



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**LA GEOTECNIA Y SU APLICACIÓN PARA EL DISEÑO DE
TALUD EN MINERÍA SUPERFICIAL.**

EXAMEN DE SUFICIENCIA DE COMPETENCIA PROFESIONAL

PRESENTADO POR:

Bach. CLINTON BENITO APAZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO-PERÚ

2019



DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida y a la vez le dedico con mucho amor a mis padres Inocencio Benito y Felipa Apaza y mis hermanos por su amor, apoyo y motivación incondicional durante mi formación profesional, también por inculcarme los principios y valores esenciales para cómo enfrentar la vida con éxito.



AGRADECIMIENTO

A mis padres y familiares que siempre me apoyaron hasta en las peores ocasiones tanto emocionalmente como también económicamente.

Agradezco infinitamente a mi alma mater la Universidad Nacional del Altiplano Puno, a mis docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas, por haber compartido sus conocimientos teóricos, como también prácticos



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN	7
ABSTRACT.....	8
I INTRODUCCIÓN	8
II MATERIALES Y MÉTODOS.	10
2.1 Ubicación geográfica de la zona de estudio	10
2.2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	10
2.2.1 Técnicas.....	10
2.2.2 Instrumentos	10
2.2.3 Metodología de recolección de datos	10
III ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIONES	11
3.1 Resultados.....	11
3.1.1 Determinación del contenido de humedad.....	11
3.1.2 Propiedades físicas del suelo.....	14
3.1.3 Determinación del ángulo global del talud	18
3.2 Discusiones.....	18
IV CONCLUSIONES	19
V REFERENCIAS.....	19

Área: Ingeniería de Minas.

Línea: Geotecnia aplicado a la minería superficial.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 18 de diciembre del 2019.



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Clasificación de suelos (granulometría).....	11
Tabla 2.	Límite líquido (ASTM-D4318 00).....	12
Tabla 3.	Límite plástico (Astm-D4318 00).....	13
Tabla 4.	Propiedades físicas de suelo.....	14
Tabla 5.	Resultados de parámetros de resistencia de suelo base.	16
Tabla 6.	Parámetros de resistencia para taludes de la Unidad Minera San Santiago “B”.	16
Tabla 7.	Resultados de análisis de estabilidad de los cortes del talud global de la “Unidad Minera San Santiago “B”.	16
Tabla 8.	Resumen de resultados de los análisis de estabilidad de los taludes.	18



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de fluidez.	13
Figura 2. Índice de platicidad	14
Figura 3. Perfil fotográfico y muestreo de la Unidad Minera San Santiago.....	15
Figura 4. Análisis de estabilidad en condición estática del talud global	17
Figura 5. Análisis de estabilidad en condiciones pseudoestáticas del talud global.	18



La geotecnia y su aplicación para el diseño de talud en minería superficial.

Geotechnics and its application for the design of slope in surface mining

Bach. Clinton, BENITO APAZA.

Facultad de Ingeniería de Minas, Universidad Nacional del Altiplano - Puno, Perú.

Av. Floral N° 1153

E-mail: clintonsambenito@gmail.com, (054) 973525796

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “la geotecnia y su aplicación para el diseño de talud en minería superficial”, se realiza el desarrollo en un talud de aproximadamente 30 m al sur este de Ananea, se ubica dentro de la jurisdicción de Distrito de Ananea, en la Provincia de San Antonio de Putina, Departamento de Puno los labores realizados en la minería superficial es una actividad mayor riesgo por caída de talud porque las actividades que día a día laboran se basa a un método recuperación de oro diseminado, porque solo se realiza remoción de suelos con equipos pesados como cargador frontal y volquetes a fin de recuperar el oro que se encuentra en el suelo. El objetivo del presente trabajo de investigación es conocer la aplicación de la geotécnica para la prevención de accidentes por caída de suelos en el desarrollo de dicho talud. Para el análisis se tomó muestras de suelos en 2 puntos estratégicos para realizarlo ensayos en el laboratorio de geotecnia y geomecánica de rocas de la FIM. UNA-Puno sobre el talud final. El estudio geotécnico permite establecer el factor de seguridad, ángulo de reposo y comportamiento de suelos. Durante la investigación fue muy necesaria el análisis de suelos en laboratorio de geotecnia y geomecánica de rocas para poder conocer e informar sobre los resultados obtenidos en el presente estudio que fue realizado en primer nivel del talud de la Unidad Minera “San Santiago de Ananea. En el cuadro N°7 se realiza cálculo del resumen de los resultados de talud de la Unidad Minera San Santiago “B” de Ananea, según los estudios probabilísticos y el resultado de factor de seguridad Pseudoestáticas es 0.988 y factor de seguridad estática es 0.887 y por ende está definido que es un talud inestable.

Palabras clave: Caracterización, meteorización, seguridad, suelo.



ABSTRACT

The present research work entitled "Geotechnics and its application for the design of slope in surface mining", is carried out on a slope of approximately 30 meters to the south east of Ananea, it is located within the jurisdiction of the Ananea District, In the Province of San Antonio de Putina, Department of Puno, the work carried out in surface mining is a higher risk activity due to falling of the slope because the activities that work every day are based on a method of recovery of disseminated gold, because it is only performs soil removal with heavy equipment such as front loaders and dump trucks in order to recover the gold found in the soil. The objective of this research work is to know the application of geotechnics for the prevention of accidents due to falling soil in the development of said slope. For the analysis, soil samples were taken at 2 strategic points for testing at the FIM rock geotechnical and geomechanics laboratory. UNA-Puno on the final slope. The geotechnical study allows to establish the safety factor, angle of repose and behavior of soils. During the investigation, the analysis of soils in the rock geotechnical and geomechanics laboratory was very necessary to be able to know and report on the results obtained in the present study, which was carried out at the first level of the slope of the "San Santiago de Ananea Mining Unit. Table N ° 7 calculates the summary of the slope results of the San Santiago "B" Mining Unit of Ananea, according to the probabilistic studies and the result of the safety factor. Pseudostatic is 0.988 and static safety factor is 0.887 and therefore it is defined that it is an unstable slope.

Keywords: Characterization, weathering, security, soil.

1 INTRODUCCIÓN

Se realiza el análisis de la mecánica suelos, la siguiente caracterización de "propiedades físicas de suelos en la "Unidad Minera de San Santiago de Ananea" viendo los resultados obtenidos en el laboratorio de geotecnia las propiedades físicas para fines de estabilidad de talud y factor de seguridad. El ensayo fue realizado principalmente con

uno de los paquetes de rock data con el Software Slide 6.0.

La minería en nuestro país fue siempre uno de los pilares económicos y será una actividad muy importante en el aspecto económico, por la generación de puestos de empleo de manera directa e indirecta , área de influencia a nivel nacional de nuestro Perú querido , siendo un aspecto importante el estudio detallado de las



actividades antes de su ejecución, en el área de geomecánica, en vista a ello los análisis de laboratorio de mecánica de suelos y rocas juega un papel muy importante en el sector minero para aportar en el ámbito minero, los análisis de estabilidad permiten diseñar la geometría de los taludes, mediante el cálculo de su factor de seguridad, y determinar las medidas correctoras para estabilizar que deben ser aplicadas en caso de roturas reales o potenciales amenazas de los cortes de bancos de minados. Es necesario el conocimiento de los posibles modelos y mecanismos de rotura que pueden tener lugar y de los factores que influyen, condicionan y desencadenan las inestabilidades. Y por ende el presente trabajo se enmarca de la siguiente manera.

Diversos autores han destacado que:

(Gonzales de Vallejo , 2002). Los análisis de estabilidad se aplican al diseño de taludes, cuando estos presentan problemas de inestabilidad, se debe elegir un factor de seguridad adecuado dependiendo del carácter temporal o definitivo del talud. Estos análisis permiten definir la geometría, para un diseño adecuado del talud.

(Suarez D, 1998), Es práctica común en ingeniería definir la estabilidad de un talud en términos de un factor de seguridad

(FS.), obtenido de un análisis matemático de estabilidad.

(Ayala C & Rodriguez O, 1986), Resulta necesario seleccionar posibles superficies de rotura hasta llegar a aquella de menor factor de seguridad que sería la más crítica para el talud considerado.

(Valeriano F. A, 2015), Las características geotécnicas presentes en el talud del Cerro Espinal están condicionadas a las características geológicas, estructurales y de macizo rocoso. En el presente trabajo se generalizo todo el talud de corte, en cuanto a la litología, alteración, parámetros estructurales, ángulo de fricción básico, presencia de agua, etc. Estas características fueron medidos e identificados en el campo.

(Turpo J. I, 2018). Entonces para la optimización de la geometría final del talud de la mina, se vio la necesidad de un trabajo analítico respaldado por los parámetros geotécnicos y el estudio de cada una de las secciones investigadas; la presente tesis trabajó armónicamente los factores operacionales y de seguridad para la geometría final indicada en la metodología y la presentación y análisis de resultados.

(Parra A, 2015), Como conclusión del presente trabajo de tesis, se puede afirmar que el hecho de considerar distintos

criterios de aceptabilidad para la determinación de los ángulos de talud en un rajo, tiene como consecuencia un impacto en todo el proceso de planificación minera lo que finalmente trae efectos en el valor final de un proyecto, tanto en términos de reservas mineras como en su valorización económica.

(Gonzales T, 2010), Un buen plan de minado garantiza un óptimo NPV, para que se tenga este plan adecuado, las fases de minado deben ser las adecuadas.

(Vilca C, 2019), Se recomienda realizar la construcción del canal de derivación y coronación que evitarán la filtración de aguas a la estructura del depósito, lo cual garantizará factores de seguridad estático y Pseudoestático por encima de los mínimos permisibles.

2 MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1 Ubicación geográfica de la zona de estudio

La “Cooperativa Minera San Santiago” de Ananea. Ltda, está políticamente ubicado en distrito de Ananea, provincia de San Antonio de Putina, departamento y Región Puno a una altitud de 4801 m.s.n.m. y coordenadas UTM Norte: 445949, Este: 8377733. El tipo de investigación es aplicada. Nivel de investigación es cuantitativo. La población, está constituida

por la U.M. San Santiago de Ananea, la muestra está constituida en el talud de 30 metros de altura de la Unidad

2.2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

2.2.1 Técnicas

Se realizó un mapeo geomecánico estructural y muestras para análisis de propiedades físicas en laboratorio de geotecnia de 2 puntos elegidos, mediante análisis de muestras de suelo en laboratorio de la FIM. UNA-Puno, determinando las características de las muestras obtenidas, Así como el factor de seguridad, y propiedades físicas,

2.2.2 Instrumentos

Campo. (In-situ)

- Brújula, wincha, picota.

Laboratorio

- Tamices de malla cuadrada.
- Balanza con sensibilidad de 0.1 gramo.
- Horno de secado.
- Bandejas, cepillos y brochas.
- Muestra representativa del suelo.

2.2.3 Metodología de recolección de datos

Trabajo de campo: recoger la información y muestras de gravas de la

línea de base para ver los parámetros iniciales.

Ensayos de laboratorio geotecnia y geomecánica: Consistente en la evaluación de datos, y la determinación los parámetros de estabilidad de talud.

3 ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Resultados.

3.1.1 Determinación del contenido de humedad.

Este ensayo tiene por finalidad, determinar el contenido de humedad de una muestra de suelo. El contenido de humedad de una masa de suelo, está formado por la suma de sus aguas libre, capilar e higroscópica. La importancia del contenido de agua que presenta un suelo representa junto con la cantidad de aire, una de las

características más importantes para explicar el comportamiento de este (especialmente en aquellos de textura más fina), como por ejemplo cambios de volumen, cohesión, estabilidad mecánica. El método tradicional de determinación de la humedad del suelo en laboratorio, es por medio del secado a horno, donde la humedad de un suelo es la relación expresada en porcentaje entre el peso del agua existente en una determinada masa de suelo y el peso de las partículas sólidas.

Clasificación de granulometría por método tamizado

Análisis granulométrico por tamizado ASTM D422. Nos permite la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de limos, arcillas, gravas.

Tabla 1. Clasificación de suelos (granulometría)

Tamiz	Tamiz	Pesos de muestra retenida	Pasa	Pasante	Retenido parcial	Retenido acumulado
PULG	Mm	(g)	(%)	(%)	(%)	(%)
3	75	0	100	100	0	0
2 ½	63.5	0	100	100	0	0
2	50.8	0	100	100	0	0
1 ½	37.5	0	100	100	0	0
1	25	0	100	100	0	0
¾	19	399.16	79.95	79.95	20.05	20.05
½	12.5	131.27	73.36	73.36	6.59	26.64
1/8	9.5	65.57	70.06	70.06	3.29	29.94



4	4.75	229.36	58.54	58.54	11.52	41.46
10	2	301.49	43.4	43.4	15.14	56.6
20	0.85	251.78	30.75	30.75	12.65	69.25
30	0.6	91.91	26.13	26.13	4.62	73.87
40	0.425	70.86	22.57	22.57	3.56	77.43
60	0.25	104.81	17.31	17.31	5.26	82.69
100	0.15	76.52	13.46	13.46	3.84	86.54
200	0.075	78.92	9.5	9.5	3.96	90.5
BASE		189.12	0	0	9.5	100
TOTAL		1990.77			100	

Fuente: Laboratorio de geotecnia UNA.

Mediante la tabla N° 1. se hace los primeros procedimientos que nos da de conocer que cantidad de mariales gruesas, materiales finos podríamos apreciar en la anterior tabla Peso de la muestra secado en el horno W_1): = 1990,77

Peso de la muestra

Levantada(W_2)=2179,82

$W_1 - W_2 = 189,12g$

Como se puede observar aplicado con la siguiente formula la determinación de la cantidad de agua que posee las muestras de

Tabla 2. Límite líquido (ASTM-D4318 00)

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM-D4318 00)				
N° de tara	T-09	T-01	T-06	T-12
Peso suelo húmedo + tara (g)	89.12	69.46	78.4	79.96
Peso de suelo seco + tara (g)	81.18	64.9	72.56	74.3
Peso de tara (g)	46.27	44.8	46.66	48.98
Peso de suelo seco (g)	34.91	20.1	25.9	25.32
Peso de agua (g)	7.94	4.56	5.84	5.66
Contenido de humedad (%)	22.74	22.69	22.55	22.35
Numero de golpes	16	23	29	35

Fuente: Laboratorio de geotecnia UNAP

suelos, con respecto al peso seco de la muestra que nos da el primer resultado 189.12

Límite de attemberg (límite líquido y límite plástico).

Límite líquido. - Es el contenido de humedad por el cual el suelo se comporta como una materia plástica. A este nivel de contenido de humedad el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso.

Como se puede interpretar el gráfico siguiente según AESTM-4318, AASHTO T-89 (Bowles, J. E., 2000); MTC E 110-2000.

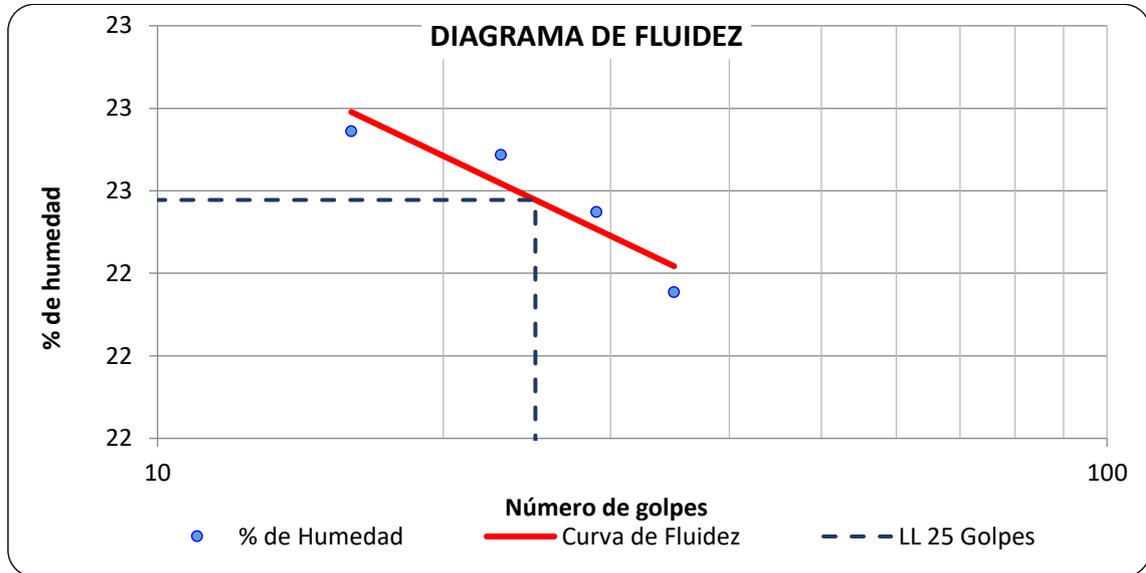


Figura 1. Diagrama de fluidez.

Fuente: Laboratorio de geotecnia UNAP.

Límite plástico. - Es el contenido de estados plástico y quebradizo. humedad por debajo del cual se puede (deleznables). El contenido de agua en el considerar el suelo como material no el cual un suelo no puede ser más deformado plástico. El contenido de agua se separan en al enrollarlo en 3.2 mm (1/8 pulgadas) en porcentaje de suelos en el límite entre los diámetro de hebra sin desmenuzarlo.

Tabla 3. Límite plástico (Astm-D4318 00)

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM-D4318 00)			
N° de Tara	T-02	T-08	T-03
Peso suelo húmedo + tara (g)	10,26	10,33	9,91
Peso de suelo seco + tara (g)	9,85	9,92	9,55
Peso de tara (g)	7,04	7,08	7,13
Peso de suelo seco (g)	2,81	2,84	2,42
Peso de agua (g)	0,41	0,41	0,36
Contenido de humedad (%)	14,59	14,44	14,88

Fuente: Laboratorio de la FIM-UNA.

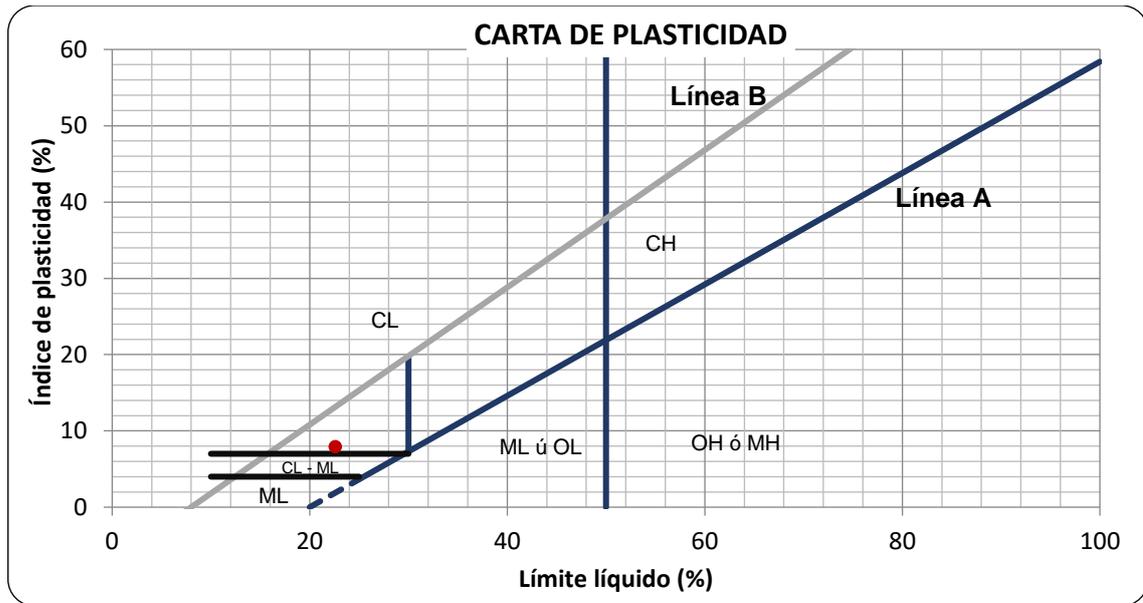


Figura 2. Índice de plasticidad
Fuente: Laboratorio de la FIM-UNA.

3.1.2 Propiedades físicas del suelo

Como se ha explicado, el suelo es una mezcla de materiales sólidos, líquidos (agua) y gaseosos (aire). La adecuada relación entre estos componentes determina la capacidad de hacer crecer las plantas y la disponibilidad de suficientes nutrientes para ellas. La

proporción de los componentes determina un montón de serie de propiedades que se conocen como propiedades físicas o mecánicas del suelo, que caracterizados por textura, estructura, color, permeabilidad, porosidad, drenaje, consistencia, profundidad efectiva

Tabla 4. Propiedades físicas de suelo

Ta ra	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Peso seco + parafina (g)	Peso parafina (g)	Peso sumergido (g)	Densidad parafina (g/cm ³)	Volumen parafina (cm ³)	Volumen muestra (cm ³)	Densidad seca (g/cm ³)	Porosidad aparente (%)	Peso especifico aparente (KN/m ³)
1	50.78	45.60	48.10	2.50	26.00	0.87	2.87	19.23	2.37	1.00	23.26
2	58.92	53.29	59.08	5.79	30.00	0.87	6.66	22.42	2.38	1.26	23.30
3	59.82	59.09	62.69	3.60	33.44	0.87	4.14	25.11	2.35	0.18	23.07
Número de resultados									3	3	3
Valor máximo, max									2.38	1.26	23.30
Valor mínimo, min									2.35	0.18	23.07
Mediana, med									2.37	1.00	23.26
Valor promedio, mean									2.37	0.81	23.21

Desviación estándar, sdev	0.01	0.56	0.12
Coefficiente de variación, cv	-1.46	-1.30	-1.46

Fuente: Laboratorio de la FIM-UNA.

Análisis de estabilidad física del talud del tajo “San Santiago” en estado actual.

Los resultados de los análisis de estabilidad de los taludes se indican en Tabla N°6 los cuales indican la inestabilidad de los mismos en condiciones estáticas y pseudoestática.

Como se muestra en la tabla N° 03, la superficie de falla del “talud global” es inestable desde la cresta al pie del talud,

obtenido un factor de seguridad de 0.988, en la Unidad Minera San Santiago “B”, está realizado en condiciones estáticas. Y se definió en estado de manera inestable y a la vez, desde la cresta al pie del talud se obtuvo un factor de seguridad de 0,887, con el Software Slide 6.0 en la Unidad Minera San Santiago, esto en condiciones pseudoestáticas.



Figura 3. Perfil fotográfico y muestreo de la Unidad Minera San Santiago

Como se puede apreciar en la figura 3

Para estimar el esfuerzo confinante en cada botadero y obtener el ángulo de fricción, se asume una profundidad de la posible superficie de falla de los taludes y se estima el esfuerzo normal, con lo cual, a

través de un ábaco formulado por Leps. producto de una serie de ensayos, se obtiene el ángulo de fricción interna. Considerando la densidad del botadero y de la cimentación se elige la curva de correlación.

Parámetros de los taludes de la Unidad Minera San Santiago “B”

En la Tabla N° 01, 02, 03, se presenta un resumen del resultado del ángulo de

fricción interna, cohesión y peso específico en los dos cortes al talud global de la Unidad Minera San Santiago “B”, obtenidos en laboratorio de la FIM.

Tabla 5. Resultados de parámetros de resistencia de suelo base.

Perfil	H(m)	Peso Específico (kN/m ³)	C (kN/m ²)	ϕ
A Corte 1 - base	10.4	23.21	21.57	32.03
B Corte 2 - talud	36.56	22.44	21.56	27.38

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N°5 se resume los valores a utilizar en los análisis de estabilidad ya que el terreno fue muy afectado por la sobre

excavación de suelos aparte de talud fue que soportó la carga gracias a la temperatura en la zona

Tabla 6. Parámetros de resistencia para taludes de la Unidad Minera San Santiago “B”.

Identificación	ϕ	C (kN/m ²)	Densidad (kN/m ³)	Tipo de material
Talud global Unidad Minera San San Santiago “B” corte 1 – base	Suelo base 32,03	21,57	23,21	Suelo inalterado
corte 2 – talud	Suelo base 27,38	21,56	22,44	Suelo inalterado

Fuente: Elaboración propia

Análisis de estabilidad física del talud del tajo “San Santiago B” estado actual. Los resultados de los análisis de estabilidad de los taludes se indican en Tabla N° 6 los

cuales indican la inestabilidad de los mismos en condiciones estáticas y pseudoestática.

Tabla 7. Resultados de análisis de estabilidad de los cortes del talud global de la “Unidad Minera San Santiago “B”.

Identificación del Corte	F.S. Estático (C = 0)	F.S. Pseudoestático (C = 0,08)
TALUD GLOBAL	0,988	0,887

Fuente: Elaboración propia

La superficie de falla del “talud global” es inestable desde la cresta al pie del talud, obtenido un factor de seguridad de 0,988,

en la Unidad Minera San Santiago “B”, esto en condiciones estáticas. Y es inestable también desde la cresta al pie del

talud, obtenido un factor de seguridad de 0,887, en la Unidad Minera San Santiago “B”, esto en condiciones pseudoestáticas.

Resultados del talud de la Unidad Minera San Santiago “B”

Análisis en condición Estático ($C=0$) aplicando el Slide 6.1 que nos ayuda para cuantificar el factor de seguridad.

a). Corte talud global

Como se puede apreciar en la Figura N° 4 (Análisis de estabilidad en condiciones estáticas del talud global).

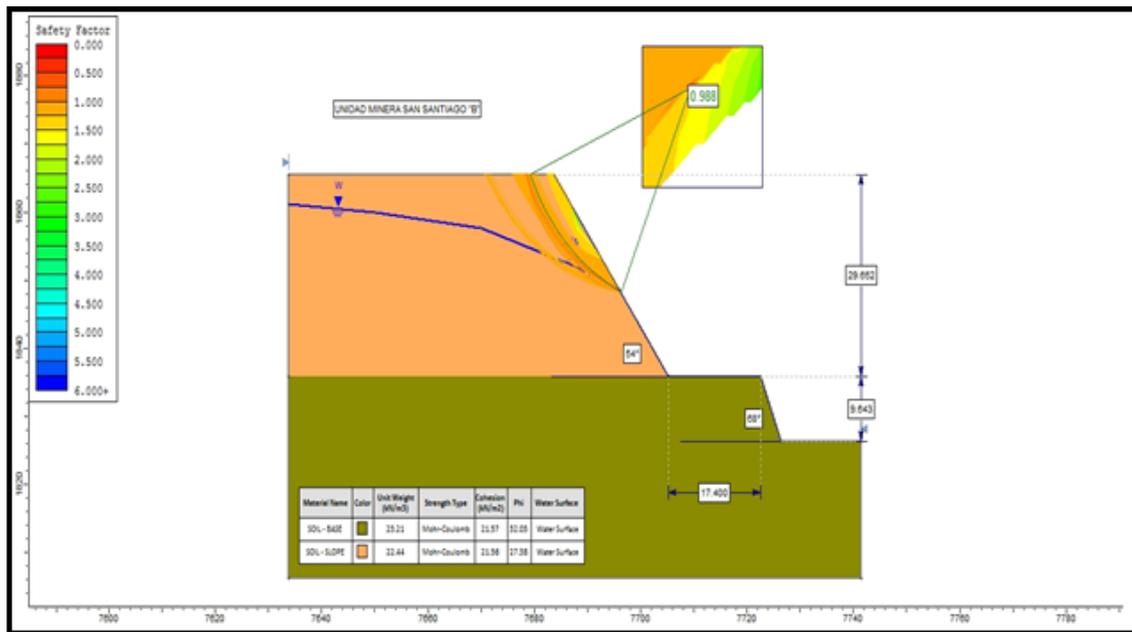


Figura 4. Análisis de estabilidad en condición estática del talud global
Fuente: Slide de versión 6.0

Análisis en condición pseudoestático ($C=0,08$), nos da como resultado 0,887 que nos indica numéricamente que es un talud inestable.

b). Corte talud global

Como se puede apreciar en la Figura N° 4 (Análisis de estabilidad en condiciones pseudoestáticas del talud global).

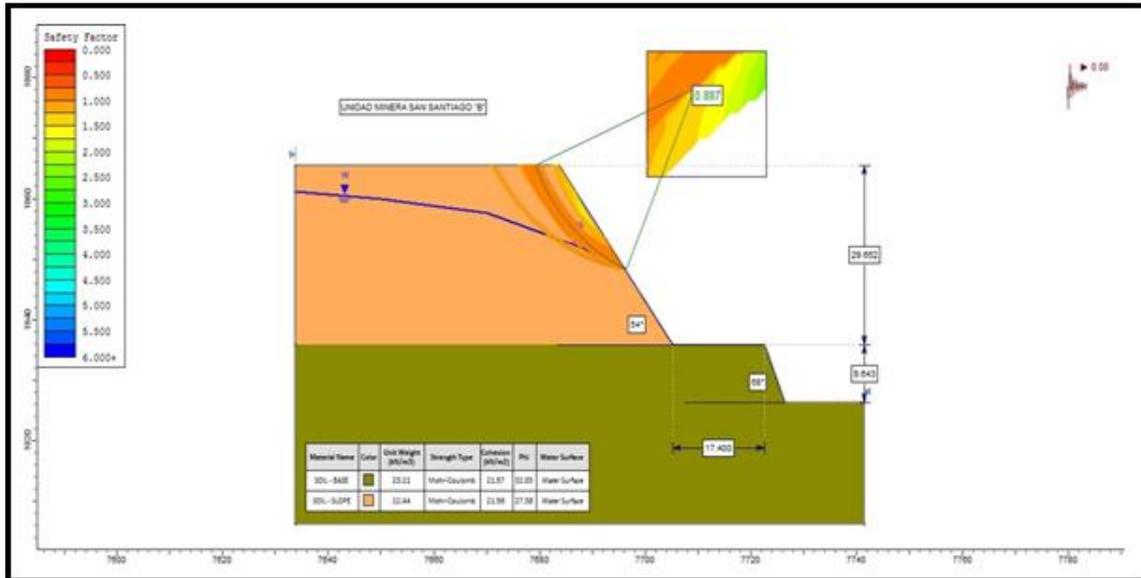


Figura 5. Análisis de estabilidad en condiciones pseudoestáticas del talud global.
Fuente: Slide de versión 6.0

En el siguiente cuadro se realiza cálculo Unidad Minera San Santiago “B” de del resumen de los resultados taludes de la Ananea.

Tabla 8. Resumen de resultados de los análisis de estabilidad de los taludes.

Identificación del corte	Factor de seguridad estático (c=0)	Factor de seguridad pseudoestático (c=0.08)	Descripción
Talud global	0,988	0,887	Talud

Fuente: Elaboración propia

Condición: inestable

Tal como se observa los factores de seguridad son menores a los factores de seguridad recomendados por la Normatividad vigente AASTHO, por lo que se concluye que el frente es inseguro es inestable.

3.1.3 Determinación del ángulo global del talud

El ángulo global del talud es calculado geoméricamente a partir de los parámetros elementales ya definidos como son: La altura de banco, ángulo de banco, berma y

el número de bancos que las compone. De la siguiente ecuación el ángulo global es

3.2 Discusiones

Discusión N°1.

(Suarez D, 1998) Según el autor Es práctica común en ingeniería definir la estabilidad de un talud en términos de un factor de seguridad (FS.), obtenido de un análisis matemático de estabilidad. Respecto al autor el factor de seguridad es un índice para identificar y cuantificar los valores numéricos.es la forma más aplicable en estos tiempos modernos.



Como se muestra en el cuadro N° 03, la superficie de falla del “talud global” es inestable desde la cresta al pie del talud, obtenido un factor de seguridad de 0.988, en la Unidad Minera San Santiago “B” de Ananea, esto en condiciones estáticas. Y es inestable también desde la cresta al pie del talud, obtenido un factor de seguridad de 0,887, en la Unidad Minera San Santiago “B”, esto en condiciones pseudoestáticas.

4 CONCLUSIONES

El talud de la Unidad Minera San Santiago “B”, de acuerdo a los resultados del presente informe, en donde la superficie de falla del corte del talud global es inestable su talud desde la cresta al pie del talud, fue obtenido un factor de seguridad de 0.988, en condiciones estáticas. Y un factor de seguridad de 0.887, esto en condiciones pseudoestáticas, en la Unidad Minera San Santiago de Ananea “.

La geotecnia aplicada a la minería superficial, es una de las herramientas para la reducción de caídas de taludes y evaluar las propiedades físicas del suelo, y poder emplear y mejorar las tomas de decisiones en sostenimiento de talud, para que les permita realizar los diseños adecuados en ámbito minero y construcciones civiles canteras u obras afines.

5 REFERENCIAS

- Ayala C, F. J., & Rodriguez O, J. M. (1986). *Manual para el Diseño y Construcción de Escombreras y Presas de Residuos Mineros*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.
- Bowles, J. E.; (2000). *Determinacion de Limite Liquido De Los Suelos. Taller De Mecanica De Suelos*.
- Gonzales de Vallejo , L. (2002). *Ingenieria Geologica*. Madrid: Prentice Hall.
- Gonzales T. (2010). *Diseño de minas de cielo habierto. Tesis*. Universidad Nacional de Ingenierias. - Lima, Lima.
- Parra A, F. (2015). *Planificación Minera A Cielo Abierto Utilizando Fundamentos Geomecánicos. tesis*. Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Suarez D, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Bucaramanga, Colombia: Ingeniería de Suelos Ltda.
- Turpo J. I. (2018). *Determinación de los parámetros geométricos del talud, para garantizar la estabilidad del tajo superficial del área de explotación en la unidad minera “Moises Randy 2010”. Tesis*. Universidad Nacional de Moquegua, Moquegua.
- Valeriano F. A. (2015). *Caracterización geotécnica y modos de falla estructural en el talud en roca del Cerro Espinal Juliaca. Tesis de pregrado*. Universidad Nacional del Altiplano - Puno, Puno.



Vilca C. (2019). Estudio geotécnico para la estabilidad del talud del depósito de desmonte santa rosa del proyecto santa rosa - arequipa. (*Tesis de ipregrado*). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco.