



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“DISEÑO DE ESTABILIDAD PARA EL CIERRE DEL
DEPÓSITO DE DESMONTE DY18, SECTOR
YANAMINA, HUANCVELICA 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Rogger Alexander Montalvo Alejo

Asesor:

Ing. M.Sc. Daniel Alejandro Alva Huamán

Cajamarca - Perú

2021

DEDICATORIA

Dedico este trabajo que implica años de esfuerzo durante mi formación a mis padres Olga Alejo Oroya, Ramiro Montalvo Alegre, Lucila Roque López, que cada vez que caía me daban soporte para seguir adelante y el ejemplo de ser excelentes personas y profesionales, a mi hijo Alexander Eythan Montalvo, en cuya mirada encuentro la inspiración para nunca rendirme, a mi papá Inocente, un abrazo hasta el cielo, a mi mamá Veca Valeria.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios padre porque guio y bendijo mi camino, a mis compañeros de aula los cuales me enseñaron que la competencia es la forma para superar mis límites, a todos mis docentes de la Universidad Privada del Norte que desde el inicio de esta carrera, aprendí, oí consejos y son motivación para tener un camino de excelencia, y un especial agradecimiento a mi asesor Ing. Daniel Alejandro Alva Huamán, quien ha sido más que un guía, un amigo que resolvió mis dudas sacrificando su tiempo, por resaltar que todo profesional debe ser competente y humilde, por su gran apoyo y amistad, por consolidar mis conocimientos plasmados en esta tesis.

Tabla de contenidos

	Pág.
DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	7
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	8
1.1. Realidad problemática	8
1.2. Formulación del problema	13
1.3. Objetivos	13
1.4. Hipótesis.....	13
CAPITULO II. METODOLOGÍA	14
CAPÍTULO III. RESULTADOS	17
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	40
4.1. Discusión.....	40
4.2. Conclusiones.....	41
REFERENCIAS	42

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Ubicación de la zona Yanamina.....	14
Tabla 2: Coordenadas de las desmonteras DY 18	14
Tabla 3: Mineralógica de las desmonteras en Yanamina.....	26
Tabla 4: Resultado del Balance Ácido-Base de desmonte.....	26
Tabla 5: Resultado de ensayo estándar de clasificación de suelos en Calicata.....	27
Tabla 6: Resultado de ensayo estándar de clasificación de suelos en Trinchera.....	27
Tabla 7: Parámetros de resistencia de los materiales en el sector Yanamina.....	28
Tabla 8: Estimación de costos de estabilidad depósito de desmonte DY18.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación de la zona de investigación “Yanamina”	15
Figura 2. Plano geológico del sector Yanamina depósito de desmonte DY18.....	25
Figura 3. Composición de los estratos del suelo de fundación y el desmonte.....	28
Figura 4. Análisis ESTÁTICO de la estabilidad física actual del talud general, para el depósito DY-18.....	29
Figura 5. Análisis PSEUDO-ESTÁTICO de la estabilidad física actual del talud general para el depósito DY-18.....	29
Figura 6. Análisis ESTÁTICO de la estabilidad local de los bancos con taludes, para el depósito DY-18.....	30
Figura 7. Análisis PSEUDO-ESTÁTICO de la estabilidad local de los bancos con taludes para el depósito DY-18.....	30
Figura 8. Plano de estabilidad física DY18.....	32
Figura 9. Sección típica A-A’.....	33
Figura 10. Sección típica B-B’.....	34
Figura 11. Plano de estabilidad hidrológica DY18.....	35
Figura 12. Vista en planta de los detalles de estabilidad hidrológica.....	36
Figura 13. Canal de coronación.....	36
Figura 14. Canal tipo T1 y T2.....	37
Figura 15. Detalle de descarga de canal a colchón de mampostería.....	37
Figura 16. Plano de estabilidad geoquímica.....	38

RESUMEN

Esta investigación tuvo por objetivo realizar el análisis geotécnico para la estabilidad de desmonteras en Yanamina, Huancavelica. La investigación fue descriptiva, explicativa y cuantitativa; se utilizó fichas de registro de datos geotécnicos, softwares ArcGIS y AutoCAD para elaboración de planos; para evaluar la estabilidad de las desmonteras, se realizó el análisis mediante un modelo matemático, en las secciones consideradas críticas, se empleó programas de cómputo como el Slide.

En la evaluación de la estabilidad física de las desmonteras se concluye que son inestables y deben ser removidas o estabilizadas mediante cortes y rellenos conformados con muros de pie, material de cobertura; en cuanto estabilidad hidrológica se tendrán 4 y 6 tramos respectivamente con sección tipo T1 y T2 de mampostería con pendiente variable de acuerdo a la superficie de terreno natural y descarga finalmente al colchón de mampostería, cuneta de acceso o a la caja colectora según corresponda. Las desmonteras no son generadores de acidez y el contenido de mercurio se considera que es estable y no lixivian su contenido en los cuerpos receptores está dentro de los Límites Máximos Permisibles, y serán revegetados colocándose una capa de material orgánico de 0,25 m de espesor para proseguir con la siembra y fertilización.

Palabras claves: Análisis geotécnico, estabilidad, desmontera.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En la actualidad en algunos lugares mineros del Perú el desmonte es depositado en áreas en las cuales no se ha realizado una adecuada evaluación geotécnica, he incluso se construyen cerca de drenajes pudiendo contaminar estos, además de viviendas aledañas, y en el peor de los casos son abandonados y a futuro se convierten en pasivos ambientales,

KNIGHT PIÉSOLD CONSULTORES S.A (2014). Menciona en su estudio de “Evaluación de la estabilidad de los taludes”, en Asiento Minero Cerro Verde-Uchumayo , el estudio se realizó en tajo abierto con el objetivo de determinar las condiciones de estabilidad física de las taludes de desmonte a una altitud de 2700 msnm con un clima caluroso y poca lluvia donde el movimiento telúrico varia de 8,8 – 9,0 M, el análisis lo realizó con el programa Slope versión 5.14, y los resultados de los análisis de estabilidad estáticos, bajo condiciones normales y de abandono, indican el talud del desmonte mantienen un factor de seguridad aceptable en lo que respecta a los estándares internacionales. Sin embargo, es común que los botaderos exhiban fallas superficiales esporádicas y agrietamientos producidos por asentamientos iniciales durante la operación. Si durante la operación se presentaran agrietamientos y fallas superficiales con mucha frecuencia, se recomienda tender taludes con pendientes comprendidas entre 28° y 33°, medidos con respecto a la horizontal. En nuestro estudio determinaremos las condiciones para la estabilidad del talud influenciados por el entorno local y los factores externos así como el pendiente adecuado para minimizar agrietamientos y fallas superficiales.

CARLOS HUISA CCORI (2011). En su “Estudio del diseño de talud de las escombreras mineras para mitigar el impacto ambiental por deslizamientos” en botadero de mina Cuajone donde se utilizó el software slide 5.0 de Rocscience por el método de Bishop Simplificado, y se concluyó que el talud es físicamente inestable con factor de seguridad 0.488 que es menor a uno.

Según los autores Vaughan (1989.), Elizondo (1994), entre los factores que afectan la estabilidad de las desmonteras tenemos:

a) la configuración del botadero como son la altura (Distancia vertical desde la superficie del terreno a la cresta del botadero); volumen (Usualmente expresado en metros cúbicos); ángulo de talud (Es el ángulo total medido desde la cresta hasta el pie del botadero. Por lo general el ángulo aceptado es de 26° , este valor va relacionado con los procesos de reclamación); promedio del ángulo de reposo de los materiales en los botaderos es 37° , ángulos mayores a 37° podrían ser considerados como botaderos sobre inclinado y estos están relacionados con el tipo de materiales que son descargados.

b) la fundación de los taludes y grado de confinamiento, Ambos afectan la estabilidad de los botaderos, Fundaciones muy empinadas de los taludes y sin confinamiento, son consideradas de alto riesgo y han sido reportadas como causa de fallas importantes, una situación favorable sería la disminución del ángulo en la base del botadero y el confinamiento tridimensional del mismo.

c) Condiciones de la fundación que por lo general son consideradas como factores clave en la estabilidad general del botadero los tipos de Fundaciones: Competente: Botadero fundado sobre roca competente o suelo con igual o mayor resistencia que los

materiales del botadero en el cual es insensible la generación de presión de poros o la reducción de la resistencia por el aumento de la carga.

Intermedia: En este caso el material consolidará y ganará resistencia con el tiempo, sin embargo, es susceptible a generar presiones de poros y baja resistencia si es cargado rápidamente.

Débil: Los materiales son débiles y no pueden asegurar buenos límites de resistencia al corte, se tratan de materiales que no ganan una resistencia significativa con la consolidación por la carga. Este fenómeno es común en las arcillas y son materiales susceptibles a licuefacción o elevadas presiones de poros.

Las desmonteras han sido y son una estructura de mucha importancia para la minería, debido a su importancia en el ciclo de operación. Un control inadecuado o poco interés de las empresas mineras hacia dichas estructuras han generado pasivos ambientales muy visibles a los ojos de la población en general, que han catalogado a la actividad minera como altamente contaminador (Vilca, 2019).

Ortiz (2011), nos dice que los criterios utilizados en el diseño se basan en la aplicación de metodologías de análisis y diseño, para obras de ingeniería geotécnica. En los análisis de estabilidad de taludes se considera un valor mínimo de Factor de Seguridad FS de 1,5 en la condición estática, sin sismo. Para la condición pseudo-estática se considera un coeficiente sísmico equivalente a 1/2 de la aceleración sísmica de diseño que asegura un adecuado comportamiento de los taludes desde el punto de vista de la resistencia de los suelos y materiales involucrados, Los análisis de estabilidad asumen superficies de falla tipo circular, planar o fallas del tipo bloque. Si el botadero de desmonte no es físicamente estable se proponen tres métodos de trabajo: Método de Banquetas, Método de Gaviones, Método de Suelo Reforzado. El control físico de los

botaderos se demuestra que tiene gran influencia, al controlar el diseño del talud, para que estos no colapsen.

Sjobery (1996), Deere (1987), Hook (1985) plantean el diseño de la pendiente (talud) de las pilas o escombreras de desmonte en su forma estructural, para garantizar las medidas de seguridad preventivo; refieren sus temas al diseño de una pared de talud utilizando modelos de equilibrio limite, análisis finito para encontrar un factor de seguridad compatible con la estabilidad física. En este trabajo de investigación se aplicará un software que nos permita realizar el análisis finito y la evaluación del equilibrio límite con la finalidad de diseñar una pared de talud encontrando su factor de seguridad para estabilizar el cierre del depósito de desmonte.

Otro autor como Cai (2007) indica que el uso de GIS (Sistema de Información Geofísica) ayudaría como modelo para el análisis de la estabilidad de un talud en 30 considerando un factor de seguridad mínima de 1,33.

Según el MEM (2016), para las desmonteras, los factores mínimos de seguridad son 1.5 como factor de seguridad mínimo en condiciones estáticas y 1.3 como factor mínimo de seguridad en condiciones pseudo-estáticas.

Vilca (2019), en su estudio geotécnico para la estabilidad del talud del depósito de desmonte santa rosa del proyecto santa rosa – Arequipa, planteó que para el depósito de desmonte se contará con un talud interbanqueta de 2H: 1V y talud global de 2.5H:1V. mencionó que el material almacenado en el depósito de desmonte no generará drenaje ácido, la construcción será en forma ascendente; con una capacidad de material de desmonte de mina de aproximadamente 196 511.00 m³ en un área total aproximado de 2.0 ha. Para la estabilidad hidrológica los canales han sido diseñados con taludes laterales de 1H:1V, con secciones transversales trapezoidales o en “V”, y

propone colocar un revestimiento de enrocado y enrocado con concreto. Cabe mencionar que ésta teoría se aplicará en el cálculo de los parámetros de estabilidad del talud en la etapa de cierre de mina.

Ortiz (2016), menciona que según los resultados obtenidos en laboratorio el material de desmonte no es generador de drenaje ácido, el sistema de clasificación unificado de suelos (SUCS) gravas, arenas, limonitas. En los ensayos de compresión triaxial el ángulo de fricción interna para el depósito de desmonte Cuajone es 37 grados y Cocotea Oeste de 39 grados.

Ortiz (2011), en su investigación determinó que la mejor inclinación del banco debe ser de 30°, con una altura de 15 m con banquetas de 12 m, que da un factor de seguridad de 1,50, incluyendo coeficiente sísmico y carga de volquetes de 100 t, lo cual está por encima del mínimo que está de 1 -1,5. Recomendó colocar una cobertura de arcilla y tierra de la zona en el botadero para que no sigan produciendo aguas ácidas y a fin de mejorar el paisaje, la cobertura debe tener un mínimo de 30 cm, y sembrar plantas de la zona. En la corona y en la base de botadero recomendó colocar canaletas de drenaje de escorrentía, así mismo se proyectó la construcción de canales de drenaje para evitar el efecto de la escorrentía superficial.

Álvarez (2018), fijó metas en la ejecución del cierre del Botadero 28, pasando por las fases hasta su cierre final. Se analizaron las fases 3 de 30 hectáreas, fase 4 de 16 hectáreas y la fase 5 consta de 11.6 hectáreas, para lo cual se hizo en detalle el diseño y construcción del cierre de la fase 3; finalmente, se hizo una proyección del cierre del Botadero 28 en sus fases finales 4 y 5. Como resultados en seguridad (1.14-1.13), estabilidad física con una compactación mayor del 95%, calidad del agua, estabilidad geoquímica de no producir drenaje ácido, estabilidad biológica, uso futuro del suelo.

Como consecuencia de las actividades mineras realizadas por Yanamina han quedado bocaminas, rajos, chimeneas, tajos abiertos, depósitos de relaves y depósitos de desmontes localizadas en diferentes zonas con áreas, volúmenes, formas y características diversas.

En tal sentido como parte de la investigación se ha realizado un análisis geotécnico para la estabilidad física de las desmonteras en Yanamina.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el diseño de estabilidad para el cierre del depósito de desmonte DY18 en Yanamina, Huancavelica 2020?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Realizar el diseño de estabilidad para el cierre del depósito de desmonte DY18, Yanamina, Huancavelica 2020.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las formaciones geológicas del sector Yanamina.
- Realizar una evaluación geotécnica para el diseño de estabilidad física, hidrológica y geoquímica del depósito de desmonte DY18.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis General

Al realizar el diseño de la estabilidad se podrá cerrar el depósito de desmonte DY18, Yanamina, Huancavelica 2020.

CAPITULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Será de tipo Cuantitativo No Experimental porque se usará datos cuantitativos en los cuales usaremos datos existentes (Ensayos) los cuales no se podrán manipular o modificar y de nivel correlacional, ya que las variables tendrán relación entre sí.

Según su profundidad: La investigación fue explicativa, porque se dio estudio a las relaciones de influencia entre las dos variables, es decir de los parámetros geotécnicos y la estabilidad de las desmonteras.

2.2. Población y muestra

La población son todos los depósitos de desmonte del sector Yanamina, Huancavelica.

La muestra es el depósito de desmonte DY18.

Ubicación

Yanamina se ubica en el departamento de Huancavelica, Ver plano 01

Tabla 1.
Ubicación de la mina Yanamina

DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO
Yanamina	Huancavelica	Huancavelica

Las coordenadas de la concesión minera se muestran en la tabla 2.

Tabla 2.
Coordenadas de las desmonteras DY18

DEPÓSITO DE DESMONTE-YANAMINA			
DESMONTERA	COORDENADAS		ÁREA m ²
	NORTE	ESTE	
DY18	8,581,588.69	503,778.67	3,752.40

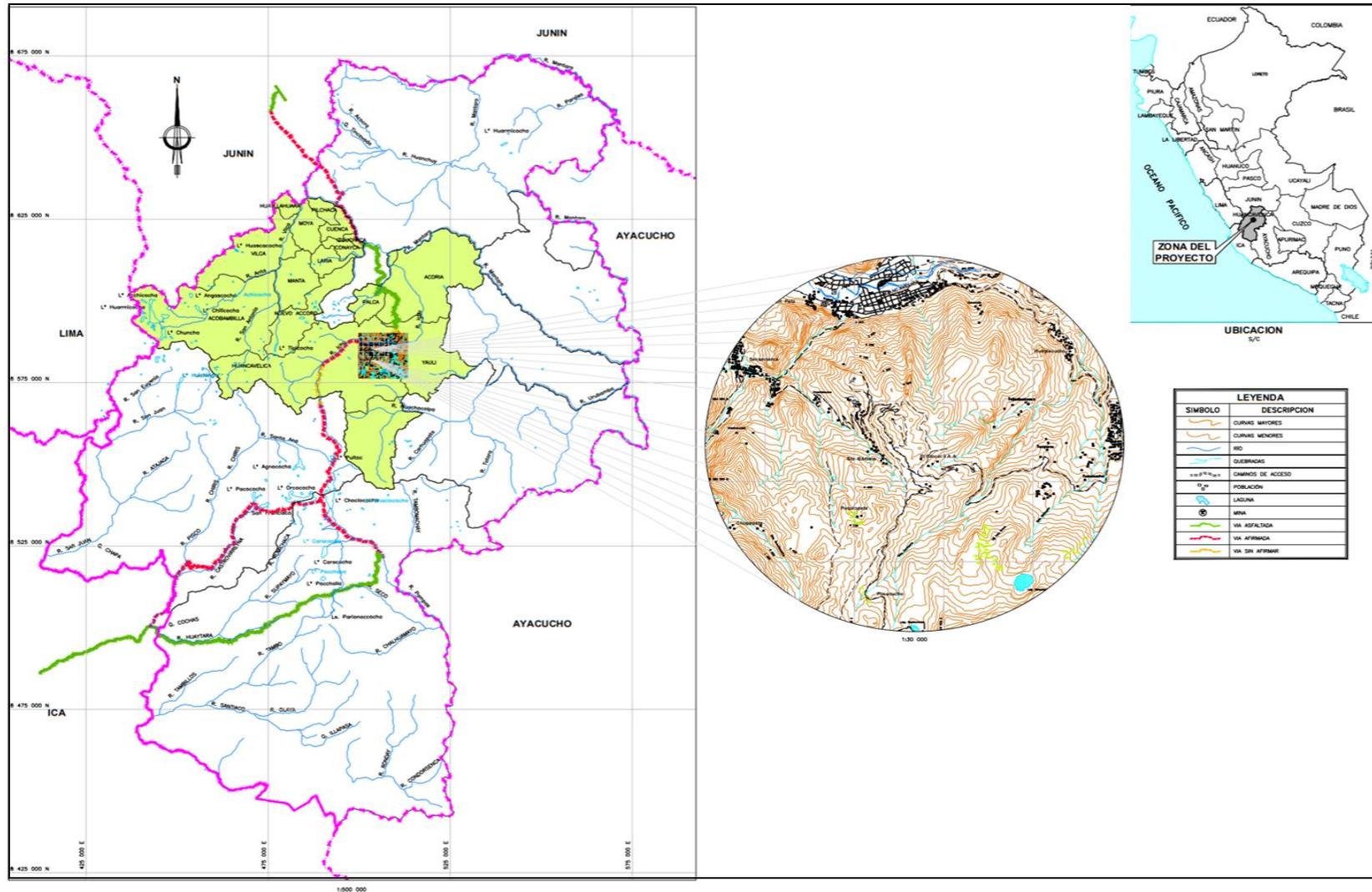


Figura 1. Ubicación de la zona de investigación “Yanamina”. Ver plano 1

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

La técnica viene a ser la observación directa, plano topográfico base para al cartografiado, uso de software ArcGIS y AutoCAD para elaboración de planos, Slide para hallar el factor de seguridad.

Para evaluar la estabilidad de las desmonteras, se ha realizado el análisis de estabilidad de taludes mediante modelo matemático, en las secciones, consideradas críticas.

En los cálculos relativos al análisis de estabilidad de taludes se han empleado programas de cómputo de reconocida confiabilidad Slide de Rocscience, lo que ha posibilitado estudiar detalladamente una gran variedad de configuraciones de falla.

2.5. Procedimiento

Etapa Pre-Campo

Recopilación de información bibliográfica usando como fuente principal el INGEMMET.

Etapa de Campo

Mediciones de los parámetros geotécnicos.

Toma de muestras para ensayo de laboratorio de suelos.

Registro fotográfico de las desmonteras.

Etapa Post-Campo (Gabinete)

Procesamiento de los datos geotécnicos en el software Rockslide

2.6. Aspectos Éticos

Para la utilización del software de análisis usados en éste trabajo no se necesitó permiso puesto que éstos son de libre acceso y descarga.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Geología de la zona Yanamina

Geología regional

En el sector de Yanamina se encuentran predominando las rocas volcánicas y areniscas, con alto contenido de cuarzo, además está conformada por unidades litoestratigráficas cuyas edades van desde Mesozoico hasta el reciente.

Formación Chunumayo:

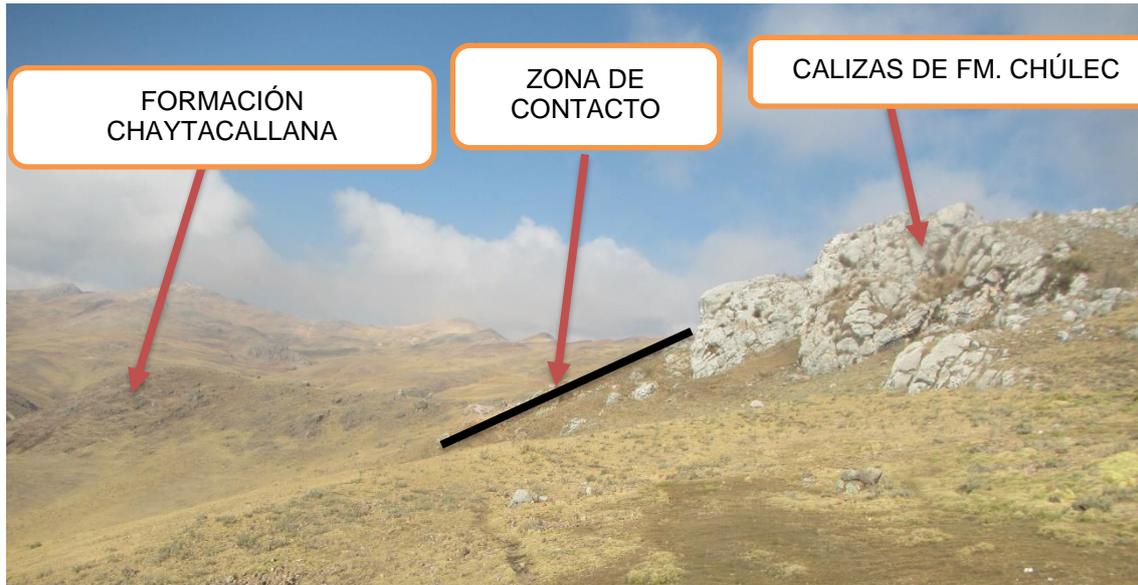
La formación Chunumayo en el sector de Yanamina se encuentran al SE y al SW de la laguna Suytococha. Está constituida por la intercalación de calizas micríticas con calizas de grano medio a fino, ambas de coloración grisáceo y con un espesor de más o menos 150 m, continuando la secuencia calcárea con una coloración gris a marrón claro, intercalándose algunos delgados horizontes arcillosos. En la parte media presenta nódulos de chert y bancos medianos de calizas areniscosas y un mayor contenido arcilloso, tienen un grosor aproximado de 80 m. Hacia el tope predominan las areniscas intercaladas con horizontes delgados de limoarcillitas y calizas espáticas.



Formación Chayllacatana:

La formación Chayllacatana en el sector de Yanamina está ubicada al Norte de la DY – 18 y la cruza el río Carnicería que va con dirección al NE. En esta formación se puede diferenciar derrames de lavas con texturas ofíticas hasta porfiríticas con estructuras amigdaloides (vesiculares) de colores violáceos. Están ampliamente distribuidas al Norte del sector Yanamina. Consiste de una secuencia volcánica sedimentaria de derrames basálticos de olivino de coloración predominante gris verdoso a verde olivo y gris violáceo interestratificadas con areniscas amarillentas -rojizas. Son descompuestas fácilmente debido a la susceptibilidad al intemperismo y a ser erosionadas. Los suelos que se derivan de ellas tienen colores semejantes. Estratigráficamente se encuentra concordante en la parte superior del Grupo Goyllarisquizga, constituyendo el tope de las secuencias de areniscas rojizas, sin embargo, todavía se le encuentra en alternancia con capas delgadas de estas areniscas, y subyace concordantemente a la Formación Chúlec. Se estima un espesor máximo superior de 200 m.

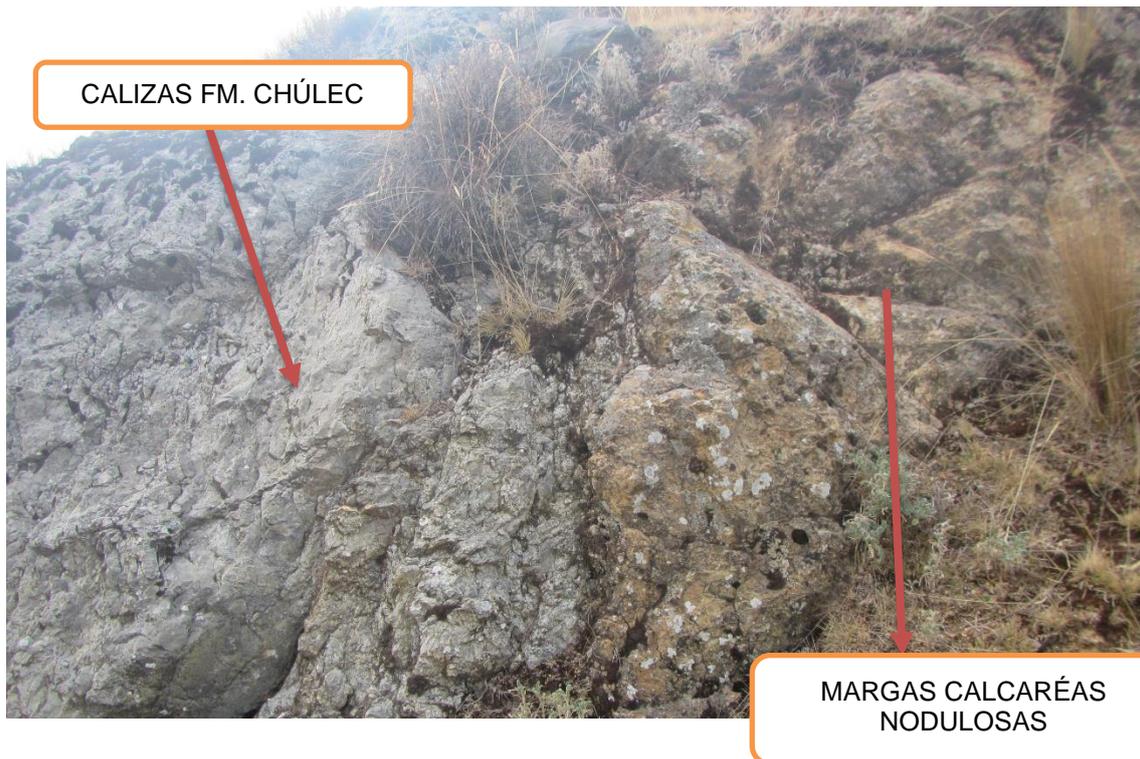




Formación Chúlec:

Esta formación se encuentra al SE y NE de la zona de Yanamina. Se encuentra formando gran parte de la franja cretácea en la parte Occidental del cuadrángulo de Huancavelica, sobreyaciendo en concordancia a las areniscas del Grupo Goyllarisquizga y los volcánicos Chayllacatana.

Litológicamente está constituida por lutitas calcáreas, en la base, pasando hacia arriba a margas interstratificadas con horizontes de calizas delgadas con una coloración amarillenta y con espesores inferiores a 50 cm. A medida que se va ascendiendo al techo, los bancos de caliza son más gruesos alcanzando un espesor de un metro, intercalados con margas calcáreas nodulosas.



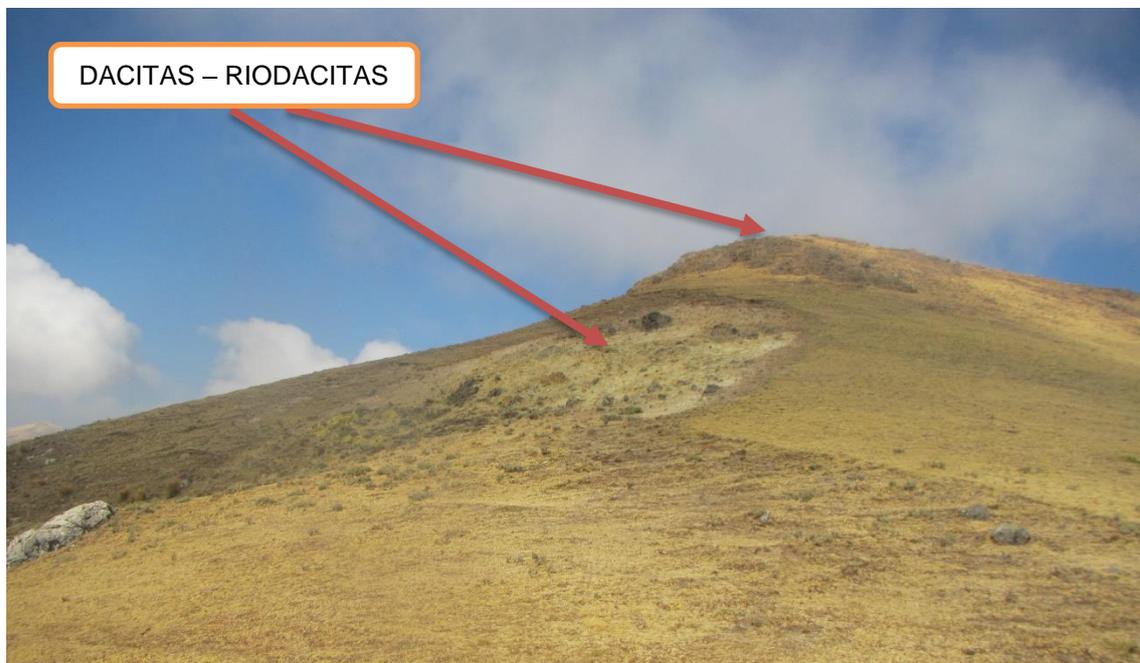
Formación Santa Bárbara

Con este nombre se describe a un gran complejo de centros volcánicos al Sur de la ciudad de Huancavelica, la parte mayor del territorio de Yanamina se encuentra conformado por esta formación. Está constituido por una secuencia de tobas lapillíticas masivas (ignimbritas) de color rosado amarillento a blanquecino, que constituyen una gruesa sucesión de flujos piroclásticos litológicamente monótonos, cementados y de composición riodacítica, que alcanzan más de 80 m de espesor. Los derrames de lava de la base tienen espesores variables de 5 a 15 m. En la zona central se puede observar extensas áreas de alteración hidrotermal. El complejo está constituido por una concentración de varios remanentes erosionados de cuellos volcánicos flanqueados por derrames de lavas extensas.



Dacitas Riodacítas

Este tipo de rocas se encuentran en la parte NE de la desmontera DY – 20 en cuerpos subvolcánicos de composición riodacítica. El cuerpo subvolcánico tiene forma elipsoidal que presenta un eje mayor de 3 km de largo y un eje menor de 300m de ancho. Su morfología y coloración blanquecina - amarillenta es saltante, con pendientes homogéneas y moderadas. Su aspecto es masivo, de color gris claro - amarillento, su textura porfirítica con fenocristales (15 %) de plagioclasas, cuarzo y biotita, dentro de una matriz de grano fino de vidrio volcánico recristalizado.



Depósitos Cuaternarios (Q)

Estos depósitos se encuentran sobre las rocas anteriormente descritas; su origen, composición, propagación y espesor varía de un lugar a otro, los principales depósitos que ocurren en el área son los siguientes:

Depósitos Glaciares (Q -gl):

Se encuentran tapizando a las formaciones rocosas, con variado grado de propagación y espesor; provienen de los procesos de ablación y erosión glacial a que han estado afectas las rocas durante el Pleistoceno; inicialmente se han acumulado en forma de morrenas, que contienen una mezcla de gravas, arenas con variable porcentaje de finos; contiene como inclusión fragmentos de roca de diferentes dimensiones desde el tamaño de cantos hasta bloques, en su mayoría de naturaleza volcánica y de forma subangulosas.

Depósitos Fluvio-glaciares (Q-fg):

Constituyen los materiales de origen glacial que han sido transportados por las aguas meteóricas en forma local y que se hallan en áreas o lugares de suave pendiente, al fondo de algunas depresiones y quebradas; en su composición predominan suelos granulares, con regular porcentaje de finos en forma de mezclas de gravas con arenas con finos, e inclusión en porcentaje variable de fracciones grandes de los granos y partículas tienen formas subangulosas hasta subredondeadas.

Depósitos Palustres (Q -pa):

También se denominan bofedales, se encuentran cerca de las lagunas y en algunos tramos de las quebradas y puntualmente en laderas de suave pendiente, conformado por arenas limosas o arcillas limosas, con algo de gravas, generalmente contienen materia orgánica y fragmentos de rocas, se hallan saturados con agua y cerca de los afloramientos de agua y/o áreas con deficiente drenaje.

Depósitos de deslizamiento (Q- ds):

Materiales producto de la inestabilidad; en el caso del sector de Yanamina en algunas desmonteras y taludes naturales condicionados por los factores climáticos, litológicos y pendiente del terreno entre otras causas; están constituidos por gravas arenosas con variable porcentaje de finos y fragmentos de rocas desde el tamaño de bloques hasta cantos angulosos que yacen ligeramente densos y hasta sueltos.

Depósitos Tecnógenos (Q -te):

Constituyen los materiales acarreados por la actividad del hombre; en el sector de Yanamina está conformado por los Botaderos de desmonte, materiales de relleno, etc. Estos depósitos están conformados por suelos de diferente naturaleza, las partículas y granos de roca contienen diferentes minerales y en porcentajes muy variables.

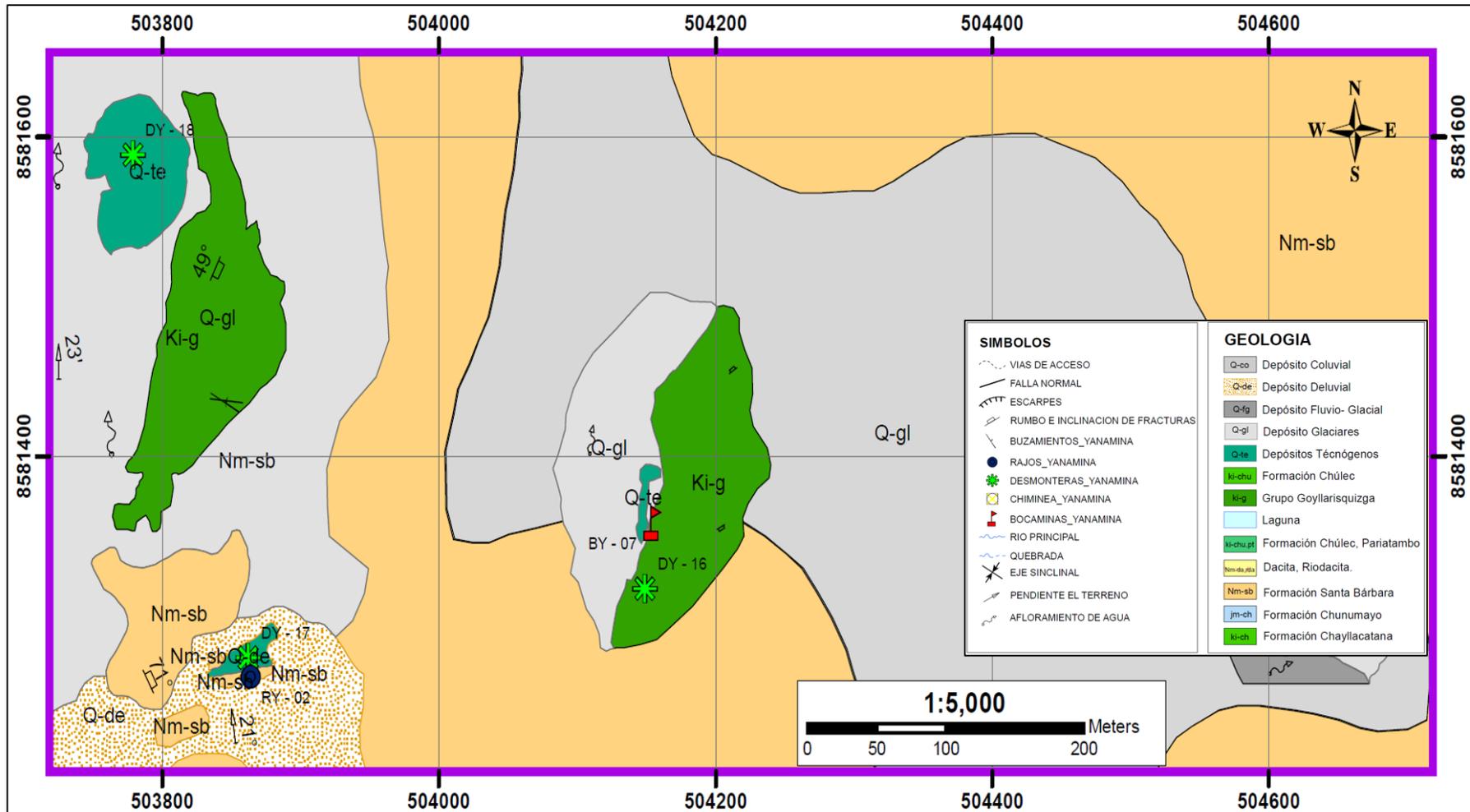


Figura 2. Plano geológico del sector Yanamina depósito de desmonte DY18

Composición mineralógica del depósito de desmonte DY18

Las rocas predominantes en los desmontes de Yanamina son areniscas y caliza. En su composición mineralógica predominan el cuarzo y calcita, con menores cantidades de hematina, albita, caolinita y piritita, entre otros, como se aprecia en el cuadro siguiente.

Tabla 3
Mineralógica de las desmonteras en Yanamina

Minerales	Fórmula	Muestra DYM-	Muestra DYM-
		006	007
		% en peso	% en peso
Cuarzo	SiO ₂	77.27	83.82
Dolomita	CaMg(CO ₃) ₂	0.30	0.30
Calcita	CaCO ₃	1.41	0.61
Ortoclasa	K(AlSi ₃ O ₈)	1.50	1.32
Albita	Na(AlSi ₃ O ₈)	3.50	2.94
Anortita	Ca(Al ₂ Si ₂ O ₈)	2.48	2.32
Piritita	FeS ₂	1.37	2.22
Calcopiritita	CuFeS ₂	0.02	0.01
Esfalerita	ZnS	0.21	0.01
Galena	PbS	5.35	0.66
Hematita	Fe ₂ O ₃	3.65	3.12
Yeso	CaSO ₄ •2H ₂ O	1.52	1.24
Caolinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	0.76	0.65
Montmorillonita	(Na,Ca) _{0.3} (Al,Mg) 2Si ₂ O ₁₀ (OH) _{2-n} H ₂ O	0.31	0.42

Tabla 4
Resultado del Balance Ácido-Base de desmonte

Nº	Muestra	pH en pasta	%S	PN	PA	PNN	PN/PA
06	DYM-006	2.27	1.53	-93.75	47.81	-141.56	0
07	DYM-007	3.6	1.28	-15.00	40.00	-55.00	0

De la tabla ...el potencial Neto de Neutralización (PNN), de los desmontes, presenta valores PNN <-20 Kg CaCO₃/TM de material; por lo tanto, son generadores de drenaje ácido de roca.

Tabla 5
Resultado de ensayo estándar de clasificación de suelos en Calicata

Depósito de Desmonte	Calicata	Prof (m)	Granulometría (%)			Límites (%)		C.H (%)	SUCS
			Grava	Arena	Finos	L.L	L.P		
DY18	C-1/M-1	0,60-1,30	9,10	28,70	62,10	52	37	24,92	MH

Tabla 6
Resultado de ensayo estándar de clasificación de suelos en Trinchera

Depósito de Desmonte	Calicata	Prof (m)	Granulometría (%)			Límites (%)		C.H (%)	SUCS
			Grava	Arena	Finos	L.L	L.P		
DY18	T-1/M-1	0,00-20,00	49,70	38,80	11,50	21	NP	7,38	GP-GM

Descripción del depósito de desmonte

El depósito de desmonte DY18 emplazada sobre un promontorio de rocoso de pendiente abrupta, tiene una altura máxima de 22m, con una inclinación promedio de 32°, compuesto por material de desmonte con fragmentos de roca en matriz grava mal gradada con limo (GP), en estado suelto, El suelo de fundación se encuentra constituido por una capa de cobertura de material limoso de 1 m de espesor, por debajo se encuentra grava limosa y más abajo se encuentra roca. El talud se encuentra en el límite de estabilidad en condiciones estáticas.

Parámetros de resistencia

Los parámetros de resistencia de los materiales han sido determinados a partir de los resultados de la investigación geotécnica ejecutada en el área de los depósitos de desmonte, en dichas investigaciones se han ejecutado ensayos de penetración dinámica ligera (DPL), excavación de calicatas y trincheras, y ensayos de laboratorio.

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de los parámetros de resistencia utilizados en el cálculo de la estabilidad de los taludes:

Tabla 7
Parámetros de resistencia de los materiales en el sector Yanamina

Depósito de Desmonte	Clasificación SUCS	Peso Unitario (KN/m ³)		C (Kpa)	Ángulo de fricción (°)	Material
		Natural	Saturada			
DY-18	GP-GM	18	19	5	35	Desmonte
	ML	17	18	25	5	Fundación
	MH	17	18	25	5	Fundación
	GC	18	19	5	35	Fundación

Fuente: El brocal

Análisis estático y pseudoestático de la desmontera DY 18

1. Depósito de Desmonte Dy-18 – Zona Yanamina

Cuadro N° 16-1

Parámetros de resistencia de los materiales del depósito y suelo de fundación.

Depósito	Material	γ (Kg/m ³)	c (Kg/m ²)	ϕ (°)	
DY-18	Desmonte	GP-GM	18	5	35
	Limo de baja plasticidad	ML	17	25	5
	Limo de alta plasticidad	MH	17	25	5
	Grava arcillosa	GC	18	5	35
	Roca	-----	23	50	35

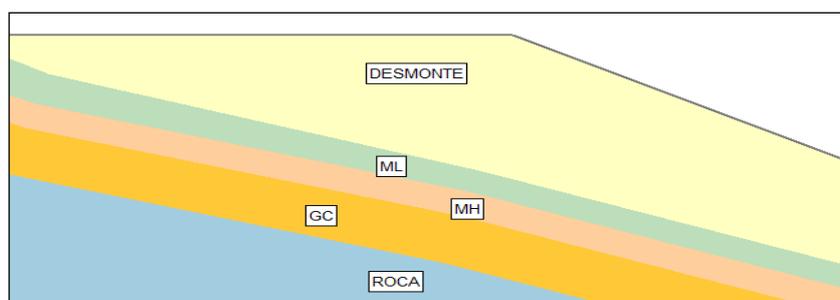


Figura 3. Composición de los estratos del suelo de fundación y el desmonte.

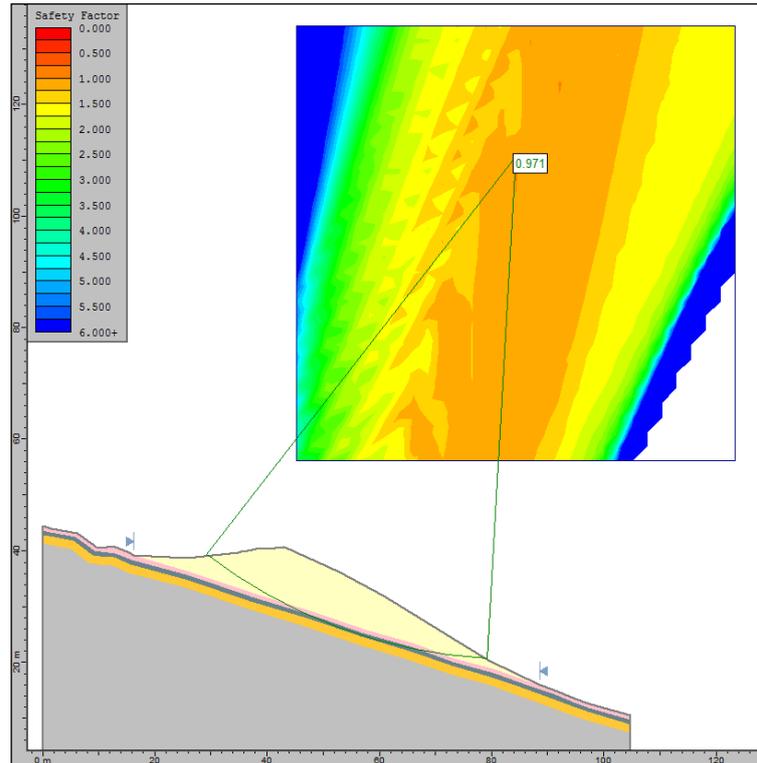


Figura 4. Análisis ESTÁTICO de la estabilidad física actual del talud general, para el depósito DY-18.

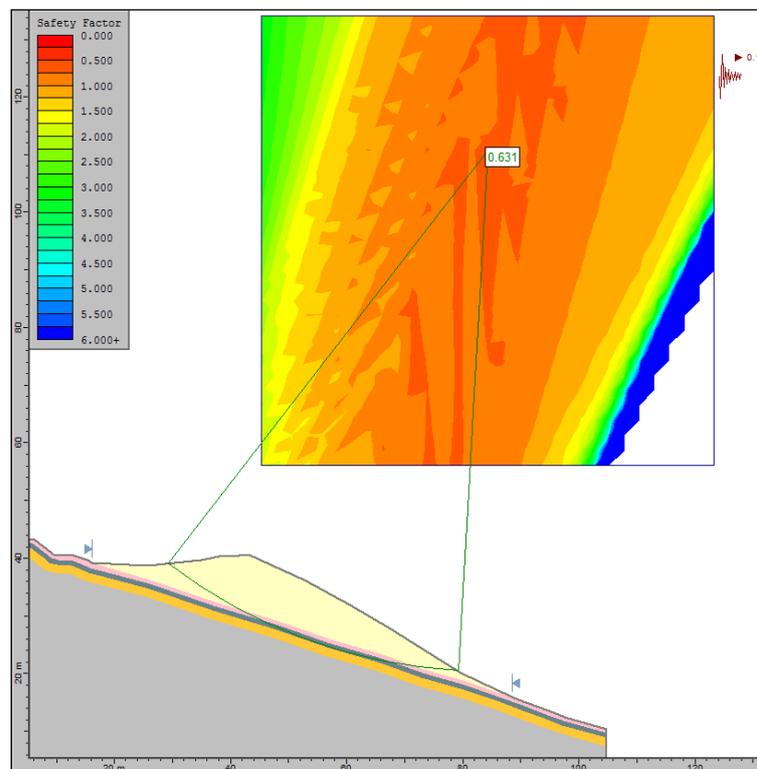


Figura 5. Análisis PSEUDO-ESTÁTICO de la estabilidad física actual del talud general para el depósito DY-18 (factor de aceleración sísmica de 0,18 g).

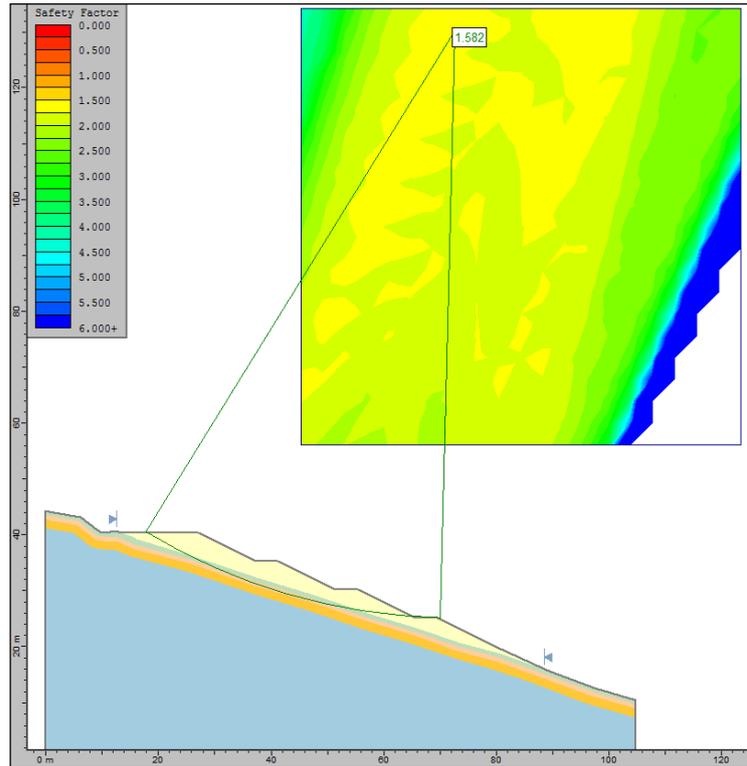


Figura 6. Análisis ESTÁTICO de la estabilidad local de los bancos con taludes, para el depósito DY-18.

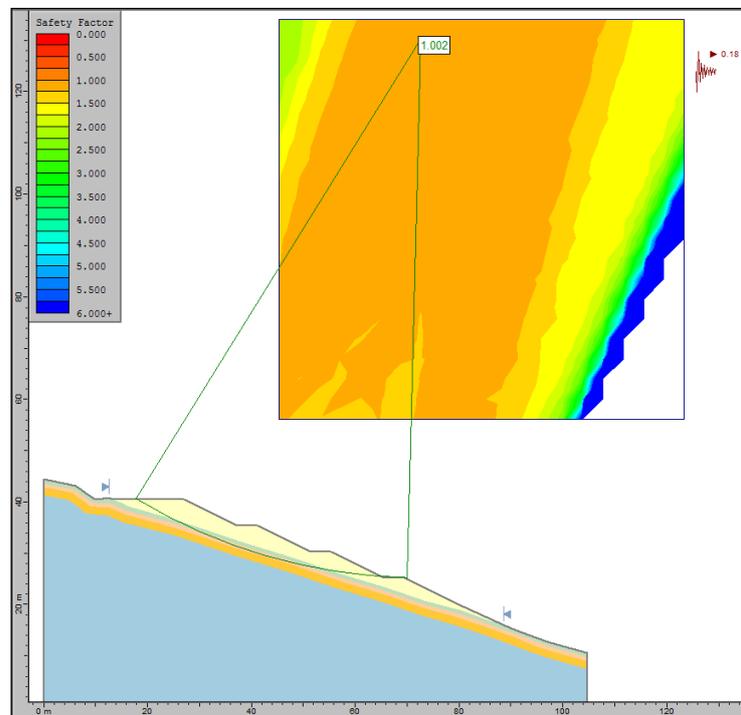


Figura 7. Análisis PSEUDO-ESTÁTICO de la estabilidad local de los bancos con taludes para el depósito DY-18 (factor de aceleración sísmica de 0,18 g).

Cuadro N° 16-2
Características físicas del talud estabilizado y factores de seguridad.

Depósito	Talud (H : V)	Ancho de Banquetas (m)	Altura de Banco (m)	Factor de Seguridad (F. S.)		Figura N°
				Estático	Seudo- Estático	
<i>SITUACIÓN ACTUAL</i>						
DY-18	-----	-----	-----	0,97 (*)	0,63 (*)	16-2, 16-3
<i>SITUACIÓN PROYECTADA (RECOMENDADA)</i>						
DY-18	2 : 1	4,00	(2°, 3°, 4°) 5,00 (1°) 9,00	1,58 (*)	1,00 (*)	16-4, 16-5
(*) Método de Spencer y Bishop simplificado (1°, 2°, 3°, 4°) número de bancos.						

Recomendaciones:

Para garantizar la estabilidad física del depósito se recomienda realizar actividades de corte y relleno, con taludes de 2H:1V, con alturas entre bancos de 9m en el primero y en los demás de 5m.

Propuesta Estabilidad Física Desmontera DSB-1

Eje de Plataforma, Longitud total 97,12 m, inicia en la progresiva 0+000,00 (8 581 489,44N, 503 746,27E) y termina en la progresiva 0+097,12 (8 581 528,51N, 503 797,20E). Cota 4 386. Las actividades de movimiento de tierra del material suelto y relleno compactado con maquinaria se desarrollará in situ, hasta obtener el talud 2H:1V (26, 5°), recomendado por el análisis de estabilidad. El área que ocupará el depósito de desmonte luego de la estabilidad física es de 0,40 ha, se desarrollará en un área de corte (13 670 m³) y un área de relleno (13 670 m³). Para más detalle ver plano P3-EF-DY18.

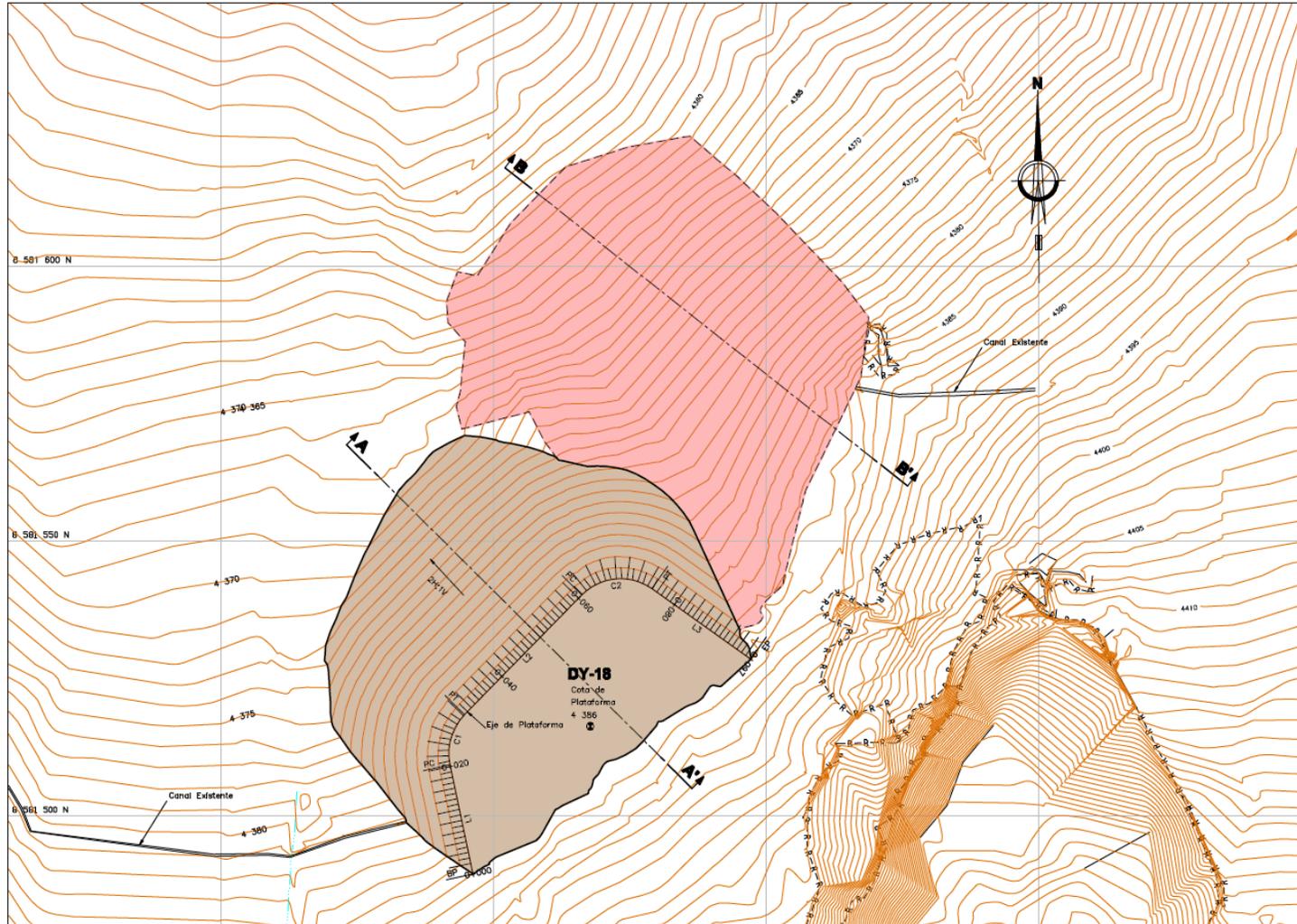


Figura 8. Plano de estabilidad física DY18

Las figuras corresponden a las secciones típicas donde se muestran el terreno Natural, actual y proyectado para el depósito de desmonte DY18

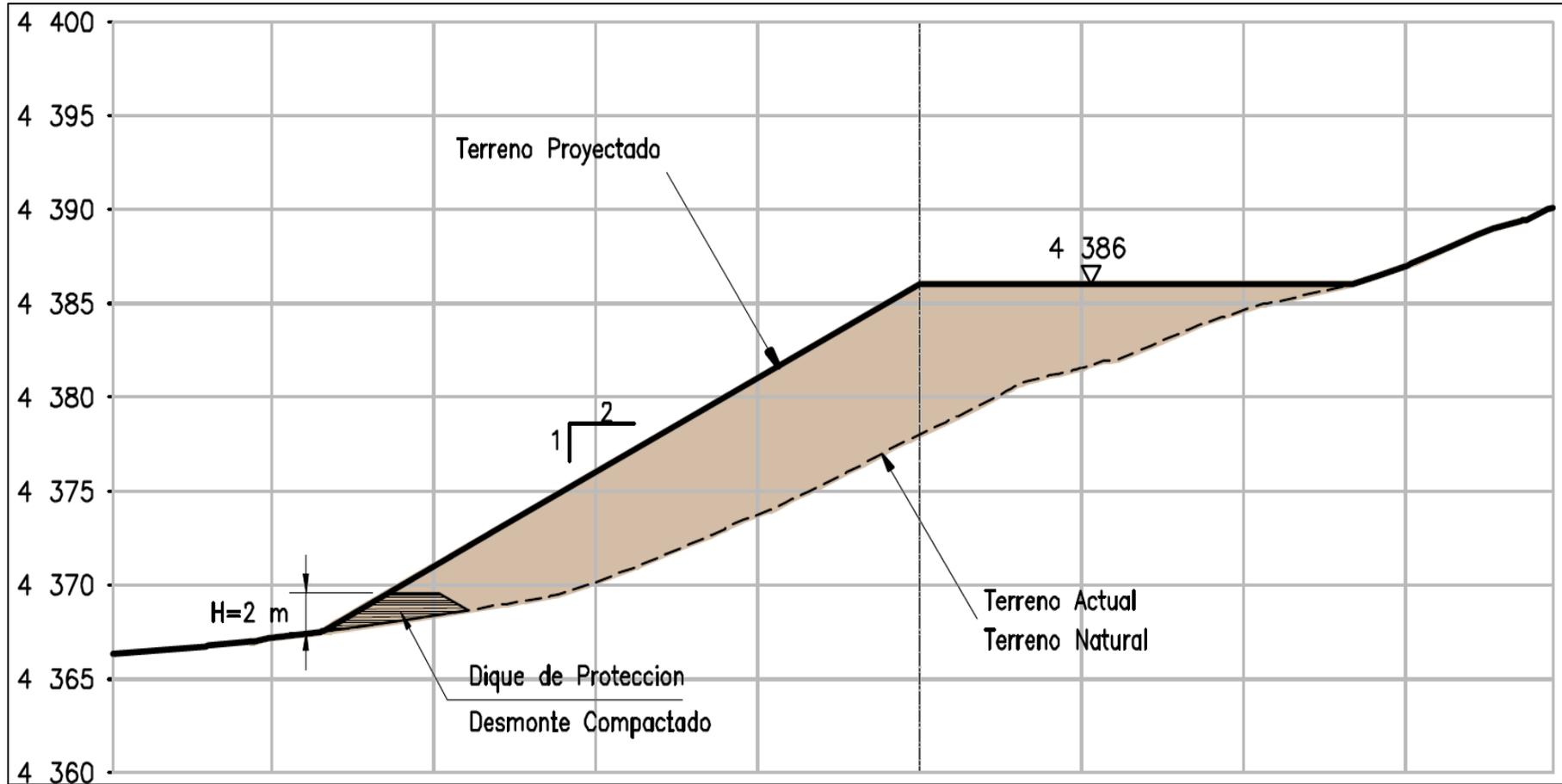


Figura 9. Sección típica A-A'

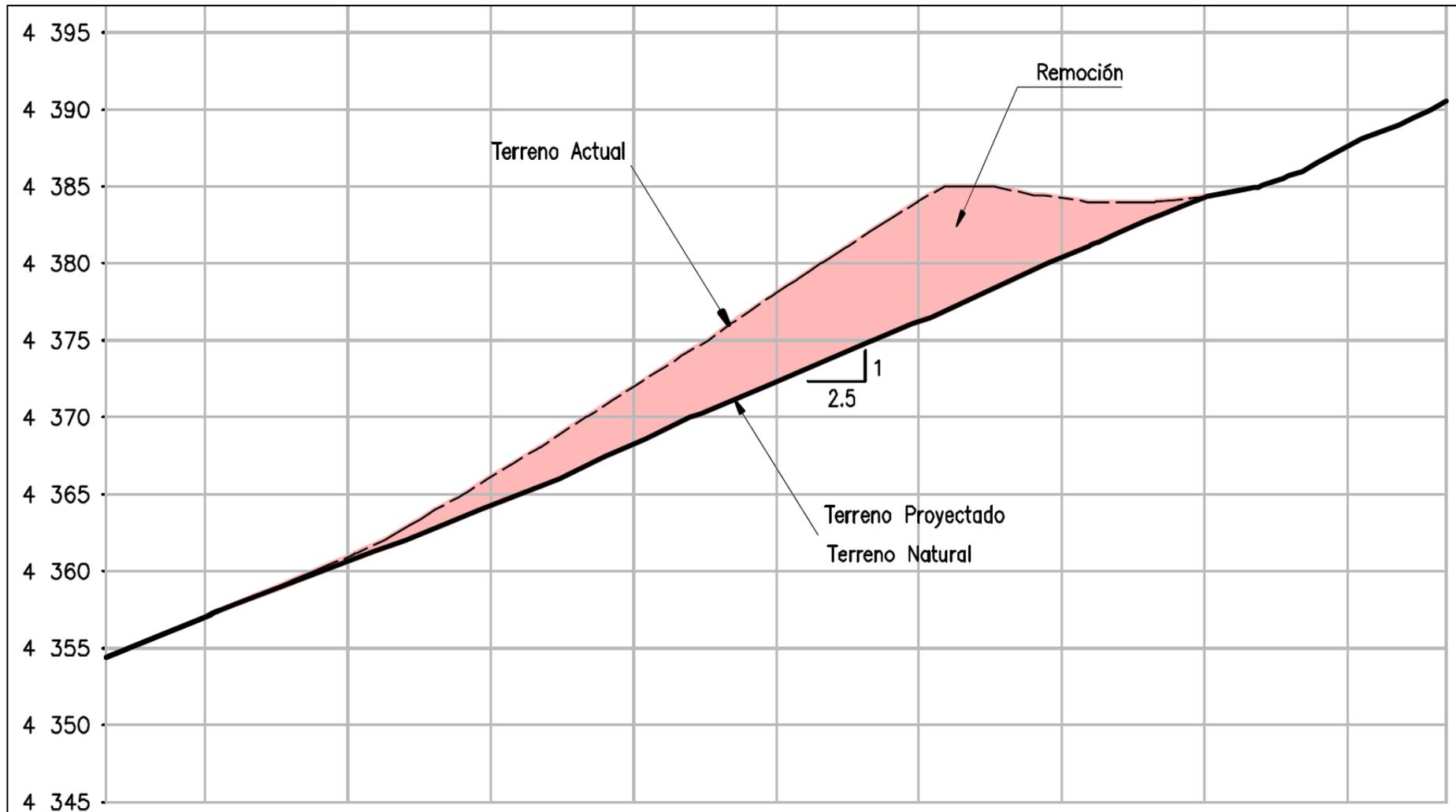


Figura 10. Sección típica B-B'

Estabilidad Hidrológica

Está comprendida por dos tramos de canal, los que se describen a continuación.

Tramo 1: Tiene la longitud total de 60,00 m, con una sección tipo T1 con pendiente variable de acuerdo a la superficie de terreno natural y descarga finalmente al colchón de mampostería.

Tramo 2: Tiene la longitud total de 97,80 m, con una sección tipo T1 con pendiente variable de acuerdo a la superficie de terreno natural y descarga finalmente al colchón de mampostería. Los trazos de ejes de canal en planta se pueden ver en el plano EH-DY18.

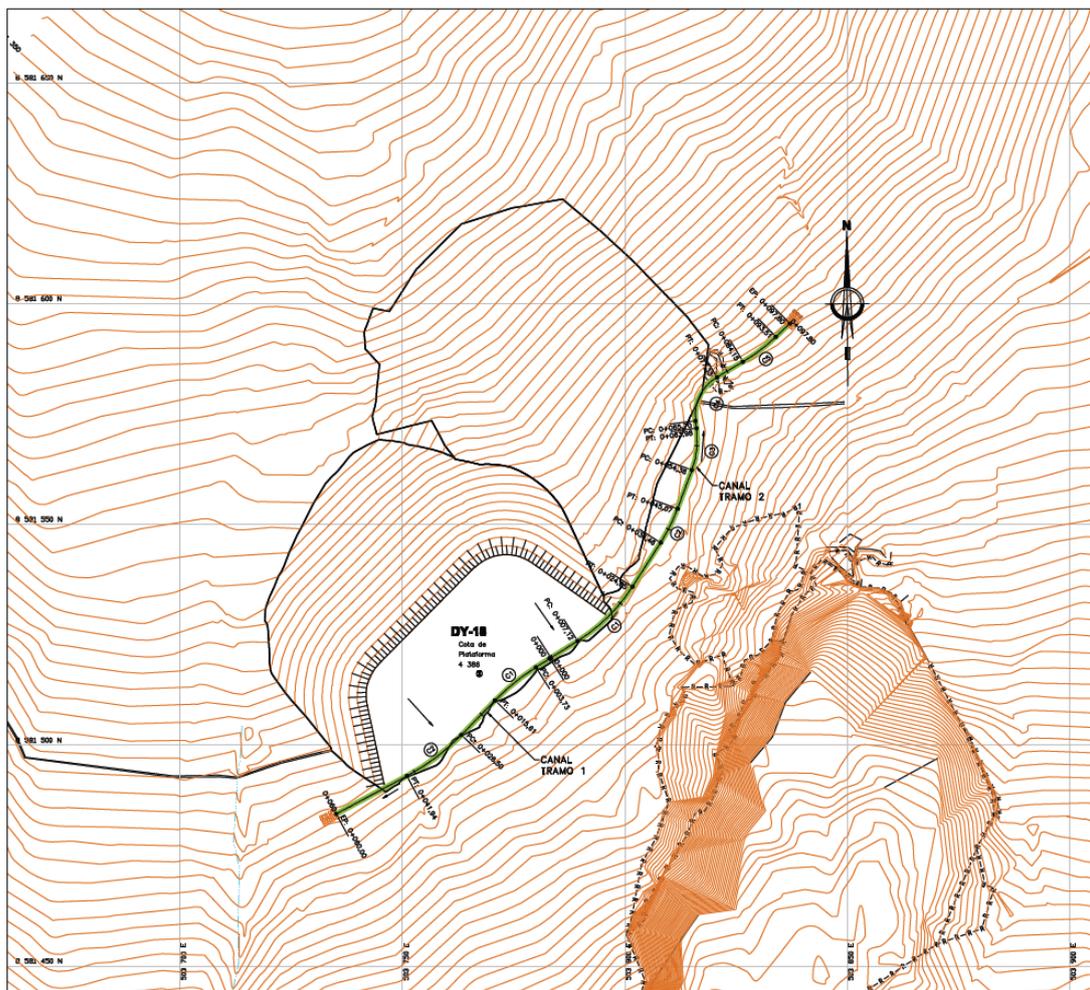


Figura 11. Plano de estabilidad hidrológica DY18

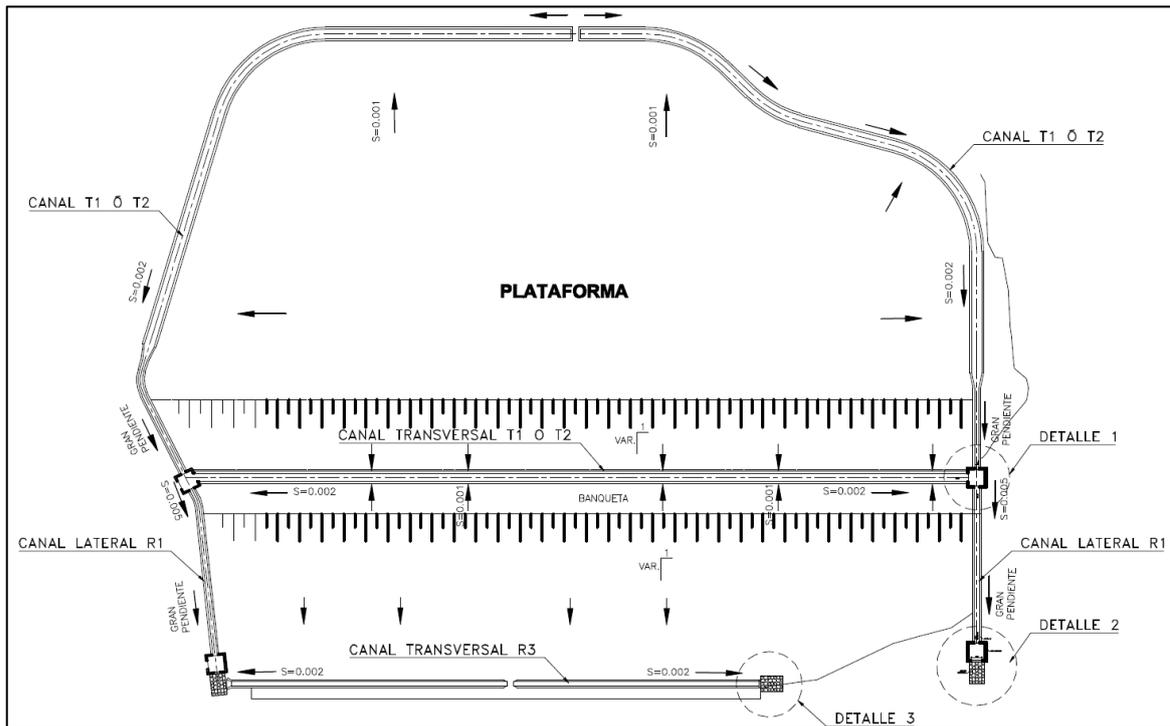


Figura 12. Vista en planta de los detalles de estabilidad hidrológica

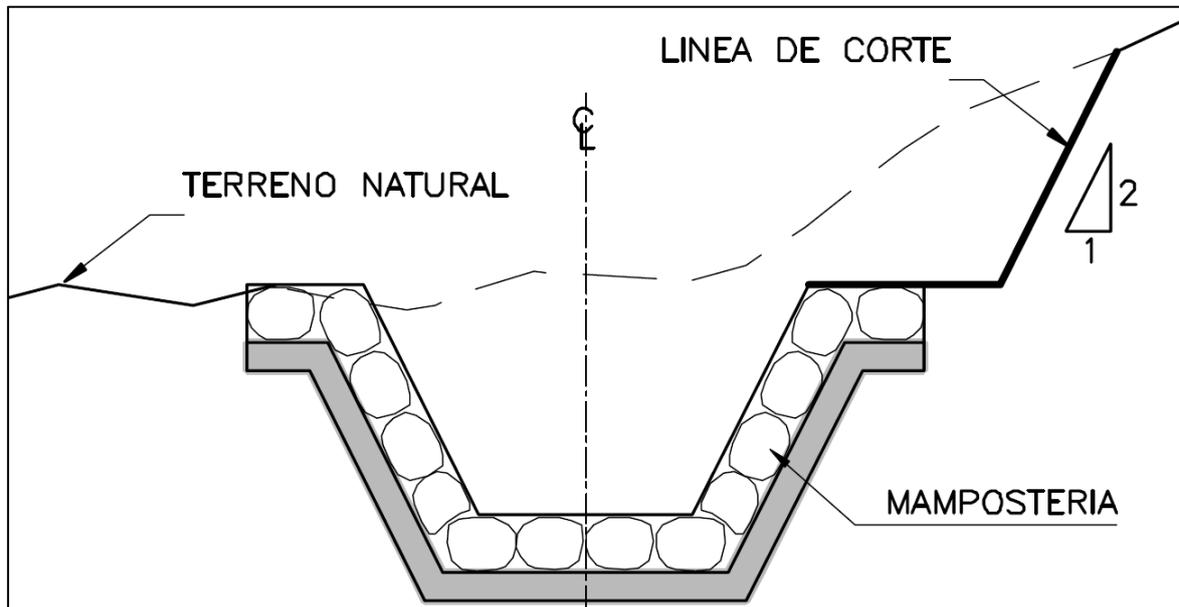


Figura 13. Canal de coronación

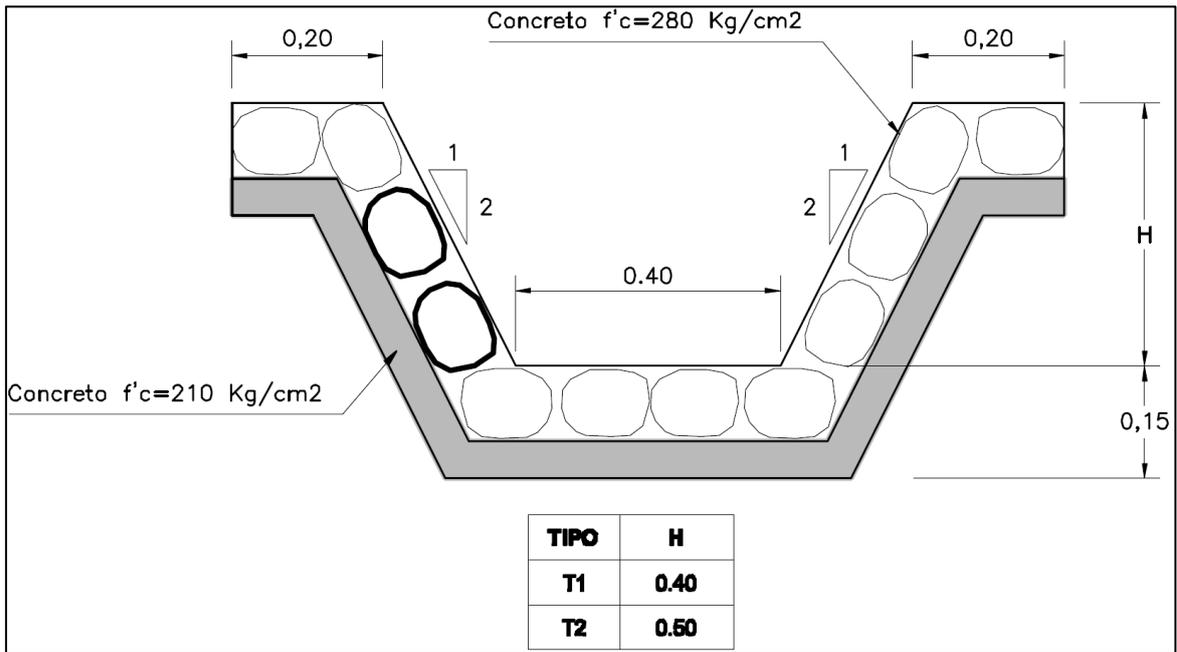


Figura 14. Canal tipo T1 y T2

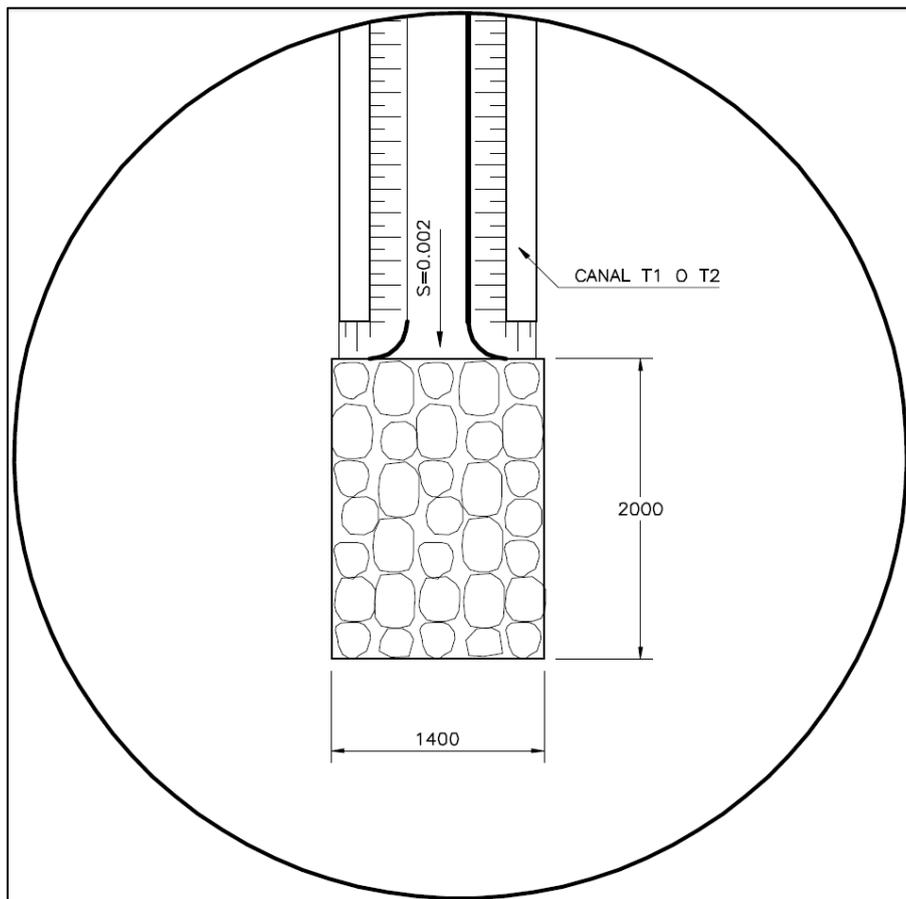


Figura 15. Detalle de descarga de canal a colchón de mampostería

Estabilidad Geoquímica

El depósito de desmonte del sector Yanamina si son generadores de acidez y el alto contenido de mercurio en el desmonte se considera que es estable y no lixivias porque el contenido del mercurio en los cuerpos receptores está dentro de los Límites Máximos Permisibles que la Ley peruana contempla. Por lo que estos depósitos de desmontes si requieren de una estabilidad geoquímica que consiste en una capa de material impermeable (arcilla) de 0,20 m de espesor, seguido de una capa de material drenante (caliza) de 0,20 m de espesor. Este depósito de desmonte será revegetado colocándose una capa de material orgánico de 0,25m de espesor para proseguir con la siembra y fertilización. Para mayor detalle ver el plano P7. EG-DY18.

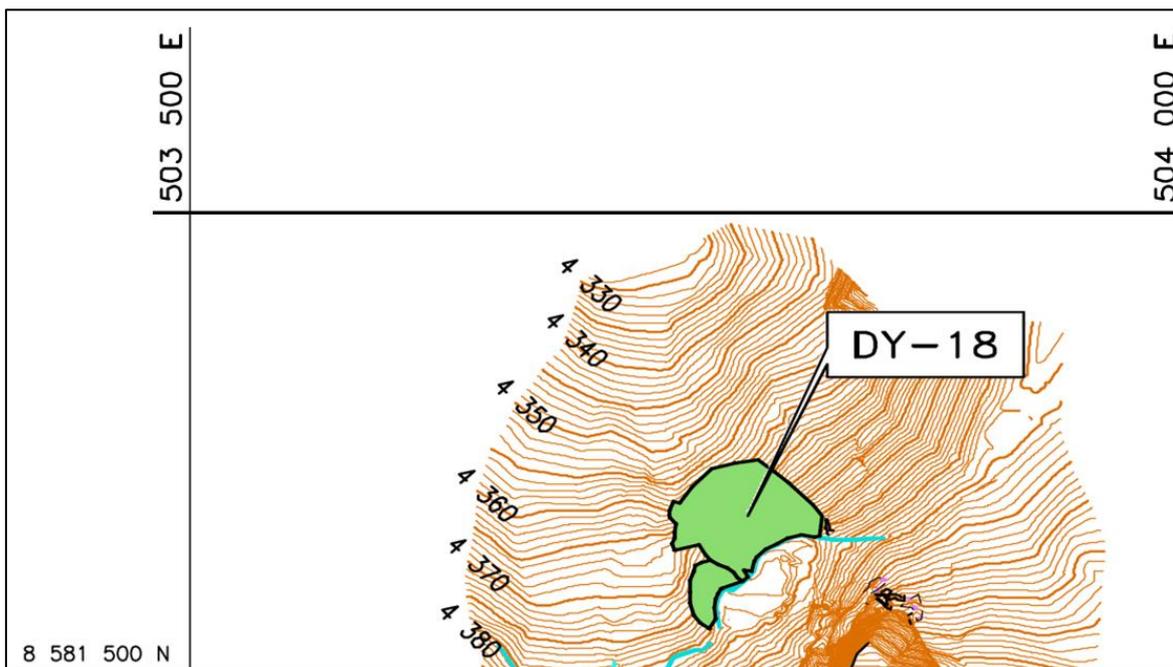


Figura 16. Plano de estabilidad geoquímica

Actividades proyectadas

Depósito de desmonte	Norte	Este	Estabilidad	Corte de talud	Tipo de drenaje	Tipo de cobertura	
DY18	8580589	503779	Estabilización in situ	Talud 2H:1	Canal de coronación	Cobertura tipo 1	SI

Tabla 8

Estimación de costos de estabilidad depósito de desmonte DY18

Estimación de costos Estabilidad DY18						
DESCRIPCION	Unidad	Metrado	Precio (US \$)	Parcial (US \$)	Total (US \$)	
CAMINO DE ACCESO	km	2.00	7,121.49	14,242.98		
ESTABILIDAD FÍSICA						
EXCAVACION MASIVA	m3	13,670.00	2.01	27,476.70		
RELLENO COMPACTADO MASIVO	m3	13,670.00	2.38	32,534.60		
ESTABILIDAD HIDROLOGICA						
TRAZO Y REPLANTEO	m	157.80	0.37	58.39		
EXCAVACIÓN MANUAL DE PLATAFORMA EN MATERIAL SUELTO	m3	139.30	12.00	1,671.60		
CANAL MAMPOSTERIA T1	m	157.80	67.16	10,597.85		
COLCHÓN DE MAMPOSTERIA	und	2.00	47.50	95.00		
TRANSPORTE DE MATERIAL DY-18	glb	1.00	532.00	532.00		
ESTABILIDAD GEOQUÍMICA						
COBERTURA TIPO II CON MAQUINA YANAMINA DY-18	m2	5,745.00	15.75	90,483.75		177,692.87

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Alarcon (2019), planteó como configuración geométrica para el depósito de desmante un talud interbanqueta de 2H: 1V y talud global de 2.5H:1V. el material almacenado en el depósito de desmante no generará drenaje ácido, con una capacidad de material de desmante de 196 511.00 m³ en un área total aproximado de 2.0 ha. Para la estabilidad hidrológica los canales han sido diseñados con taludes laterales de 1H:1V, con secciones transversales trapezoidales o en “V”, y propone colocar un revestimiento de enrocado y enrocado con concreto, la presente investigación buscó obtener el talud 2H:1V (26,5°), recomendado por el análisis de estabilidad. El área que ocupará el depósito de desmante luego de la estabilidad física es de 0,54 ha, e1 área de relleno (eje 5 de 9 963 m³). El área para el perfilado en la plataforma es de 24 137 m² y en el talud de 9 357 m² mientras que la estabilización hidrológica está comprendida por 4 tramos de canal y 2 tramos de mejoramiento de cuneta.

A igual que Ortiz (2016), el cual menciona que el material de desmante no es generador de drenaje ácido, en mi investigación los materiales no son generadores de acidez y el alto contenido de mercurio en el desmante se considera que es estable y no lixivía porque el contenido del mercurio en los cuerpos receptores está dentro de los Límites Máximos Permisibles que la Ley peruana contempla.

Ortiz (2011), nos dice que en los análisis de estabilidad de taludes se considera un valor mínimo de Factor de Seguridad FS de 1,5 en la condición estática, de igual manera propongo un FS, de 1,50.

Además menciona la mejor inclinación del banco debe ser de 30°, mientras que en el presente estudio se propone un ángulo de 26°.

4.2. Conclusiones

- La geología de la zona está compuesta por las formaciones Pucara, Chúlec, Santa Barbara, Casapalca, Chunumayo.
- En la evaluación de la estabilidad física del depósito de desmonte DY18 se concluye es inestable por lo cual debe ser removido o estabilizado mediante cortes y rellenos conformados con muros de pie, material de cobertura y un sistema de drenaje adecuado.
- Sobre la estabilidad hidrológica de la desmontera DY18 se tendrán 4 tramos con sección tipo T1 y T2 de mampostería con pendiente variable de acuerdo a la superficie de terreno natural y descarga finalmente al colchón de mampostería.
- La estabilización hidrológica de la desmontera DSB2 está comprendida por 6 tramos de canal y dos tramos de tubería de drenaje, con pendiente variable de acuerdo a la superficie de terreno natural y descarga finalmente a la cuneta de acceso o a la caja colectora según corresponda.
- Los depósitos de desmonte del sector Yanamina no son generadores de acidez y el alto contenido de mercurio en el desmonte se considera que es estable y no lixivia porque el contenido del mercurio en los cuerpos receptores está dentro de los Límites Máximos Permisibles que la Ley peruana contempla. Por lo que estos depósitos de desmontes no requieren de una estabilidad geoquímica, pero si será revegetado colocándose previamente una capa de material orgánico de 0,25 m de espesor para proseguir con la siembra y fertilización.

REFERENCIAS

- Álvarez, J. (2018). *Plan de cierre del botadero 28 de desmonte para la remediación de pasivos ambientales – Unidad minera Tintaya*. Arequipa – Perú.
- Ferrer, F. (2015). *Planeamiento de Minado de Largo Plazo para Proyecto Minero No Metálico desarrollada acerca del planeamiento de minado para la mina Atocongo*. Lima.
- Ortiz, J. P. (2016). Methodology for a dump design optimization in large-scale open pit mines. *Cogent Engineering*, 4(1), 1387955. doi: 10.1080/23311916.2017.1387955
- Ortiz, S. (2011). *Impacto ambiental producido por los botaderos de desmonte y Pads de lixiviación en la Mina Santa Rosa de Puno*. (Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann). Recuperado de <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/702>
- Radhakanta, K., & Debashish, C. (2010). Discrete element approach for mine dump stability analysis. *Mining Science and Technology (China)*, 20(6), 809–813. doi: 10.1016/S1674-5264(09)60286-6
- Vilca, A. (2019). *Estudio geotécnico para la estabilidad del talud del depósito de desmonte Santa Rosa del proyecto Santa Rosa-Arequipa*. Tesis de grado. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.