Horizontal
 Datum: WGS 84
 Proyeccion: UTM
 Zona: 18 S
 Fuente: PNA

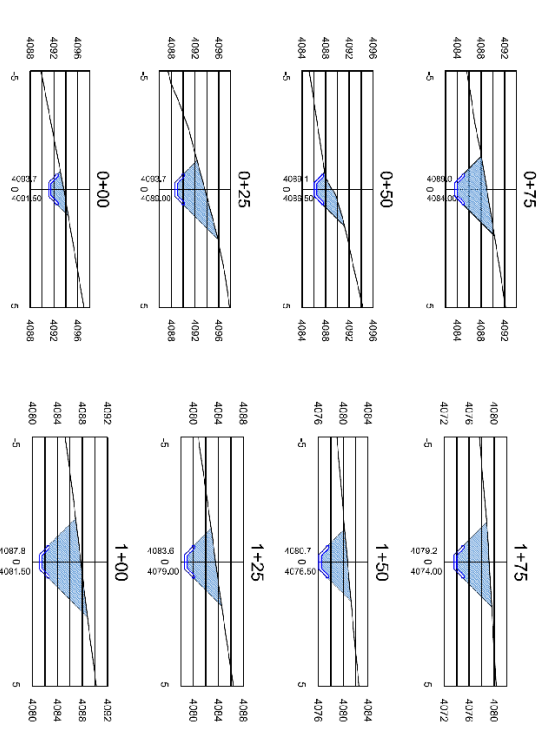
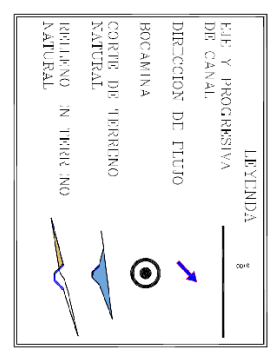
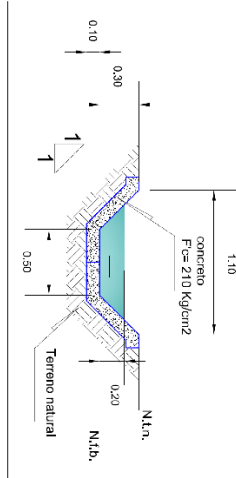
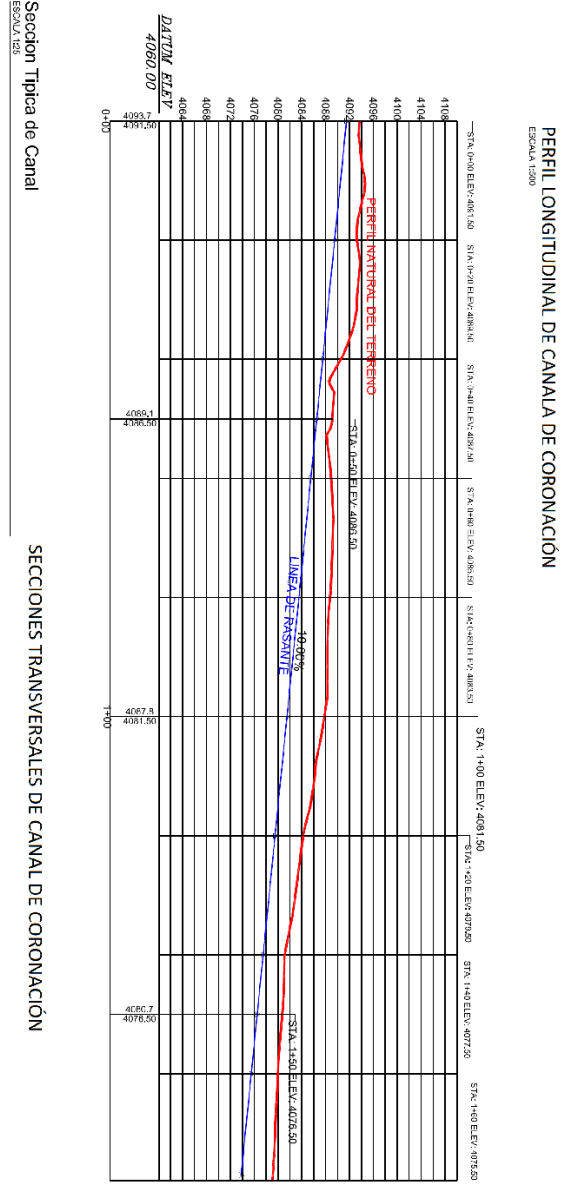
ESCALA GRAFICA
 1:5000
 1cm = 50m

ESCALA : Grafica
DIBUJADO : AGALIANO
REVISADO : IHUAVANAY
APROBADO : JUSUCASACA

COMPANIA MINERA VICHAYCOCHA S.A.C.

CANAL DE CORONACION - SECCIONES
 (DEPOSITO DE DESMONTES NV.0)

PLANO
 7-5
 Rev. 01



STATION	AREAS		VOLUMENS		CANTIDADES VOLUMENS	
	CVT	TML	CVT	FILL	CVT	FILL
0+00	0.76	4.15	52.50	0.00	52.50	0.00
0+25	4.94	1.95	57.26	0.00	104.91	0.00
0+50	6.03	6.96	57.98	0.00	162.99	0.00
0+75	4.42	0.27	95.57	0.00	258.73	0.00
1+00	3.06	0.12	14.19	0.00	307.67	0.00
1+25	6.73	4.03	72.42	0.00	475.86	0.00
1+50	6.43	6.62	12.88	0.00	320.54	0.00
1+75	0.61	3.71	0.55	0.00	350.00	0.00
1+77.6	0.00	0.00	0.00	0.00	350.00	0.00

Anexo 10: Cunetas de Contorno

