

Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**Análisis de parámetros geotécnicos para la estabilización de
taludes durante la explotación de minas a cielo abierto**

Para obtener el título profesional de Ingeniero de Minas

Elaborado por

Victor Raúl Ludeña Montesinos

 [0009-0009-2129-2018](https://orcid.org/0009-0009-2129-2018)

Asesor

MSc. Adolfo Jesús Chavez Valdivia

 [0000-0003-0625-1495](https://orcid.org/0000-0003-0625-1495)

LIMA – PERÚ

2025

Citar/How to cite	Ludeña Montesinos [1]
Referencia/Reference	[1] V. Ludeña Montesinos, “ <i>Análisis de parámetros geotécnicos para la estabilización de taludes durante la explotación de minas a cielo abierto</i> ” [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2025.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Ludeña, 2025)
Referencia/Reference	Ludeña, V. (2025). <i>Análisis de parámetros geotécnicos para la estabilización de taludes durante la explotación de minas a cielo abierto</i> . [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres, hermanos, familiares y amigos, quienes me motivaron a seguir creciendo mediante sus consejos para poder concluir mis metas que habían sido pospuestas.

Agradecimientos

Al Ing. Oliver Gago Porras, superintendente de la Unidad Minera Apumayo durante el periodo 2015 a 2019, por ser mi mentor quien me impulsó y contribuyó considerablemente en mi desarrollo profesional. A mis padres Carlos Ludeña y Gricelda Montesinos, quienes fueron mi pilar de apoyo durante mi formación académica, quienes son y serán siempre mi motivación para seguir adelante.

Resumen

La estabilidad de taludes en minas a cielo abierto constituye un factor clave para la seguridad, eficiencia y sostenibilidad de las operaciones. Esta investigación presenta la experiencia profesional desarrollada en el análisis integral de los taludes del tajo Ayahuanca, en la Unidad Minera Apumayo, aplicando un enfoque geotécnico riguroso. Se realizó una caracterización detallada del macizo rocoso mediante mapeo de afloramientos con celdas de detalle, bajo lineamientos de la ISRM, evaluando parámetros como orientación, espaciado, rugosidad, relleno y resistencia. Asimismo, se desarrolló modelamiento numérico avanzado (elementos finitos, diferencias finitas y fracturas discretas) y análisis probabilístico, con el objetivo de comprender el comportamiento estructural del terreno y reducir la incertidumbre en sus propiedades. El trabajo incluyó la interpretación de datos geotécnicos, la aplicación de criterios de expertos y el uso de herramientas digitales especializadas. Esta experiencia profesional fortaleció competencias clave en evaluación geomecánica, validación de parámetros de diseño, gestión técnica de la información y toma de decisiones en campo. Además, permitió aplicar conocimientos de ingeniería de minas en escenarios reales, con implicancias operativas y de seguridad. La investigación documenta los aprendizajes obtenidos, los métodos empleados y las soluciones técnicas implementadas ante condiciones geológicas complejas. Se concluye que la experiencia desarrollada en el Tajo Ayahuanca aporta una base sólida para la geotecnia en la minería a cielo abierto, consolidando habilidades aplicables a contextos exigentes y multidisciplinarios.

Palabras clave — Estabilidad de taludes, geotecnia, modelamiento numérico, minería a cielo abierto.

Abstract

The stability of slopes in open-pit mines is a key factor for ensuring operational safety, economic efficiency, and the sustainability of mining operations. This report presents the professional experience developed through the comprehensive analysis of the slopes at the Ayahuanca pit, located in the Apumayo Mining Unit, applying a rigorous geotechnical approach. A detailed characterization of the rock mass was carried out through mapping of outcrops using grid cells, following ISRM guidelines to assess parameters such as orientation, spacing, roughness, infill, and strength. In addition, advanced numerical modeling (finite elements, finite differences, and discrete fracture models) and probabilistic analysis were used to understand the structural behavior of the ground and reduce uncertainty in its properties. The work included the interpretation of geotechnical data, expert-based criteria, and the use of specialized digital tools. This professional experience strengthened core competencies in geomechanical assessment, validation of design parameters, technical information management, and field-based decision-making. It also allowed the application of mining engineering knowledge in real-world scenarios, with operational and safety implications. The report documents the lessons learned, the applied methods, and the technical solutions implemented in response to complex geological conditions. It concludes that the experience developed at the Ayahuanca pit provides a solid foundation for professional performance in geotechnical mining engineering, consolidating practical skills for demanding and multidisciplinary contexts.

Keywords — Slope stability, geotechnics, numerical modeling, open-pit mining.

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Introducción	xiii
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo	1
1.1 Generalidades	1
1.1.1 Ubicación	1
1.1.2 Accesibilidad	1
1.2 Descripción del problema de investigación.....	2
1.2.1 Formulación del problema	3
1.3 Objetivo.....	4
1.4 Antecedes investigativos	4
1.4.1 Antecedentes internacionales	4
1.4.2 Antecedentes nacionales	9
Capítulo II. Marcos teórico y conceptual.....	16
2.1 Marco teórico	16
2.1.1 Conceptos fundamentales de la geotecnia.....	16
2.1.2 Mecánica de suelos.....	17
2.1.3 Propiedades físicas fundamentales de los suelos	17
2.1.4 Resistencia al esfuerzo cortante de los suelos.....	17
2.1.5 Mecánica de rocas	18
2.1.6 Macizo rocoso	19
2.1.7 Roca intacta	20
2.1.8 Discontinuidades del macizo rocoso.	20
2.1.9 Criterios de resistencia del macizo rocoso	22
2.1.10 Clasificación geomecánica del macizo rocoso.....	23
2.1.11 Estabilidad de taludes	28

2.1.12 Modos de falla de taludes	29
2.1.13 Factores de seguridad.....	30
2.2 Marco conceptual.....	30
2.2.1 Geotecnia.....	30
2.2.2 Angulo de talud global (OSA)	31
2.2.3 Angulo de talud interrampa (IRA)	31
2.2.4 Angulo de cara de banco (BFA)	31
2.2.5 Altura de banco	31
2.2.6 Ancho de banco (ancho de berma)	31
2.2.7 Macizo rocoso	31
2.2.8 Roca intacta	31
2.2.9 Clasificación geomecánica del macizo rocoso.....	31
2.2.10 Abertura	32
2.2.11 Persistencia	32
2.2.12 Relleno.....	32
2.2.13 Rugosidad.....	32
2.2.14 Grado de alteración en discontinuidades.....	32
2.2.15 Material anisotrópico	32
2.2.16 Estabilidad de taludes	33
2.2.17 Factor de seguridad (FS)	33
2.2.18 Parámetros geotécnicos.....	33
2.2.19 Resistencia a la compresión.....	33
2.2.20 Cohesión (c).....	33
2.2.21 Angulo de fricción interna (ϕ)	33
2.2.22 Densidad de material	33
2.2.23 Presión de poros	34
2.2.24 Aceleración sísmica	34
Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación	35

3.1	Geología	35
3.1.1	Marco Regional	35
3.1.2	Geología local	37
3.1.3	Geología estructural	38
3.1.4	Geomorfología	39
3.2	Condición de aguas subterráneas	40
3.3	Técnicas de recopilación de información	41
3.3.1	Mapeo de estaciones geomecánicas	41
3.3.2	Perforaciones geotécnicas orientadas	42
3.3.3	Logueo de perforaciones geotécnicas	43
	Capítulo IV. Análisis e interpretación de resultados	44
4.1	Registro de datos	44
4.2	Aspectos litológicos	45
4.3	Distribución de discontinuidades	46
4.4	Clasificación geomecánica de la masa rocosa	48
4.5	Zonificación geomecánica de la masa rocosa	50
4.6	Resistencia de la roca	52
4.6.1	Resultados de los ensayos con el Martillo Schmidt	52
4.6.2	Resultados de ensayos de laboratorio de mecánica de rocas	53
4.6.3	Resistencia de las discontinuidades	55
4.6.4	Resistencia de la masa rocosa	55
4.7	Identificación de los mecanismos probables de falla	56
4.8	Análisis de estabilidad de los taludes finales	57
4.8.1	Métodos de cálculo	57
4.8.2	Condiciones de análisis	58
4.8.3	Factores de seguridad mínimos	58
4.8.4	Resultados de los análisis de estabilidad	59
	Conclusiones	60

Recomendaciones	63
Referencias bibliográficas	65
Anexos	68

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 : Rutas de accesibilidad U.M. Apumayo	2
Tabla 2 : Clasificación del macizo rocoso según Bieniawski (RMR)	25
Tabla 3 : Clasificación del tamaño de bloques en función al índice volumétrico de juntas	28
Tabla 4 : Resumen de estaciones geomecánicas	42
Tabla 5 : Registro de perforaciones geotécnicas	42
Tabla 6 : Sistemas de discontinuidades estructurales	47
Tabla 7 : Resumen de calidad de la masa rocosa	49
Tabla 8 : Resumen de los resultados de los ensayos de carga puntual	53
Tabla 9 : Resumen de los resultados de los ensayos de tracción indirecta (Método brasileiro)	54
Tabla 10: Constante “mi” a partir de ensayos triaxiales en roca intacta	54
Tabla 11: Propiedades físicas de la roca intacta	54
Tabla 12: Resultados de los ensayos de corte directo	55
Tabla 13: Constante “mi” a partir de ensayos triaxiales en roca intacta	56
Tabla 14: Resultado del análisis cinemático por sectores de diseño	57
Tabla 15: Resultados del análisis de estabilidad física	59

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1: Ubicación de la U.M. Apumayo	1
Figura 2: Criterio de GSI modificado	26
Figura 3: Estimación del R.Q.D. a partir de testigos de sondeo	27
Figura 4: Estimación del Índice volumétrico de juntas (J_v).....	28
Figura 5: Plano de Investigaciones geotécnicas realizadas en el Tajo Ayahuanca	45
Figura 6: Estereograma del compósito general de estructuras menores del área de Ayahuanca.....	47
Figura 7: Roseta del compósito general de estructuras menores del área de Ayahuanca..	48
Figura 8: Plano geológico de alteración tajo Ayahuanca.....	49
Figura 9: Plano de zonificación tajo Ayahuanca.....	50

Introducción

La estabilidad de los taludes en operaciones mineras a cielo abierto representa un aspecto crucial para garantizar la seguridad de las actividades extractivas y optimizar la planificación de los trabajos en el tajo. La complejidad de las condiciones geológicas, estructurales e hidrogeológicas del macizo rocoso requiere una evaluación integral que permita comprender las características del terreno y los riesgos asociados a su comportamiento.

En este contexto, la presente investigación se estructura en diferentes capítulos, cada uno orientado a abordar aspectos fundamentales para la caracterización y análisis de la estabilidad en el área de estudio:

En el Capítulo I presenta la descripción del problema de investigación, formulación del problema, el objetivo que guía la investigación, así mismo se revisan los antecedentes relevantes, tanto a nivel nacional como internacional.

En el Capítulo II se presenta conceptos clave en mecánica de rocas, geotecnia y estabilidad de taludes. Este capítulo establece las bases teóricas para la aplicación de metodologías de análisis y diseño en el entorno minero, resaltando la importancia de la correcta interpretación de las propiedades físicas y mecánicas del macizo rocoso.

El Capítulo III detalla las técnicas y procedimientos utilizados para recopilar la información, incluyendo el mapeo geotécnico, la realización de ensayos de laboratorio, la caracterización de discontinuidades y la elaboración de modelos estereográficos. La metodología permite garantizar la precisión y confiabilidad de los datos, además de facilitar su análisis en las etapas posteriores.

En el Capítulo IV se presentan los resultados obtenidos de la caracterización del macizo rocoso, incluyendo la clasificación de la calidad del material, la distribución de discontinuidades, la presencia de agua subterránea y la zonificación geomecánica. Este capítulo analiza la influencia de estos factores en la estabilidad de los taludes y propone los parámetros necesarios para su diseño seguro.

El trabajo concluye integrando los hallazgos, estableciendo las condiciones de estabilidad del área, y proponiendo medidas de control y manejo de riesgos. Además, se sugieren las acciones a seguir para mejorar la seguridad operativa y la sustentabilidad del proyecto minero. La estructura del trabajo busca ofrecer un enfoque sistemático y fundamentado, apoyándose en datos técnicos y científicos, para aportar a la gestión del riesgo en el diseño y operación de taludes en minería a cielo abierto. La integración de estos capítulos permite comprender de manera integral el comportamiento del macizo rocoso y contribuir a la toma de decisiones informadas, promoviendo la seguridad y eficiencia en las actividades mineras.

Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

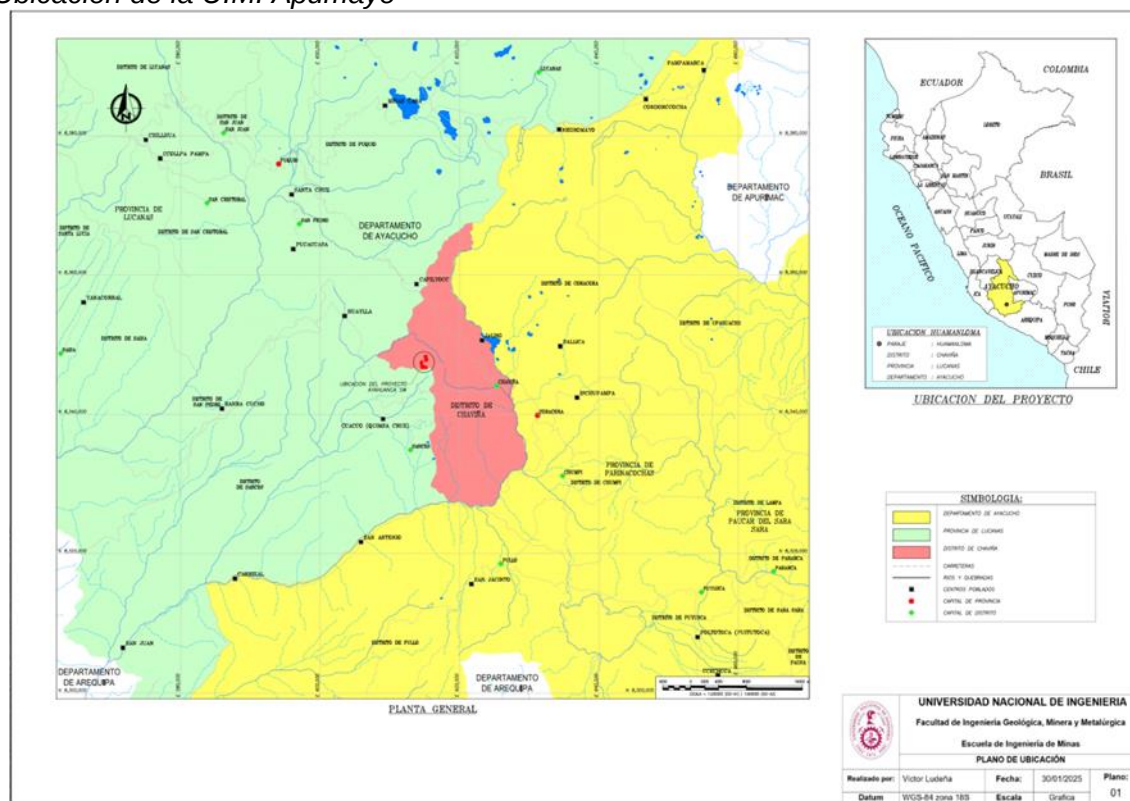
1.1 Generalidades

1.1.1 Ubicación

La unidad minera Apumayo se encuentra localizada en los distritos de Chaviña y Sancos, provincias de Lucanas y Parinacochas, departamento Ayacucho, a una distancia de 75 km de la ciudad de Puquio y con una altitud que varía entre 4050 msnm y 4300 msnm. El área del proyecto se ubica en el flanco oeste de la Cordillera Occidental de los Andes. Las coordenadas UTM referenciales de la ubicación del proyecto son 8341,026N y 616,312E (Sistema WGS 84, Zona 18S).

Figura 1

Ubicación de la U.M. Apumayo



Fuente: Datos de Google Earth Pro.

1.1.2. Accesibilidad

El área de estudio es accesible desde la ciudad de Lima mediante la vía asfaltada Lima – Nazca, por la Panamericana Sur, desviándose en la ciudad de Nazca hacia la ciudad de Puquio, para luego dirigirse a través de la carretera afirmada Puquio-Chaviña

(hasta el desvío de Sancos) recorriendo 58 km, dirigiéndose por la trocha carrozable hacia Sancos aproximadamente unos 8 km se llegan al proyecto Apumayo.

Tabla 1

Rutas de accesibilidad U.M. Apumayo

LUGAR	VÍA	Km	TIEMPO
Lima - Nazca	Asfaltado	447 km	6h y 20 min
Nazca - Puquio	Asfaltado	156 km	3h y 13min
Puquio – Chaviña (desvío a Sancos)	Afirmado	58 km	1h y 30 min
Desvío a Sancos – U.M. Apumayo	Trocha carrozable	8 km	20min

Fuente: Elaboración propia

1.2 Descripción del problema de investigación

Basado en la descripción de la compleja realidad que implica la inestabilidad de taludes en las operaciones de minería a cielo abierto, se evidencia una necesidad crítica de profundizar en el análisis de la influencia de los parámetros geotécnicos clave y su optimización para la estabilización efectiva de estas estructuras, especialmente durante la fase operativa. La estabilidad, definida por factores geométricos y geotécnicos (Fernández, 2017) y los factores de seguridad requeridos (Mendoza, 2017; Read & Stacey, 2009), es un proceso continuo y desafiante.

Aunque se reconoce la importancia de los factores condicionantes y desencadenantes (González de Vallejo, 2002), la variabilidad inherente del macizo rocoso y las dinámicas operacionales presentan retos persistentes. Estudios como el de Vergara Lovera (2020), quien aborda el diseño geotécnico para la estabilidad de minas a cielo abierto, incluso considerando la compleja interacción con excavaciones subterráneas antiguas, subrayan la necesidad de una evaluación geomecánica exhaustiva que integre modelos estructurales, geológicos, del macizo rocoso e hidrogeológicos a partir de datos de logueo y mapeos. Esto demuestra que la caracterización y el modelado preciso de parámetros son fundamentales para un diseño integral.

Asimismo, la experiencia en la estabilización de taludes en otros contextos, como la investigación de Reyes Hernández (2020) sobre el diseño de investigación para la estabilización de un talud en un relleno sanitario, destaca la importancia de una

metodología sistemática y rigurosa en la caracterización geotécnica y el análisis de estabilidad. Aunque el contexto es diferente, la necesidad de un enfoque analítico robusto para la determinación y el uso de parámetros geotécnicos es un principio universal en ingeniería.

El Tajo Ayahuanca sirve como un caso de estudio real que ilustra las complejidades geotécnicas que enfrentan las operaciones mineras. El desarrollo de la investigación detalla la importancia de la caracterización litológica, estructural (sistemas de discontinuidades) e hidrogeológica para el análisis de estabilidad, confirmando que la determinación precisa de los parámetros derivados de estos datos es la base de cualquier solución de diseño. A pesar de la existencia de estudios, la continua ocurrencia de eventos de inestabilidad sugiere que la aplicación y optimización de estos parámetros en el diseño operativo aún presentan áreas de mejora y mayor profundidad analítica. La problemática central de esta investigación, por lo tanto, radica en la necesidad de:

¿Cómo la aplicación de un análisis profundo y la determinación precisa de los parámetros geotécnicos fundamentales (cohesión, ángulo de fricción, características del macizo rocoso y condiciones hidrogeológicas) pueden ser optimizados y utilizados para mejorar la eficacia de las estrategias de estabilización de taludes durante la operación de minas a cielo abierto, considerando la variabilidad geológica y los desafíos operacionales?

La presente tesis busca ir más allá de la descripción de la influencia general de los parámetros, proponiendo un enfoque analítico que permita identificar y optimizar la contribución específica de cada parámetro geotécnico a la estabilidad. Esto no solo busca mitigar los riesgos inherentes a las operaciones mineras y asegurar la continuidad productiva, sino también generar un conocimiento aplicable que contribuya a la toma de decisiones informadas para el diseño y la gestión proactiva de la estabilidad de taludes en el exigente entorno de la minería a cielo abierto.

1.2.1 Formulación del problema

¿Qué factores influyen en la inestabilidad de taludes en minas a cielo abierto?

1.3 Objetivo

Realizar la estabilización de taludes a partir del adecuado análisis de los parámetros geotécnicos durante la explotación de minas a cielo abierto.

1.4 Antecedes investigativos

1.4.1 Antecedentes internacionales

"Barbosa M.y Ramírez J. (2021), "Análisis Comparativo de métodos de evaluación de la estabilidad del talud ubicado en la vereda la cascada corregimiento de cay, Ibagué-Tolima", la investigación tiene como objetivo principal evaluar la estabilidad de un talud, que presenta signos evidentes de inestabilidad y potencial riesgo para la comunidad local, infraestructura y medio ambiente. La importancia de esta investigación radica en la rápida urbanización no planificada, que ha contribuido a aumentar la susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa y deslizamientos, especialmente en áreas de alta pendiente y en zonas de influencia de actividades humanas.

La primera fase del estudio involucró la recopilación de datos en campo, donde se realizaron inspecciones visuales, mediciones topográficas y ensayos de laboratorio en muestras de suelo extraídas del talud. Estas propiedades geotécnicas incluyeron peso específico, resistencia al corte, cohesión, ángulo de fricción interna y pruebas de permeabilidad, que permitieron establecer un perfil geomecánico robusto. Con estos datos, se determinaron las superficies potenciales de falla, puntos de inicio y trayectoria del movimiento y los posibles efectos de fenómenos externos, como filtraciones y sobrecarga, en la estabilidad del suelo.

Se aplicaron diversas metodologías de análisis de estabilidad de taludes, tanto manuales como computacionales. En el componente manual, se utilizaron los métodos clásicos de Fellenius y Bishop simplificado, que operan bajo supuestos de equilibrio límite y simplificación de cargas, y los métodos de Janbú y Hoek y Bray, que incorporan conceptos de la resistencia del suelo y parámetros de seguridad.

Por otro lado, se emplearon programas computacionales especializados, como Geo5, Slide y Adonis, que aplican técnicas de análisis mediante elementos finitos, métodos

de equilibrio límite y modelos de comportamiento no lineal, permitiendo realizar una simulación más detallada del comportamiento del suelo bajo diferentes escenarios. Estas herramientas facilitaron la evaluación del impacto de variaciones en las propiedades del suelo, efecto de cargas externas, filtraciones y cambios en la geometría del talud, arrojando resultados que permiten una interpretación más confiable del riesgo.

Los resultados obtenidos mostraron que los métodos computacionales en general indicaron una mayor resistencia y estabilidad del talud en comparación con los cálculos manuales, pero la mayoría de esas evaluaciones estaban cercanas a valores de riesgo, indicando una condición de vulnerabilidad. Específicamente, se observaron factores de seguridad que en algunos casos estaban en rangos críticos (FS entre 1.0 y 1.5), sugiriendo la necesidad de aplicar medidas correctivas inmediatas para prevenir posibles deslizamientos, que podrían tener consecuencias catastróficas en la comunidad, infraestructura vial, educativa y ambiental.

El análisis comparativo evidenció que los métodos manuales tienden a subestimar o sobreestimar la estabilidad del talud en función de las simplificaciones y supuestos asumidos, siendo menos precisos en terrenos complejos o en presencia de condiciones variables en el tiempo. Por ello, se recomienda complementar estos análisis con modelos computacionales que permitan realizar estimaciones más precisas y simular diferentes escenarios futuros, ayudando en la planificación de intervenciones de estabilización, como refuerzos, muros de contención o drenajes adecuados.

Adicionalmente, se destacó la importancia de la correcta toma de datos, destacando la necesidad de una delimitación precisa de las superficies de falla y una caracterización adecuada de propiedades geomecánicas para mejorar la fiabilidad de los resultados. El trabajo también consideró las recomendaciones de monitoreo continuo mediante estaciones pluviométricas, inclinómetros y piezómetros, con el fin de detectar cambios en las condiciones del suelo en tiempo real y tomar decisiones preventivas oportunas.

El estudio concluye que el análisis de estabilidad de taludes requiere una mirada integral que combine metodologías manuales y computacionales, complementadas con estudios geológicos y geomorfológicos detallados, para reducir la incertidumbre en las evaluaciones y definir mejores estrategias de gestión del riesgo. Asimismo, subraya que las decisiones de intervención deben sustentarse en un marco técnico y científico riguroso, considerando además los aspectos socioculturales y ambientales de la comunidad local.

Monte Parra, I. A. (2020). “Análisis de estabilidad de taludes de roca mediante el método de elementos finitos”, tiene como objetivo principal analizar y entender en profundidad el comportamiento estructural y la estabilidad de dos taludes de roca en la provincia de Concepción, en Chile. La motivación surge de la importancia de garantizar la seguridad y eficiencia en obras de ingeniería en zonas de laderas rocosas, donde la variable geológica y estructural puede influir significativamente en el riesgo de fallas o colapsos.

El estudio se encuentra enmarcado dentro de un enfoque de análisis avanzado, que combina la caracterización campo y en laboratorio con modelamientos numéricos de alta resolución, específicamente usando el método de elementos finitos (MEF). La elección de esta metodología obedece a su mayor capacidad para simular el comportamiento deformacional, incluyendo la distribución de esfuerzos y deformaciones en el volumen rocoso considerado, frente a métodos tradicionales de equilibrio límite, que solo evalúan factores de seguridad.

Para ello, se realizó una exhaustiva recopilación de datos en campo, incluyendo mediciones de discontinuidades, geometría, orientación, propiedades mecánicas y condiciones geológicas del área. El marco geológico de la zona se analizó para identificar las principales variables que influyen en la estabilidad, como el tipo de roca, fallas existentes, planos de discontinuidad, y presencia de fallas tectónicas. Además, se investigaron las propiedades mecánicas del material, mediante ensayos de laboratorio que permitieron definir parámetros como la cohesión, el ángulo de fricción y los esfuerzos

principales. La integración de estos datos fue fundamental para calibrar los modelos, que buscan replicar en lo posible las condiciones reales de los taludes.

Una de las etapas estratégicas del trabajo fue desarrollar modelos numéricos para cada talud, en los que se aplicaron distintas condiciones de carga, límites y análisis de deformaciones. Se consideraron también distintas hipótesis, como diferentes distribuciones de discontinuidades, presencia de bloqueos, y variaciones en las propiedades mecánicas. En este contexto, se utilizaron distintas configuraciones de malla, además de validaciones de resultados mediante comparación con análisis cualitativos y cuantitativos en terreno.

Los resultados del análisis muestran que, en la mayor parte de los casos, ambos taludes presentan factores de seguridad por encima de 1.3 a 1.6, lo que indicaría condiciones de estabilidad bajo cargas y condiciones normales. Sin embargo, los análisis de deformación y los análisis estructurales de las discontinuidades permiten inferir que existen modos de falla potenciales, de acuerdo con el comportamiento observado y modelado. En particular, el Talud “A” muestra una mayor resistencia para fallas por cuña, cuya posible movilización podría estar restringida por la geometría de las discontinuidades y la resistencia inherente del macizo. Por otro lado, el Talud “B” evidencia una mayor vulnerabilidad a fallas por cuña y mecanismos de volcamiento, siendo esto consonante con el colapso de material en forma de cuña, ya observado en terreno, que significó una falla en la estabilidad del talud.

El estudio también analiza la influencia de las estructuras geológicas existentes, como las discontinuidades y fallas, en los modos de falla. Se concluye que la presencia de discontinuidades con ciertas orientaciones, pendientes y características, puede favorecer mecanismos de desplazamiento específicos, incrementando el riesgo de fallas progresivas o catastróficas. Además, se destaca que las condiciones de humedad, cargas dinámicas o negligencias en el mantenimiento pueden agravar el comportamiento del talud, fenómenos que no se han incluido de manera explícita en los modelos pero que son relevantes en la práctica.

A partir de estos hallazgos, se proponen recomendaciones para mejorar la seguridad en estos sitios, incluyendo el monitoreo continuo mediante instrumentos de medición de desplazamientos, esfuerzos y variaciones en la humedad del suelo y roca, así como la implementación de medidas de intervención tales como refuerzo de estructuras, sierras, muro de contención, o ajustes en la geometría del talud. Se sugiere también realizar estudios de modelamiento más detallados, incluyendo análisis en 3D y estudios de sensibilidad, para evaluar con mayor precisión los escenarios de falla y definir las mejores soluciones de mitigación.

Finalmente, la investigación refleja que el método de elementos finitos es una herramienta valiosa para complementar los análisis tradicionales, permitiendo una visión más integral del comportamiento del macizo rocoso bajo condiciones variables, y facilitando la identificación temprana de regiones de alta deformación o riesgo potencial. La aplicación de esta metodología, junto con un adecuado levantamiento de datos en terreno, puede ser esencial en proyectos de ingeniería y gestión de riesgos en zonas rocosas, reduciendo la incertidumbre y aumentando la seguridad estructural.

Reyes Hernández, P. A. (2020). "Diseño de investigación para la estabilización de talud en el relleno sanitario del Km 22 Carretera CA-9 al Pacífico". La investigación aborda la problemática de inestabilidad del talud causada por vibraciones del tráfico y escurrimientos de aguas pluviales, debido a la falta de planificación en obras civiles como drenajes y zanjas.

El proyecto busca proponer un método de estabilización que sea factible y viable, considerando los componentes heterogéneos del talud.

La investigación se centra en evaluar los factores geológicos, geométricos, hidrogeológicos y geotécnicos que influyen en la estabilidad del talud. Para ello, se realizan ensayos de laboratorio y estudios en campo, como granulometría, límites líquidos y plásticos, corte directo, ensayo SPT, ensayo triaxial, ensayo CBR y ensayo Proctor standard. Estos datos se procesan y analizan utilizando herramientas matemáticas y métodos aprobados, como el método Morgenstern-Price, que permite determinar el factor

de seguridad del talud. Además, se emplean programas de software geotécnico como GEO5 y SLOPE/W para optimizar el análisis y diseño.

El documento también incluye una revisión de antecedentes de investigaciones similares realizadas en Guatemala y otros países, que sirven como referencia para identificar factores clave en la caracterización geotécnica de taludes. Se analizan los factores condicionantes (internos) y desencadenantes (externos) que afectan la estabilidad del talud, como la litología, la estratigrafía, la escorrentía superficial, la actividad sísmica y volcánica, y la intervención humana.

Como solución de mitigación, se propone el método "Soil Nailing", que consiste en reforzar el talud mediante inclusiones de acero y concreto lanzado. Este método es versátil, flexible y adecuado para suelos heterogéneos, lo que lo hace ideal para el caso del relleno sanitario. Además, se considera la importancia de medidas complementarias como drenajes, cobertura vegetal y estructuras de contención.

La investigación tiene un enfoque explicativo y experimental, con un diseño estructurado que incluye recopilación de datos, análisis de resultados y propuesta de diseño. Se destaca la relevancia del proyecto para la seguridad vial, ya que el relleno sanitario colinda con una carretera de primer orden en Guatemala, y para la sostenibilidad ambiental, al garantizar el funcionamiento adecuado del relleno sanitario.

Finalmente, el estudio busca aportar conocimientos técnicos y prácticos sobre la estabilización de taludes, con el objetivo de prevenir riesgos, proteger la infraestructura vial y promover el desarrollo socioeconómico. También se espera que los resultados sirvan como referencia para futuras investigaciones en el área de la ingeniería geotécnica.

1.4.2 Antecedentes nacionales

Cabellos (2021) llevó a cabo un "Estudio geotécnico para la estabilidad de taludes en la mina de Hierro Olmos 8 HPM". La investigación se enfoca en un análisis geotécnico detallado del yacimiento de hierro Olmos 8 HPM, con el objetivo primordial de evaluar la estabilidad de los taludes y mitigar los riesgos asociados a la caída de rocas, un fenómeno que puede tener consecuencias devastadoras en la seguridad de las operaciones mineras

y del personal involucrado. Este estudio es crucial, ya que la minería implica la manipulación de grandes volúmenes de tierra y roca, lo que puede alterar significativamente las condiciones del terreno y aumentar el riesgo de inestabilidad.

Para llevar a cabo esta investigación, se implementan diversas técnicas de recolección de datos, que incluyen guías de observación en campo, ensayos de laboratorio, y análisis de tablas geomecánicas. Estas metodologías son seleccionadas cuidadosamente para asegurar la confiabilidad y validez de los resultados, permitiendo una evaluación precisa de las características del terreno, como la cohesión, el ángulo de fricción y otros parámetros geotécnicos relevantes. Los criterios de selección de la población y muestra se establecen para garantizar que los datos recolectados sean representativos y relevantes para el análisis, lo que fortalece la base científica del estudio.

Los resultados del análisis revelan que un alarmante 86.66% de las condiciones del terreno presentan inestabilidad, con una cohesión que oscila entre 2-3 kg/cm² y un ángulo de fricción que varía entre 23° y 35°. Estos hallazgos son corroborados mediante el uso del software ROFRAQ, que evalúa el riesgo de accidentes, revelando un alto potencial de inestabilidad que podría resultar en caídas de rocas y otros incidentes peligrosos. La identificación de estas condiciones críticas es fundamental para la planificación de medidas preventivas y correctivas.

La discusión de los resultados se enmarca en un contexto más amplio, donde se analizan teorías relacionadas y trabajos previos tanto a nivel nacional como internacional, subrayando la relevancia de este estudio en la planificación y gestión de operaciones mineras. Se enfatiza la necesidad de implementar medidas correctivas y de monitoreo continuo, tales como la estabilización de taludes, la instalación de sistemas de alerta temprana, y la realización de inspecciones regulares para garantizar la seguridad del personal y la integridad de las instalaciones.

Además, se abordan aspectos éticos relacionados con la investigación, asegurando que la recolección de datos y la implementación de medidas de seguridad se realicen de manera responsable y respetuosa con el medio ambiente y las comunidades locales. Las

conclusiones del estudio destacan la importancia de adoptar un enfoque proactivo en la gestión de riesgos, así como la necesidad de fomentar una cultura de seguridad dentro de la organización.

Finalmente, se presentan recomendaciones que abogan por la adopción de prácticas de gestión de riesgos más robustas, la formación continua del personal en temas de seguridad y manejo de emergencias, y la colaboración con expertos en geotecnia para mejorar las estrategias de mitigación. Este enfoque integral no solo contribuirá a un entorno de trabajo más seguro y eficiente en la minería, sino que también promoverá la sostenibilidad y la responsabilidad social en las operaciones mineras

Vergara, V. (2020) "Diseño geotécnico para la estabilidad de una mina a cielo abierto e interacción con excavaciones subterráneas antiguas". La tesis se centra en la evaluación geomecánica necesaria para el diseño de una mina a cielo abierto, un proceso crítico que busca garantizar la estabilidad de las paredes del tajo y la seguridad en las operaciones mineras. Se enfatiza la importancia de determinar los anchos de berma y los ángulos de cara de banco, interrampa y global, que son factores clave para asegurar una operación minera rentable y segura.

Para llevar a cabo esta evaluación, se realizó un estudio exhaustivo de la información geológica y geotécnica, utilizando datos de logueo y mapeos que permiten caracterizar el macizo rocoso. Este proceso de caracterización es fundamental para establecer un modelo geotécnico que integre aspectos estructurales, geológicos, macizo rocoso e hidrogeológicos. La investigación se enfoca en definir unidades geotécnicas que presenten características similares, como la resistencia a la compresión (UCS), el índice de calidad de roca (RQD) y el índice de resistencia de roca (RMR), lo que permite una mejor comprensión del comportamiento del terreno.

Los objetivos de la investigación son variados y específicos. Se busca, en primer lugar, caracterizar el macizo rocoso para entender sus propiedades y comportamientos. En segundo lugar, se pretende determinar un modelo geotécnico que sirva como base para el diseño, lo que incluye el análisis de los anchos de berma actuales mediante back análisis

y la optimización del ancho de berma efectivo para cada dominio geotécnico. Además, se establece la necesidad de determinar los ángulos de taludes finales para cada sector de diseño, considerando factores de seguridad aceptables para la estabilidad del minado.

La investigación también aborda el análisis de sensibilidad del ángulo de talud global, evaluando cómo este puede influir en los costos de extracción, sostenimiento y drenaje. Se destaca que los sectores de diseño con ángulos de talud global de 45° pueden resultar en costos bajos en el desbroce, pero que, al considerar los costos de sostenimiento y drenaje, podrían generar un costo adicional significativo que afectaría la viabilidad de la operación.

Además, se considera la interacción entre el tajo y las excavaciones subterráneas, analizando los esfuerzos in situ y los posibles riesgos asociados. Este enfoque integral permite no solo diseñar taludes seguros, sino también prever y mitigar riesgos operativos, lo que es crucial para la sostenibilidad de la operación minera.

En conclusión, esta tesis proporciona un enfoque detallado y fundamentado para el diseño geotécnico de minas a cielo abierto, asegurando la estabilidad y seguridad operativa a través de un análisis exhaustivo de las condiciones geológicas y geotécnicas, así como de los costos asociados a la extracción. La investigación no solo contribuye al conocimiento académico en el área, sino que también ofrece herramientas prácticas para la industria minera, promoviendo operaciones más seguras y eficientes.

Alvarado M. y Villanueva L. (2019) "Evaluación geomecánica y geotécnica para el diseño de estabilidad de taludes de la cantera Agocucho, Cajamarca 2018." La investigación se centra en la evaluación geomecánica y geotécnica de la cantera Agocucho, ubicada en Cajamarca, con el objetivo de diseñar taludes que sean estables y seguros para la explotación minera. Este estudio es fundamental, ya que la estabilidad de los taludes no solo afecta la seguridad de los trabajadores, sino que también influye en la eficiencia operativa y en la sostenibilidad ambiental de las actividades mineras.

Se adoptó un enfoque descriptivo y aplicado, utilizando diversas metodologías para la recolección de datos geomecánicos. Se realizaron mediciones detalladas de las

características del macizo rocoso, incluyendo la longitud, el espaciado y la abertura de las discontinuidades, así como la rugosidad de las superficies rocosas. Estas mediciones son esenciales para entender cómo las propiedades físicas y mecánicas del terreno pueden afectar la estabilidad de los taludes.

Los resultados del análisis geomecánico revelaron que, aunque la estabilidad global de los taludes es adecuada, se identificaron áreas específicas con inestabilidad local que podrían representar un riesgo significativo durante la explotación. Factores como la orientación de las discontinuidades, la presencia de agua y la variabilidad en las propiedades del material rocoso contribuyen a esta inestabilidad. Se observó que ciertas zonas presentan un mayor riesgo de deslizamientos, lo que subraya la necesidad de un diseño cuidadoso y de medidas preventivas.

Con base en estos hallazgos, se formularon recomendaciones prácticas para mejorar la seguridad en la cantera. Estas incluyen la corrección geométrica de los taludes para optimizar su ángulo de inclinación, la construcción de bermas que actúen como soporte adicional y la implementación de un control riguroso de las voladuras para minimizar la generación de vibraciones y fragmentación indeseada. Además, se sugiere la instalación de sistemas de drenaje para controlar el agua en el terreno, lo que puede ser un factor crítico en la estabilidad de los taludes.

Se enfatiza la importancia de realizar monitoreos periódicos para evaluar la estabilidad de los taludes a lo largo del tiempo, así como la capacitación del personal en prácticas seguras de trabajo en áreas de riesgo. La investigación también destaca la necesidad de integrar tecnologías avanzadas, como el uso de sensores y sistemas de monitoreo en tiempo real, para detectar cambios en la estabilidad del terreno de manera proactiva.

Espinoza A. (2023) "Evaluación de los parámetros geométricos del talud, para garantizar la estabilidad del tajo superficial Raúl Rojas en la unidad minera Cerro de Pasco compañía minera Volcan S.A.A. 2022." La investigación tiene como objetivo principal determinar los parámetros geométricos óptimos que aseguren la estabilidad de los taludes

en excavaciones a cielo abierto. Se analizan variables críticas como la geometría de la pendiente, el nivel freático, la resistencia al corte del suelo y las fuerzas sísmicas, utilizando un enfoque metodológico que combina análisis descriptivos y cuantitativos.

El estudio se estructura en cuatro capítulos: el Capítulo 1 plantea el problema y justifica la necesidad de la investigación; el Capítulo 2 revisa la literatura relevante y conceptualiza los parámetros utilizados; el Capítulo 3 detalla la metodología, que incluye ensayos de corte directo y análisis granulométrico para evaluar las propiedades del suelo. En la Sección 4, se presentan los resultados de los análisis de estabilidad mediante métodos como Fellenius y Spencer, determinando ángulos óptimos de talud (42°) y factores de seguridad en condiciones estáticas y pseudoestáticas.

Las conclusiones destacan la importancia de la modificación de la geometría de los taludes para mejorar su estabilidad, ofreciendo recomendaciones prácticas para su implementación en el diseño de excavaciones mineras. Esta investigación contribuye al avance del conocimiento en geotecnia y proporciona herramientas útiles para la gestión de la estabilidad en operaciones mineras, promoviendo la seguridad y sostenibilidad en el sector.

Gutiérrez G. (2022) "Propuesta de evaluación de estabilidad y optimización de parámetros de diseño geotécnico de taludes en tajo abierto." La tesis se centra en la optimización de los diseños geotécnicos de taludes en tajo abierto dentro del sector minero, abordando las complicaciones que surgen en el desarrollo de metodologías adecuadas. El objetivo principal es proponer una metodología teórica-práctica que integre el procesamiento y la integración de bases de datos geotécnicos del macizo rocoso, considerando tanto aspectos teóricos como la experiencia práctica para evaluar la estabilidad de los taludes y optimizar los parámetros de diseño.

La metodología propuesta se basa en los lineamientos de Read & Stacey (2009) y es aplicable a diversos casos de tajo abierto, sin limitarse a un sitio específico. Se caracteriza por un enfoque cualitativo-cuantitativo, con un alcance descriptivo y un diseño no experimental transversal. Esto implica que se correlacionan estadísticamente los

resultados de ensayos de laboratorio, calidad y parámetros de resistencia del macizo rocoso.

Para la visualización de la información y el procesamiento de datos, se utilizan diferentes softwares, como Leapfrog Geo para la visualización y Minesight para la obtención de secciones. En cuanto a la evaluación cinemática y el procesamiento de bases de datos estructurales, se emplea el software Dips, mientras que para la evaluación de estabilidad por equilibrio límite se utilizan RocPlane, Swedge y Slide de Rocscience.

La metodología se desarrolla a través de una secuencia de pasos que incluye la revisión, correlación e integración de datos geotécnicos de las unidades geológicas, así como del modelo geológico-estructural y el diseño de taludes que se desea optimizar. Se inicia con la creación de un modelo geotécnico que define las unidades geotécnicas y evalúa la calidad del macizo rocoso mediante investigaciones geotécnicas en profundidad, como perforaciones orientadas, que también permiten determinar dominios estructurales y sectorizar las zonas de talud.

La tesis también aborda la importancia de contar con información geológica adecuada, que incluye unidades geológicas compuestas por secuencias volcanoclásticas y rocas intrusivas, y presenta resultados de laboratorio que indican variaciones en la resistencia de las rocas.

Capítulo II. Marcos teórico y conceptual

2.1 Marco teórico

El presente marco teórico establece las bases conceptuales y teóricas que sustentan la investigación sobre el análisis de parámetros geotécnicos para la estabilización de taludes durante la operación de minas a cielo abierto. Se profundiza en los principios de la geotecnia, la mecánica de suelos y rocas, los criterios de resistencia, las clasificaciones geomecánicas, la influencia hidrogeológica y las consideraciones sísmicas, todos ellos factores críticos en la seguridad y el diseño de excavaciones mineras.

2.1.1 Conceptos fundamentales de la geotecnia

La geotecnia es una disciplina esencial en la ingeniería que se encarga del estudio del comportamiento de los materiales terrestres (suelos y rocas) y su interacción con las estructuras construidas por el hombre. Su aplicación es vital para garantizar la seguridad, la funcionalidad y la sostenibilidad de cualquier proyecto que involucre el terreno.

Definición y alcance de la geotecnia:

La geotecnia, según Das (2010), abarca una serie de subdisciplinas que incluyen "la ingeniería de suelos, la ingeniería de cimentaciones, la ingeniería geotécnica ambiental, la geología de la ingeniería y la mecánica de rocas". Esta definición resalta el carácter multidisciplinario de la geotecnia, la cual integra conocimientos de geología para comprender la formación y composición de los materiales, y principios de la mecánica para analizar su comportamiento bajo diferentes condiciones de carga.

En el contexto de la ingeniería de minas a cielo abierto, la geotecnia es de vital importancia, ya que las operaciones implican la excavación de grandes volúmenes de terreno, creando taludes que deben permanecer estables durante toda la vida útil de la mina. Un diseño geotécnico deficiente puede llevar a fallas catastróficas, resultando en pérdidas humanas, económicas y ambientales.

Origen y evolución de la geotecnia:

Aunque la construcción sobre el terreno ha existido desde tiempos inmemoriales, el estudio científico del comportamiento de los materiales geológicos es relativamente reciente. Karl Terzaghi (1943) es ampliamente reconocido como el "padre de la mecánica de suelos", sentando las bases científicas para la geotecnia moderna con la publicación de su obra "Theoretical Soil Mechanics". Terzaghi transformó la práctica de la construcción sobre el suelo de un arte empírico a una ciencia ingenieril, introduciendo conceptos fundamentales como el principio del esfuerzo efectivo, que es la base para comprender la resistencia y deformación de los suelos y rocas saturados. Su trabajo pionero sentó las bases para el posterior desarrollo de la mecánica de rocas y la geotecnia en su conjunto.

2.1.2 Mecánica de suelos

La mecánica de suelos es la base para comprender el comportamiento de los materiales no consolidados, los cuales pueden estar presentes en los taludes mineros como sobrecarga, suelos residuales o rellenos.

2.1.3 Propiedades físicas fundamentales de los suelos

Las propiedades físicas de los suelos son esenciales para caracterizar su comportamiento ingenieril:

Densidad de material:

La densidad de material se define como la masa por unidad de volumen (Terzaghi, 1943).

Contenido de humedad (w):

Es la relación entre la masa de agua y la masa de sólidos en una muestra de suelo. Un aumento en el contenido de humedad puede alterar significativamente las propiedades mecánicas de los suelos cohesivos, reduciendo su resistencia y rigidez.

2.1.4 Resistencia al esfuerzo cortante de los suelos

La resistencia al esfuerzo cortante es la capacidad de un suelo para resistir fuerzas que tienden a provocar deslizamientos o deformación por cizallamiento.

Es el parámetro más crítico en el análisis de la estabilidad de taludes.

- **Criterio de falla de Mohr-Coulomb:** Este criterio es fundamental en la mecánica de suelos y rocas. Fue inicialmente formulado por Coulomb (1776) y posteriormente adaptado a la mecánica de suelos. Establece que la resistencia al esfuerzo cortante (T_f) de un suelo depende linealmente de la tensión normal efectiva (σ') aplicada al plano de falla, a través de dos parámetros fundamentales.

Cohesión (c):

Es la porción de la resistencia al corte que es independiente del esfuerzo normal. Representa la unión entre las partículas de suelo o la resistencia de la matriz en suelos cohesivos. Terzaghi, Peck, y Mesri (1996) explican que la cohesión puede ser intrínseca (por fuerzas electroquímicas) o aparente (por succión capilar).

Ángulo de fricción interna (ϕ):

Cuantifica la resistencia al deslizamiento entre las partículas debido a la fricción y el entrelazamiento. Terzaghi, Peck, y Mesri (1996) lo definen como el ángulo de la envolvente de falla de Mohr-Coulomb con respecto al eje de los esfuerzos normales. La ecuación del criterio de Mohr-Coulomb es:

$$T_f = c' + \sigma' \tan(\phi')$$

Donde: c' y ϕ' son los parámetros efectivos de resistencia al corte.

Presión de poros (u):

La presión de poros es la presión del agua contenida en los vacíos (poros) de un suelo. Su impacto en la resistencia del suelo es explicado por el principio del esfuerzo efectivo de Terzaghi (1943), que establece que el esfuerzo efectivo (σ') sobre un plano es la diferencia entre el esfuerzo total (σ) y la presión de poros (u): $\sigma' = \sigma - u$. Un incremento en la presión de poros reduce el esfuerzo efectivo, disminuyendo así la resistencia al corte del suelo y, consecuentemente, la estabilidad del talud.

2.1.5 Mecánica de rocas

Gonzales de Vallejo, L. (2002). La mecánica de rocas se ocupa del estudio teórico y práctico de las propiedades y comportamiento mecánico de los materiales rocosos, y de

su respuesta ante la acción de fuerzas aplicadas en su entorno físico. Las rocas poseen propiedades mecánicas las cuales definen la capacidad del material para resistir acciones externas o internas que implican la aplicación de fuerzas sobre el mismo, estos parámetros geológicos-geotécnicos, varían en distintos tipos de rocas. Los factores geológicos que dominan el comportamiento y las propiedades mecánicas de los macizos rocosos son:

- La litología y propiedades de la matriz rocosa.
- La estructura geológica y las discontinuidades.
- El estado de esfuerzos a que está sometido el material.
- El grado de alteración o meteorización.
- Las condiciones hidrogeológicas.

El tipo de roca y su grado de alteración determinan las propiedades resistentes de la matriz rocosa. La estructura geológica del macizo rocoso define zonas y planos de debilidad, concentración de tensiones, zonas proclives a la meteorización, caminos de flujo de agua, etc. Los esfuerzos que actúan sobre las rocas determinan los modelos de deformación y el comportamiento mecánico del conjunto del macizo; el estado de esfuerzos es consecuencia de la historia geológica, aunque el conocimiento de ésta no es suficiente para su evaluación cuantitativa. Un aspecto importante en el estudio de los macizos rocosos es la influencia de los procesos de alteración o meteorización sobre algunos tipos de rocas poco resistentes como las margas, lutitas, pizarras arcillosas, etc., cuyas propiedades varían considerablemente con el paso del tiempo ante su exposición a las condiciones atmosféricas o a la acción del agua, o debido al cambio en el estado de esfuerzos, factores que suelen ir asociados. En el caso de construcción de una obra de ingeniería sobre o en este tipo de materiales, debe tenerse en cuenta que su resistencia puede disminuir después de un tiempo hasta alcanzar el límite de estabilidad.

2.1.6 Macizo rocoso

Los macizos rocosos, mecánicamente hablando son medios discontinuos, anisótropos y heterogéneos, que se componen de una matriz (roca intacta) y discontinuidades. La roca intacta corresponde a el material rocoso sin discontinuidades y

mecánicamente se caracteriza por su densidad, resistencia y deformabilidad, dados por los parámetros de roca intacta: resistencia a la compresión simple (UCS), tracción, módulo de Young (E), coeficiente de Poisson (ν), etc. Y por otro lado las discontinuidades corresponden a cualquier separación en el continuo de la roca, estas condicionan el comportamiento geomecánico e hidráulico del macizo rocoso.

Anisotropía:

La presencia de planos de debilidad de orientaciones preferentes (estratificación, laminación, familias de diaclasas tectónicas) implica diferentes propiedades y comportamiento mecánico en función de la dirección considerada. También la orientación de los esfuerzos que se ejercen sobre el material rocoso puede implicar una anisotropía asociada al estado tensional.

Discontinuidad:

La presencia de discontinuidades (superficies de estratificación, juntas, fallas, diques, etc.) rompe la continuidad de las propiedades mecánicas de los bloques rocosos, confiriendo al macizo un comportamiento geomecánico e hidráulico discontinuo, condicionado por la naturaleza, frecuencia y orientación de los planos de discontinuidad.

Heterogeneidad:

Las zonas con diferente litología, grado de alteración o meteorización, contenido en agua, etc., pueden presentar propiedades muy diferentes.

2.1.7 Roca intacta

Material rocoso sin discontinuidades o bloques de roca intacta entre discontinuidades. Mecánicamente, la matriz rocosa se caracteriza por su densidad, resistencia y deformabilidad, dadas por parámetros de roca intacta: resistencia a la compresión simple (UCS) y a la tracción, módulo de Young, razón de Poisson, etc.

2.1.8 Discontinuidades del macizo rocoso.

Las discontinuidades son los elementos clave que controlan la resistencia y la deformabilidad del macizo rocoso, siendo los principales planos de debilidad potenciales

para fallas de taludes. La ISRM (International Society for Rock Mechanics, 1978) ha estandarizado la descripción cuantitativa de estos parámetros:

- **Orientación** (Buzo y Dirección de Buzamiento). La orientación de una discontinuidad respecto a la cara del talud es el factor más crítico en la determinación del modo de falla potencial. Un buzo (ángulo de inmersión) hacia el talud y una dirección de buzamiento paralela a la cara del talud son condiciones desfavorables.

Espaciamiento:

Es la distancia perpendicular entre discontinuidades adyacentes de un mismo set. A menor espaciamiento, mayor fragmentación del macizo y, generalmente, menor resistencia y mayor deformabilidad.

Abertura:

La abertura es la distancia perpendicular entre las caras opuestas de una discontinuidad, medida sin considerar el material de relleno (ISRM, 1978). Una mayor abertura puede aumentar la permeabilidad y reducir la resistencia al corte.

Persistencia:

La persistencia es la extensión o continuidad de la superficie de una discontinuidad dentro de la masa rocosa (ISRM, 1978). Una alta persistencia implica que la discontinuidad puede formar una superficie de falla extensa y continua, lo que reduce drásticamente la estabilidad.

Rugosidad:

La rugosidad se refiere a las irregularidades y ondulaciones de las caras de la discontinuidad (ISRM, 1978). Las asperezas superficiales (rugosidad de segundo orden) y las ondulaciones mayores (rugosidad de primer orden) aumentan la resistencia al corte de la discontinuidad al requerir dilatación durante el deslizamiento (Hoek & Bray, 1981).

Relleno:

El relleno es cualquier material (arcilla, limo, arena, brecha, calcita, etc.) que ocupa el espacio entre las caras de la discontinuidad (ISRM, 1978). La presencia de un relleno

blando y/o alterado puede reducir drásticamente la resistencia al corte de la discontinuidad y aumentar su permeabilidad.

Grado de alteración de las discontinuidades:

Este parámetro describe la medida en que las superficies de las discontinuidades han sido modificadas por procesos físico-químicos (meteorización, alteración hidrotermal). La ISRM (1978) y Bieniawski (1989) clasifican el grado de alteración, que afecta la resistencia de la superficie y la cohesión del relleno, comprometiendo la estabilidad del talud.

2.1.9 Criterios de resistencia del macizo rocoso

Los criterios de resistencia describen la envolvente de falla del macizo rocoso, considerando la interacción entre la roca intacta y las discontinuidades.

Criterio de Falla de Hoek-Brown:

Este criterio empírico, desarrollado por Hoek y Brown (1980), es ampliamente utilizado para masas rocosas. Relaciona la resistencia de la roca intacta con la resistencia de la masa rocosa en función de su calidad. Su forma generalizada considera parámetros como la resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta (σ_{ci}) y constantes de la masa rocosa (m, b, s, a) que dependen del tipo de roca y su estado de fracturación (frecuentemente estimado con el GSI). Para realizar el modelamiento del comportamiento de los macizos rocosos se emplean criterios de rotura a partir de la clasificación del macizo rocoso, siendo el criterio propuesto por Hoek & Brown (1988), y actualizado por Hoek, Carranza – Torres y Corkum (2002), en donde se toman en consideración la resistencia de la roca intacta y las constantes m, b, s y a , las cuales se estiman en función de la estructura y la condición de las discontinuidades del macizo rocoso, en donde se define el índice de resistencia geológica GSI.

La forma generalizada del criterio de falla Hoek & Brown es la siguiente:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} * (mb * \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s)^a \quad (1)$$

Donde:

mb , s y a son parámetros que dependen de las características del macizo rocoso.

σ_{ci} es la resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta.

σ'_1 , y σ'_3 son los esfuerzos efectivos axial y de confinamiento principales respectivamente.

Los parámetros mb , s y a se determinan mediante las siguientes formulas empíricas aplicables a macizos rocosos disturbados y no disturbados.

$$mb = mi * \exp\left(\frac{GSI-100}{28-14D}\right) \quad (2)$$

$$S = mi * \exp\left(\frac{GSI-100}{9-3D}\right) \quad (3)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} * \left(e^{-\left(\frac{GSI}{15}\right)} - e^{-\left(\frac{20}{3}\right)}\right) \quad (4)$$

La variable mi de la fórmula anterior es la constante de la roca intacta, el cual fue estimado mediante los ensayos de compresión triaxial realizados en el laboratorio.

D es un factor de daño que depende del grado de alteración, en donde el macizo rocoso está sujeto por el daño por efecto de la voladura y relajación de presiones. Este factor varía entre 0 para macizos rocosos in-situ no disturbados hasta 1 para macizos rocosos muy disturbado.

2.1.10 Clasificación geomecánica del macizo rocoso

Ramírez, P & Alejano, L. (2004). La clasificación geomecánica es utilizados principalmente en el desarrollo de estudios geotécnicos de túneles, galerías y taludes, en lo que respecta a taludes la principal ventaja de la clasificación geomecánicas es que permite obtener mediante correlaciones establecidas, los parámetros mecánicos del macizo rocoso como son: el módulo de elasticidad, coeficiente de criterio de rotura Hoek – Brown, etc. La utilización directa de las clasificaciones para determinar la estabilidad de los taludes puede tener ventajas en fases iniciales de investigaciones, pero su empleo como única herramienta de decisión a nivel de proyectos es cuestionable (Bieniawski, 2003).

Los sistemas de clasificación tienen por objetivo evaluar las características del macizo rocoso para determinar cuantitativamente la calidad. El término “macizo rocoso” se refiere al conjunto de uno o varios tipos de rocas atravesadas por planos de discontinuidad. Su caracterización requiere el conocimiento de ciertos parámetros como son:

- Resistencia y comportamiento de la roca.
- Familia de discontinuidades existentes.
- Espaciado de los planos de discontinuidad y fracturación del macizo.
- Caracteres geomecánico de las discontinuidades: persistencia, rugosidad, abertura, alteración o meteorización y relleno.
- Condiciones del agua de las juntas.
- Tensiones in situ, naturales o inducidas.
- Alteraciones producidas en el macizo rocoso por las excavaciones.

Los criterios de clasificación tienen que ser claros y concisos para evitar errores a la hora de aplicarlos y las categorías que se establezcan deben ser mutuamente excluyentes, de modo que no sea posible asignarle a un macizo rocoso dos categorías distintas. Por otra parte, si se obtiene índices mediante dos o más clasificaciones que se puedan correlacionar, se obtendrá mayor objetividad a la hora de definir la calidad del macizo rocoso.

Dentro de las clasificaciones más utilizadas actualmente son la de Bieniawski (RMR), la de Hoek – Brown (GSI) y la de Deere (RQD).

Rock Mass Rating (RMR). Es un sistema de clasificación geomecánica presentado por el Ing. Bieniawski en 1973 y modificado sucesivamente en 1976, 1979, 1984 y 1989. Permite hacer una clasificación de un macizo rocoso 'in situ'. Se utiliza usualmente en la construcción de túneles, de taludes y de cimentaciones. Consta de un índice de calidad RMR (Rock Mass Rating), independiente de la estructura, y de un factor de corrección. El RMR se obtiene estimando cinco parámetros:

- Resistencia de la roca inalterada
- El RQD (Rock Quality Designation)
- Espaciamiento entre diaclasas

- El estado de las diaclasas
- Condiciones del agua subterránea

Al resultado de cada uno de los parámetros se le asigna, según las tablas, un valor y se suman todos ellos para obtener el índice de calidad RMR sin correcciones. Este índice puede variar entre 0 y 100 y define cinco clases de roca designadas con números romanos que se corresponden con cinco calidades del macizo rocoso: muy buena, buena, media, mala y muy mala como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2

Clasificación del macizo rocoso según Bieniawski (RMR)

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	CLASE DEL MACIZO ROCOSO
100 - 81	Macizo rocoso de excelente calidad	I
80 - 61	Macizo rocoso de buena calidad	II
60 - 41	Macizo rocoso de calidad regular	III
40 - 21	Macizo rocoso de mala calidad	IV
< 20	Macizo rocoso de muy mala calidad	V

Fuente: Rock Mass Classification in Rock Engineering. (Bieniawski,1986).

Geological Strength Index (GSI). Introducido por Hoek (1994) y refinado por Hoek, Marinos y Benissi (1998), el GSI es un sistema de caracterización visual que estima la resistencia y deformabilidad de masas rocosas jointadas, para definir la estructura de la masa rocosa, se considera por un lado el grado de fracturamiento o la cantidad de fracturas (discontinuidades) por metro lineal, según esto, se toman en cuenta las siguientes cinco categorías de fracturamiento:

- Masiva o levemente fracturada (LF)
- Masiva o levemente fracturada (LF)
- Moderadamente fracturada (F)
- Muy fracturada (MF)
- Intensamente fracturada (IF)
- Triturada o brechada (T)

Por otro lado, se considera la condición superficial de la masa rocosa, que involucra a la resistencia de la roca intacta y a las propiedades de las discontinuidades: resistencia,

apertura, rugosidad, relleno y la meteorización o alteración. Según esto, las cinco categorías que se toman en cuenta se definen así:

- Masa rocosa muy buena (MB)
- Masa rocosa buena (B)
- Masa rocosa regular (R)
- Masa rocosa pobre (P)
- Masa rocosa muy pobre (MP)

En la Figura 2. se presenta el criterio GSI modificado. En el criterio original se consideran 6 categorías de masas rocosas, pero en este criterio modificado se consideran 5 categorías, para compatibilizar este criterio con el criterio RMR.

Figura 2

Criterio de GSI modificado

CARACTERÍSTICAS DEL MACIZO ROCOSO SEGUN GSI MODIFICADO		CONDICION SUPERFICIAL				
Se basa en la cantidad de fracturas por metro lineal, medidas insitu con una wincha. La resistencia se determina golpeando o indentando la roca con una picota. Se toma en cuenta la rugosidad, alteración de las paredes y relleno de las discontinuidades.		MUY BUENA (extremadamente resistente, fresca) superficie de las discontinuidades muy rugosas e inalteradas, cerradas. (Rc > 250 MPa) (se astilla con golpes de picota)				
ESTRUCTURA		BUENA (muy resistente, levemente alterada) discontinuidades rugosas, lev. alterada, manchas de oxidación, lig. abierta. (Rc 100 a 250 MPa) (se rompe con varios golpes de picota)				
		REGULAR (resistente, levemente alterada) discontinuidades lisas, moderadamente alterada, ligeramente abierta. (Rc 50 a 100 MPa) (se rompe con uno o dos golpes de picota)				
		POBRE (moderadamente resist. moderam. alter.) superficie pulida o con estrías, muy alterada, relleno compacto o con fragmentos de roca. (Rc 25 a 50 MPa), (se indenta superficialmente)				
		MUY POBRE (blanda, muy alterada) Superficie pulida y estrada, muy abierta, con relleno de arcillas blandas. (Rc < 25 MPa) (se disgrega o indenta superficialmente)				
	LEVEMENTE FRACTURADA Tres a menos sistemas de discontinuidades muy espaciadas entre si (RQD 75 - 90%) (2 a 6 fracturas por metro) (RQD = $115 - 3.3 J_n$)	LF/MB	LF/B	LF/R	LF/P	LF/MP
	MODERADAMENTE FRACTURADA Muy bien trabada, no disturbada, bloques cúbicos formados por tres sistemas de discontinuidades ortogonales. (RQD 50 - 75%) (6 a 12 fracturas por metro)	F/MB	F/B	F/R	F/P	F/MP
	MUY FRACTURADA Moderadamente trabada, parcialmente disturbada, bloques angulosos formados por cuatro o más sistemas de discontinuidades. (RQD 25 - 50%) (12 a 20 fracturas por metro)	MF/MB	MF/B	MF/R	MF/P	MF/MP
	INTENSAMENTE FRACTURADA Plegamiento y fallamiento con muchas discontinuidades interceptadas formando bloques angulosos o irregulares. (RQD 0 - 25%) (Más de 20 fracturas por metro)	IF/MB	IF/B	IF/R	IF/P	IF/MP
	TRITURADA O BRECHADA Ligeramente trabada, masa rocosa extremadamente rota con una mezcla de fragmentos fácilmente disgregables, angulosos y redondeados. (Sin RQD)	T/MB	T/B	T/R	T/P	T/MP

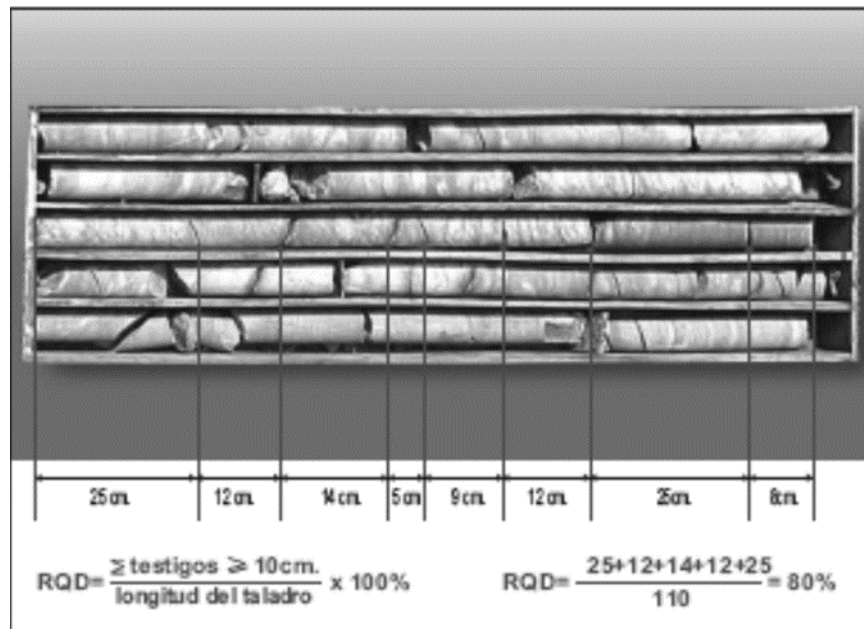
Fuente: Hoek, Marinos y Benissi.,1998.

Rock Quality Designation (RQD). Es un índice cuantitativo que se utiliza para evaluar la calidad de un macizo rocoso basándose en la integridad del testigo de perforación (core) recuperado. Fue introducido por Don U. Deere en la década de 1960 y se ha convertido en una herramienta fundamental para clasificar y caracterizar la masa rocosa en proyectos de ingeniería civil y minería.

Este parámetro se obtiene a partir del porcentaje de trozos de testigos mayores de 10cm recuperado en un sondeo y permite estimar el grado de fracturamiento del macizo rocoso, en la Figura 3. se muestra la estimación del RQD en testigos de roca.

Figura 3

Estimación del R.Q.D. a partir de testigos de sondeo



Fuente: Ramírez, P & Alejano, L., 2004.

El RQD (Rock Quality Designation) hay que emplearlo con las debidas precauciones, ya que su valor depende no solo de la fracturación del macizo rocoso sino también de otros factores, como la técnica del sondeo, dirección, diámetro, etc.

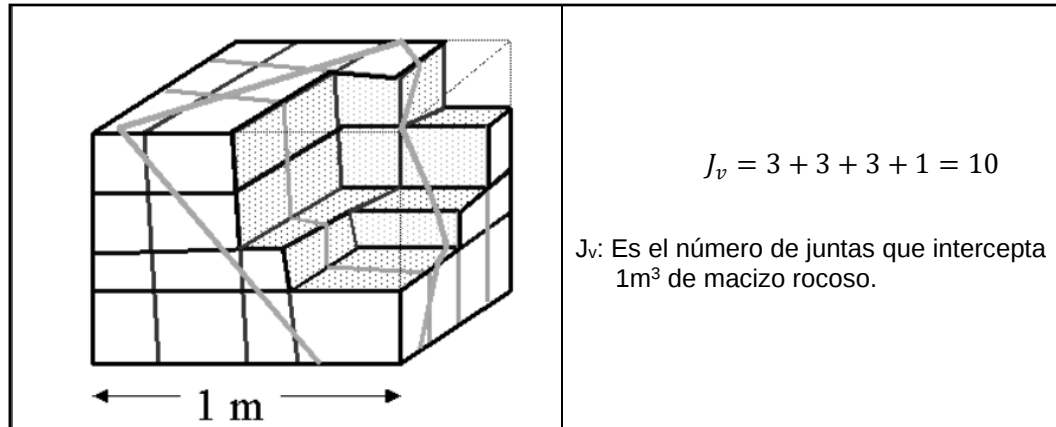
En ocasiones la estimación del RQD se realiza de datos en afloramientos, al no disponer de sondeos. En esto casos, se puede utilizar la relación de Palmstrom (2005), aunque su precisión no es superior a la que puede proporcionar una estimación visual (Bieniawski, 2003a):

$$RQD = 110 - 2.5.J_v \quad (5)$$

Donde: J_v es el índice volumétrico de juntas o número de juntas por metro cubico, en la Figura 4. se muestra la estimación del J_v y en la Tabla 3. se muestra clasificación del tamaño de bloques en función de J_v .

Figura 4

Estimación del Índice volumétrico de juntas (J_v)



Fuente: Adaptado de Ramírez, P., & Alejano, L. (2004).

Tabla 3

Clasificación del tamaño de bloques en función al índice volumétrico de juntas

TAMAÑO DE BLOQUES	VALOR DE J_v
Bloques muy grandes	< 1.0
Bloques grandes	1 – 3
Bloques medios	3 – 10
Bloques pequeños	– 30
Bloques muy pequeños	>30

Fuente: Adaptado de Ramírez, P., & Alejano, L. (2004). Mecánica de rocas: Fundamentos de ingeniería de taludes.

Otro método de cálculo del RQD se realiza en función del número de juntas por metro lineal, determinada al realizar el levantamiento litológico – estructural en tramos de taludes expuestos en operaciones mineras (Priest y Hudson,1976).

$$RQD = 100e^{-0.1\lambda} * (0.1\lambda + 1) \quad (6)$$

Donde λ es # de discontinuidades/metro lineal.

2.1.11 Estabilidad de taludes

La estabilidad de taludes es la evaluación de la capacidad de una masa de suelo o roca en pendiente para resistir el deslizamiento o colapso. Esta evaluación implica identificar las fuerzas impulsoras y resistentes, y se cuantifica mediante un factor de

seguridad. Es un campo crucial de la ingeniería geotécnica que busca prevenir fallas de laderas naturales o artificiales, un aspecto de vital importancia en la seguridad y operación de las minas a cielo abierto, como la que estudias en la presente investigación.

2.1.12 Modos de falla de taludes

Las fallas en taludes se refieren al proceso por el cual una masa de suelo o roca pierde su estabilidad y se desplaza (Duncan & Wright, 2005). Los modos de falla principales, determinados por la geología y la geometría, incluyen:

Fallas Planares. Deslizamiento a lo largo de una única discontinuidad que buza hacia el talud. (González, 2002) comenta que esta rotura depende de la distribución y característica de cada discontinuidad presente en el talud, se basa en la presencia de discontinuidades con una igual dirección buzando a favor del talud, es decir el ángulo de buzamiento del talud debe ser mayor al ángulo de la discontinuidad, pero el ángulo de la discontinuidad debe ser mayor al ángulo de fricción o rozamiento interno, es decir ambos ángulos deben ser menores al del talud. Este tipo de rotura es muy baja por que debe ser paralela a la cara del talud, formada por cada ángulo de buzamiento del talud y de la cara de rotura, producida por fracturas fuertes en las rocas.

Fallas en cuña:

Deslizamiento de un bloque en forma de cuña definido por la intersección de dos o más discontinuidades. (González, 2002) refiere que ocurren los deslizamientos de los bloques en forma de cuñas, este tipo de rotura se origina por el afloramiento de los planos al terreno del talud. Se cumplen las mismas condiciones que la rotura plana. Se produce en masas rocosas de diversas familias de discontinuidades, en el que las dimensiones de las cuñas dependen del estado y orientación de la discontinuidad. Se desarrolla por la intersección de dos planos de discontinuidad y ocurre la rotura cuando ambos afloran en la cara del talud, generando un bloque deslizante en forma de cuña. Se da para masas rocosas persistentes con presencia bien notoria de diferente discontinuidad.

Fallas rotacionales (Circulares/No circulares):

Movimiento a lo largo de una superficie de deslizamiento curva. (González, 2002) establece que este tipo de rotura ocurre en masas de roca poco competentes, con presencia de una alta alteración y fracturación, los cuales presentan un comportamiento isótropo, donde el comportamiento mecánico no está controlado por los planos de discontinuidad.

Fallas por vuelco (Toppling):

Inclinación y rotación de bloques de roca hacia adelante, generalmente a lo largo de discontinuidades subverticales. (González, 2002) menciona que es llamada también rotura rotacional, este tipo de rotura ocurre una rotación de columnas o la presencia de diferentes masas de roca que conforman un bloque, en un sentido opuesto a la cara del talud, se considera como aquella rotura dominada por sus estructuras al igual que las roturas planares y en cuñas. Ocurre en masas rocosas de taludes en donde cada estrato su buzamiento es contrario al ángulo de inclinación del talud, donde se produce un movimiento de rotación de los bloques.

2.1.13 Factores de seguridad

El factor de seguridad (FS) es el indicador cuantitativo de la estabilidad de un talud. Se define como la relación entre las fuerzas o resistencias que se oponen al movimiento y las fuerzas o tensiones que lo provocan. Un FS mayor que 1.0 indica estabilidad, mientras que un FS menor que 1.0 indica inestabilidad o falla inminente. Los valores de FS requeridos varían según el tipo de talud, las consecuencias de la falla y las normativas aplicables

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Geotecnia

La geotecnia es la disciplina de la ingeniería que aplica los principios de la mecánica de suelos y la mecánica de rocas para investigar, analizar y diseñar soluciones relacionadas con el comportamiento del terreno y su interacción con las obras de ingeniería

2.2.2 *Angulo de talud global (OSA)*

Es la inclinación general del tajo final, medida desde el pie del banco más bajo hasta la cresta del tajo en superficie Read y Stacey (2009).

2.2.3 *Angulo de talud interrampa (IRA)*

Es la inclinación promedio de un segmento de la pared del tajo que se extiende entre dos rampas de acceso o entre una rampa y la cresta final del tajo, Read y Stacey (2009).

2.2.4 *Angulo de cara de banco (BFA)*

Es la inclinación de la superficie frontal de un banco individual con respecto a la horizontal. Hustrulid, Kuchta y Martin (2006).

2.2.5 *Altura de banco*

Es la altura vertical medida desde la parte superior de un banco hasta la parte superior del banco siguiente por debajo de este (Hartman, H. L., 1992).

2.2.6 *Ancho de banco (ancho de berma)*

Se define como la distancia horizontal entre el pie de un talud de banco superior y la cresta del talud de banco inmediatamente inferior.

2.2.7 *Macizo rocoso*

Es esencialmente la roca tal como se encuentra en su estado natural, caracterizada por la interacción entre la roca intacta (material sólido) y el conjunto de discontinuidades geológicas que la atraviesan. Estas discontinuidades son los elementos clave que definen la resistencia y el comportamiento de la masa rocosa en su conjunto (Goodman, R. E., 1989).

2.2.8 *Roca intacta*

Material rocoso sin discontinuidades o bloques de roca intacta entre discontinuidades (González de Vallejo, L. I., 2002).

2.2.9 *Clasificación geomecánica del macizo rocoso*

Sistema de evaluación empírica que permite caracterizar el comportamiento de la masa rocosa in situ a través de la asignación de valores numéricos o descriptores

cualitativos a un conjunto de parámetros geológicos y geotécnicos clave (Bieniawski, Z. T.,1989).

2.2.10 Abertura

Es la separación perpendicular de las paredes de la discontinuidad, en un espacio vacío o con material de relleno que se puede comprimir significativamente (ISRM.,1978).

2.2.11 Persistencia

Es la extensión o continuidad de la superficie de la discontinuidad dentro de la masa rocosa. En otras palabras, es una medida de qué tan lejos se extiende un plano de fractura sin interrupción (ISRM.,1978).

2.2.12 Relleno

Se refiere a cualquier material que ocupa el espacio entre las caras opuestas de una discontinuidad (como una diaclasa, falla o estratificación). Este material es diferente de la roca intacta adyacente y puede influir drásticamente en la resistencia al corte y la permeabilidad de la discontinuidad (ISRM.,1978).

2.2.13 Rugosidad

Son las irregularidades y ondulaciones de las caras opuestas de una discontinuidad en un macizo rocoso. Estas irregularidades pueden variar en escala, desde pequeñas asperezas hasta ondulaciones mayores (ISRM.,1978).

2.2.14 Grado de alteración en discontinuidades

Se refiere a la medida en que las superficies de las fracturas, fallas o planos de estratificación han sido modificadas por procesos físico-químicos (meteorización, alteración hidrotermal, etc.) que afectan su resistencia, rugosidad y permeabilidad (ISRM.,1978).

2.2.15 Material anisotrópico

Se manifiesta como la variación direccional de las propiedades ingenieriles de la roca, siendo la presencia y orientación de las discontinuidades el factor dominante que la confiere (Goodman, R. E.,1989).

2.2.16 Estabilidad de taludes

Se define como la capacidad de una masa de suelo o roca con una superficie inclinada para resistir las fuerzas desestabilizadoras sin experimentar movimientos o colapsos, manteniendo un factor de seguridad adecuado (Abramson et al., 2002).

2.2.17 Factor de seguridad (FS)

Es la relación entre la resistencia al corte disponible del material y el esfuerzo cortante movilizado a lo largo de una potencial superficie de falla (Abramson et al., 2002)

2.2.18 Parámetros geotécnicos

Son las propiedades ingenieriles intrínsecas del suelo y la roca que rigen su comportamiento mecánico bajo diferentes condiciones de carga y ambientales. Estos parámetros son obtenidos a través de ensayos de campo y laboratorio, y son fundamentales para el diseño y análisis de cimentaciones, estructuras de contención y la estabilidad de taludes.

2.2.19 Resistencia a la compresión

Es la máxima tensión de esfuerzo compresivo que un material puede soportar antes de fracturarse o fallar bajo una carga aplicada (ISRM., 1978).

2.2.20 Cohesión (c)

se define como el componente de la resistencia al corte de un suelo o macizo rocoso que no depende de la presión normal aplicada. Representa la capacidad del material para resistir el cizallamiento aún en condiciones de bajo o nulo confinamiento (Terzaghi y Peck., 1967).

2.2.21 Angulo de fricción interna (ϕ)

Es un parámetro de resistencia al corte que cuantifica la oposición de un suelo al deslizamiento o la falla por cizallamiento debido a la fricción entre sus partículas (Bowles, J. E., 1996).

2.2.22 Densidad de material

Se define como la masa por unidad de volumen.

2.2.23 Presión de poros

Es la fuerza interna generada por el agua en los vacíos del material. Su incremento reduce la "fricción" entre las partículas o bloques de roca, lo que a su vez disminuye la resistencia al corte del material y, en consecuencia, la estabilidad de los taludes, haciéndolos más propensos a la falla (Bowles, J. E.,1996).

2.2.24 Aceleración sísmica

Es la tasa de cambio de la velocidad del suelo debido a las ondas sísmicas generadas por un terremoto (Kramer, S. L.,1996).

Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

3.1 Geología

3.1.1 *Marco Regional*

Geográficamente el área del proyecto de exploración Ayahuanca se encuentra ubicado en la Cordillera Occidental, específicamente en la cadena volcánica del sur del Perú. La estratigrafía regional comprende una secuencia de rocas del Grupo Barroso y del Grupo Tacaza constituidos por rocas volcánicas mayormente por lavas andesíticas. Sobreyacen en discordancia a estas secuencias, depósitos recientes constituido por material aluvial y coluvial.

La importancia del tema geológico radica principalmente en su influencia sobre las condiciones hidrogeológicas que afecten al proyecto, teniendo en cuenta que el conocimiento de la geología regional y la geología local permite evaluar la naturaleza de las formaciones rocosas y asimismo las formaciones geológicas facilitarían o no el paso del agua subterránea de acuerdo a su litología y disposición física.

Grupo Barroso:

Consta de un conjunto de rocas volcánicas representadas por una alternancia de derrames andesíticos y traquiandesíticos de color gris violáceo y textura porfírica donde destacan fenos de plagioclasas y rocas de estructura fluidal debido al alineamiento paralelo o subparalelo de elementos de la trama y estructuras vesiculares; frecuentemente se presentan intercalados con brechas y aglomerados de color gris a marrón (J. Wilson, 1962 y S. MENDIVIL, 1965).

Se diferencian dos miembros denominados volcánico Barroso inferior (derrames lávicos) y volcánico Barroso superior (tobas).

- Miembro Volcánico Barroso Inferior. Este miembro está constituido por una alternancia de derrames y piroclásticos; los primeros corresponden a andesitas y traquiandesitas y los segundos a brechas y aglomerados volcánicos. Se puede observar en la zona de estudio superficies peneplanizadas en donde los derrames

lávicos se encuentran en posición subhorizontal, pero en los flancos de los centros volcánicos, las capas lávicas periclinales se han consolidado con pendientes que varían entre 35°, 10° y 15°.

- Miembro Volcánico Barroso Superior. Litológicamente está representado por una secuencia de rocas piroclásticas cuya sección inferior está constituida por intercalaciones de bancos gruesos de tobas soldadas de aspecto masivo y cavidades vacuolares con pómez. La roca presenta coloración gris violácea en superficie fresca, variando a gris claro por intemperismo. Los niveles superiores están compuestos por tobas brechoides de color blanco salmón, cuya masa contiene fenocristales de plagioclasas de 1 a 2 mm y engloba elementos líticos finos angulosos a subredondeados mayormente lávicos.

Grupo Tacaza:

Consta de una secuencia estratigráfica constituida por unidades sedimentarias, intercalaciones volcánico-sedimentarias, rocas volcánicas y depósitos cuaternarios recientes. Litológicamente el grupo Tacaza consta de lavas de color gris a crema; cuya composición varía de andesítica a riolítica, de textura afanítica a porfirítica, intercaladas con sedimentos pelíticos o tobáceos en estratos de 5 a 10 cm (Jenks W., 1964), (Newell, 1949) y (Marocco R. y del Pino M., 1966). Se diferencian dos unidades denominadas unidad inferior volcánico-sedimentario y unidad superior volcánica.

Unidad inferior volcánico – sedimentario:

La unidad inferior consiste de una alternancia de areniscas de grano medio a grueso, con matriz tufácea y color gris con tonalidades verdosas, que intercalan con capas delgadas de lutitas de tonalidades rojizas a violáceas y capas de aglomerados y brechas con elementos poligénicos y heterométricos menores de 10 cm.

Unidad superior volcánico:

La unidad superior está representada litológicamente por derrames mayormente andesíticos y riolíticos de color gris a gris violáceo y beige oscuro, en los que se intercalan brechas y conglomerados volcánicos con matriz tobácea. Las andesitas son de textura.

3.1.2 Geología local

En el área del yacimiento Apumayo, la litología dominante lo conforman rocas de origen volcánica, principalmente piroclásticos y derrames lávicos de composición andesítica, cuya secuencia grada de andesita porfirítica a andesita afanítica y ríodacita. Esta secuencia volcánica se encuentra intruida por domos y stocks ríodacíticos producto de eventos tardíos a la secuencia volcánica principal. El yacimiento muestra el típico patrón de alteración de depósitos epitermales de alta sulfuración en donde el oro y la plata se presentan en forma diseminada y de baja ley en la roca silicificada y argilizada. Hacia el sector noreste, se observa la predominancia de rocas dacíticas.

Alteraciones hidrotermales:

La influencia de la alteración hidrotermal en el macizo rocoso original produjo cambios en su composición mineralógica según el grado de intensidad, modificando sus propiedades físicas, elásticas y de resistencia, así como de fracturamiento. Estas modificaciones influyen en la determinación de los valores empíricos de los diferentes parámetros que toman en cuenta los índices de clasificación geomecánica. Tomando como base el origen geológico se describen las siguientes alteraciones:

Alteración sílice masiva:

Se presenta con textura microcristalina a masiva, generalmente se encuentra infrayaciendo a la sílice granular y forma grandes masas, esto ocurre de niveles intermedios a profundos. Se forma por la interacción de aguas meteóricas frías de baja acidez, con fluidos ascendentes ácidos a alta temperatura. Se encuentra presente en el tajo Ayahuanca.

Alteración sílice vuggy:

Se caracteriza por su aspecto de masa de sílice oquerosa residual. Este tipo de alteración se da en un amplio rango de temperatura, pero a condiciones de pH entre 1,0 a 3,5. Se encuentra a profundidad en la parte central del tajo Ayahuanca.

Alteración sílice granular:

Se presenta porosa, poco compactada y de textura sacaroide. Se forma debido a la lixiviación ácida y generalmente se encuentra en los niveles más altos del sistema hidrotermal. Está presente en el Tajo Ayahuanca.

Alteración sílice alunita:

Presenta alunita entre 25% a 60% y sílice entre 30% a 75%. Está presente en el tajo Ayahuanca.

Alteración sílice clay:

Está compuesta principalmente por illita. Presenta arcillas entre 30% a 60% y sílice entre 30% a 70%. Está presente en los tajos Huamamloma, Apumayo Norte y Sur.

Suelos residuales:

Se originan por la meteorización in situ del basamento rocoso y generalmente mantienen algunos planos de debilidad, no han sufrido transporte, por tanto, en rasgos generales, mantienen las estructuras de la roca que le dio origen. Estos materiales se presentan fuera del límite de todos los tajos, cubriendo los diferentes macizos rocosos.

Deposito Cuaternario – Coluvial:

Generado a partir de la disposición por gravedad de materiales meteorizados. Se presenta como acumulaciones constituidas por materiales de diverso tamaño, de litología mayormente andesítica; en las laderas y quebradas, con mayor potencia al pie de las pendientes. Estos depósitos están compuestos por arenas y gravas, de compacidad suelta englobados en matriz arcillosa.

3.1.3 Geología estructural

Se presentan sistemas de fallas regionales con orientación andina NW-SE, uno de los alineamientos sigue el trayecto entre las localidades de Chaviña y Cora, y el otro sistema atraviesa las localidades de Sancos y Pullo (Mapa Metalogenético de la Región Ayacucho, elaborado por INGEMMET, 2011). Se presume que estos sistemas controlan la geología estructural local de la zona de estudio.

De acuerdo a la revisión de información realizada, se observa que los cuerpos de brechas tienen una orientación preferente NW-SE, coincidente con el fallamiento regional. Además, se ha revisado que la región está afectada por una tectónica de fallamientos en bloque; en donde se pueden distinguir tres franjas estructurales principales:

- Franja occidental; afectada por fallas gravitacionales predominantes a lo largo del franco continental de la Cordillera de la Costa.
- Franja central; que corre a lo largo de la depresión Preandina y la porción oriental de la Cordillera de la Costa, con fallamiento de desplazamiento de rumbo.
- Franja oriental; a lo largo del frente andino, con fallas gravitacionales. En las dos primeras franjas, las fallas gravitacionales son superiores a las de desplazamiento de rumbo.

3.1.4 Geomorfología

Geomorfológicamente, el área de estudio forma parte de la cumbre oriental de la Cordillera Occidental, extendiéndose con orientación regional noroeste sureste. Debido a la ubicación geográfica, se presentan diferentes tipos de morfología entre las que destacan las siguientes:

- Flanco Andino Occidental; cadena montañosa que se extiende paralela al litoral originado por procesos endógenos constituida por rocas intrusivas y sedimentarias.
- Colinas Volcano-Sedimentarias; consisten en superficies onduladas cuya cima termina en superficies planas que le dan forma de mesas, posee estructuras volcánicas dómicas y bofedales, también está formada por derrames de lava provenientes de complejos volcánicos y depósitos glaciofluviales.
- Conos volcánicos; presenta morfología característica de aparatos volcánicos inactivos y superficies colinosas hidrotermales.

A su vez, se distinguen las siguientes subunidades predominantes:

- Planicies; son los relieves llanos del área, los cuales representan una parte minoritaria del área del proyecto. Presenta pendientes suaves, generalmente inferiores a 5 grados de inclinación. Su origen se debe al proceso de erosión

exógena y acumulación que han cubierto las irregularidades iniciales del terreno, formando estas planicies.

- Planicies de valle: presentes en el extremo norte del área de estudio, donde las sucesivas fases de aluvionamiento y encajonamiento fluvial han dejado dos niveles de terrazas fluviales, bajo 3700 m de altitud. Los relieves son llanos, menores a 2 grados de inclinación.
- Colinas montañosas; relieves cordilleranos ampliamente distribuidos en el área, que fueron formados por las fases de disección consecutivas al levantamiento andino plio pleistocénico. De esta manera, las colinas son los relieves resultantes de la excavación causada por las corrientes. En el área alta andina del proyecto, tienen desniveles de 200 a 250 m de altura medidos entre las cimas y sus bases, mientras que, en zonas cercanas, las colinas quedan circundadas por relieves mayores de montañas, de 300 a 500 m de altura, formados también por los mismos procesos de disección.

3.2 Condición de aguas subterráneas

El principal efecto de la presencia del agua subterránea en la masa rocosa, es la presión que ejerce en las discontinuidades, disminuyendo la resistencia al corte y favoreciendo la inestabilidad, por lo que es importante evaluar las características de su presencia. En el caso del Proyecto Apumayo, el relieve en el área es suave y ondulado con un grado de erosión moderado a fuerte permitiendo el desarrollo de colinas y lomadas, interceptadas por pequeñas quebradas, con pendientes variables entre moderada inclinación a moderadamente empinada (4 a 25%).

Los meses lluviosos se dan entre diciembre a abril, donde los caudales de agua son mayores, con precipitaciones que varían de 100 a 500 mm anuales. La estación seca es entre abril a noviembre.

3.3 Técnicas de recopilación de información

Para la elaboración de la presente investigación se combinó observaciones y acopio de información de campo, pruebas de laboratorio y trabajos de gabinete, utilizando técnicas adecuadas, seleccionadas entre las alternativas disponibles dentro de los cuales consistió en:

- Revisión y análisis de la información que se tuvo disponible para ser aprovechada.
- Reconocimiento geológico-geomorfológico de la zona.
- Mapeo geomecánico de afloramientos rocosos ubicados en área del tajo.
- Logueo geotécnico de testigos rocosos de sondajes diamantinos con orientación de testigos.
- Logueo geotécnico de testigos rocosos de sondajes diamantinos convencionales.
- Ensayos de propiedades físicas, carga puntual, compresión triaxial, constantes elásticas, tracción indirecta, todos en roca intacta, y corte directo en discontinuidades.

3.3.1 Mapeo de estaciones geomecánicas

Para determinar las características físico-mecánicas del material de los taludes del Tajo Ayahuanca se realizó el mapeo de afloramientos en catorce (14) estaciones geomecánicas, las cuales permitieron realizar el análisis cinemático y determinar el mecanismo de falla de los taludes, se evaluaron las propiedades de resistencia de la roca, mediante: la ejecución de ensayos con el martillo de geólogo, y de ensayos de impacto con el martillo Schmidt, efectuados en el campo según las normas sugeridas por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM). Para la densidad de la roca, se utilizó los resultados del laboratorio SGS.

La Tabla 4. muestra el resumen de las estaciones geomecánicas.

Tabla 4*Resumen de estaciones geomecánicas*

ESTACIÓN	COORDENADAS UTM (WGS - 84)		TIPO
	ESTE	NORTE	
A-01	614592	8343243	Celda
A-02	614847	8343282	Celda
A-03	614885	8343286	Celda
A-04	614907	8343256	Celda
A-05	614955	8343211	Celda
A-06	615001	8343210	Celda
A-07	615107	8343106	Celda
A-08	615134	8343068	Celda
A-09	615234	8343104	Celda
A-10	615253	8343132	Celda
A-11	615263	8343178	Celda
A-12	615178	8343286	Celda
A-13	615156	8343282	Celda
A-14	615109	8343267	Celda

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Perforaciones geotécnicas orientadas

Con la finalidad de evaluar las condiciones geotécnicas del macizo rocoso en profundidad del tajo Ayahuanca, se analizaron las perforaciones diamantinas existentes ejecutadas en el año 2010, así mismo para la investigación se registraron tres (3) sondajes representativos las cuales se consideraron las que tienen mayor relevancia para el Tajo Ayahuanca. En la Tabla 5. Se muestra el registro de las perforaciones geotécnicas.

Tabla 5*Registro de perforaciones geotécnicas*

ESTACIÓN	COORDENADAS UTM (WGS-84)		TIPO	LONGITUD (M)	AZIMUT (°)	INCLINACIÓN (°)
	ESTE	NORTE				
AYA-DH-01	615058.332	8343266.701	4146.018	190.0	224	-45
AYA-19	614929.60	8343289.40	4141.30	158.2	200	-63.3
AYA-28	614898.60	8343143.20	4101.70	152.4	60	-60

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Logueo de perforaciones geotécnicas

El logueo de perforaciones (también conocido como Core logging o registro de testigos) es la fuente más directa y detallada de información del subsuelo en la que se basan todos los estudios geotécnicos y geomecánico. Proporciona una "ventana" vertical de las condiciones del terreno en profundidad, Se dispone del registro de los parámetros geotécnicos de los testigos, orientaciones y propiedades de las discontinuidades. Cabe mencionar que en estos testigos se realiza el muestreo para la ejecución de ensayos geotécnicos.

Capítulo IV. Análisis e interpretación de resultados

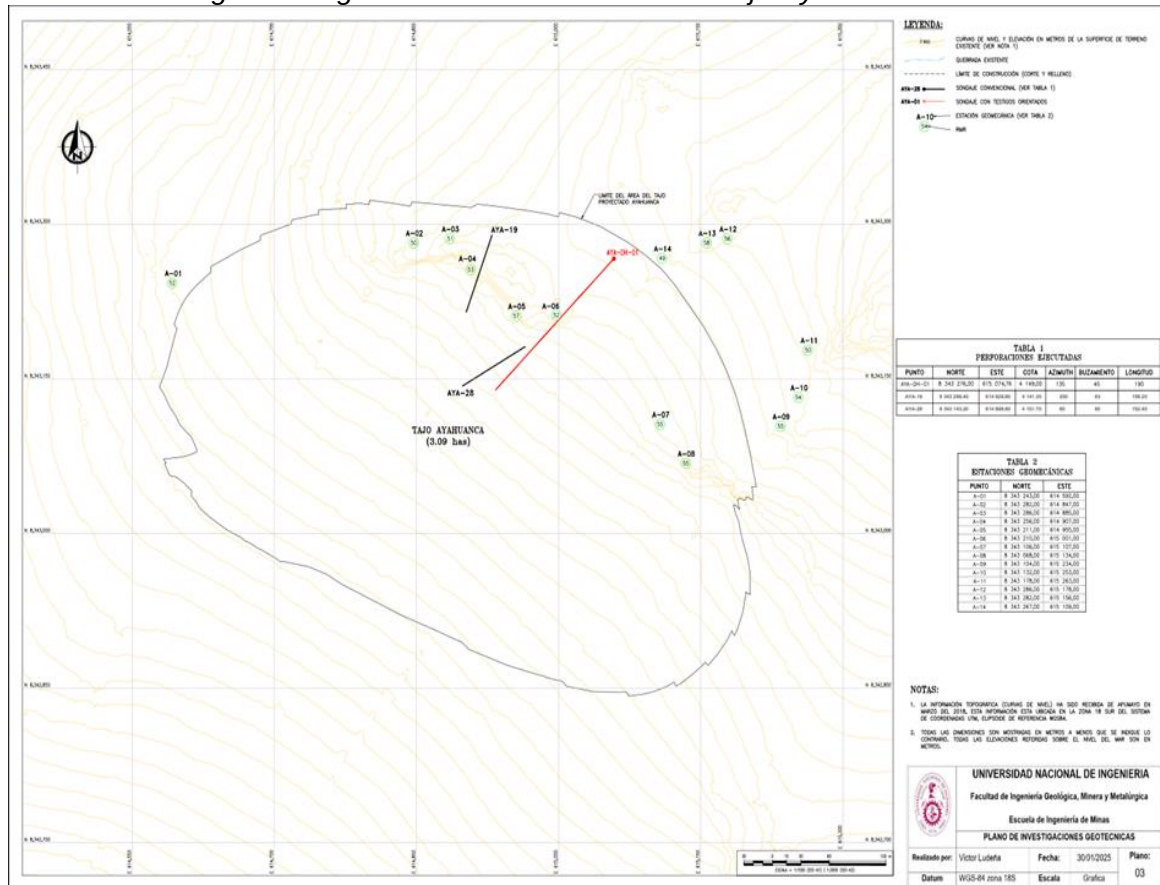
4.1 Registro de datos

Para la caracterización de la masa rocosa del área de estudio, se registraron datos a partir del mapeo geotécnico de campo de afloramientos rocosos ubicados en el área del tajo, así como el registro geotécnico de testigos rocosos orientados ejecutados como parte del presente estudio y de testigos rocosos de los sondajes diamantinos, efectuados como parte de la exploración del yacimiento. El mapeo geotécnico de afloramientos rocosos se llevó a cabo utilizando el "método directo por celdas de detalle". Mediante este método se realizaron mediciones sistemáticas de las discontinuidades presentes en cada estación de medición, representada por un tramo de extensión variable de la roca expuesta. Los parámetros de observación y medición fueron obtenidos en formatos de registro diseñado para este propósito, adecuándolos a las normas sugeridas por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM). Ver Anexo 1. Estos parámetros fueron: tipo de roca, tipo de sistema de discontinuidad, orientación, espaciado, persistencia, apertura, rugosidad, tipo de relleno, espesor del relleno, intemperización y presencia de agua. Adicionalmente se registraron datos sobre la resistencia de la roca y el grado de fracturamiento.

Cada celda de detalle constituyó una estación de medición, en total se realizaron mapeos en 14 estaciones geomecánicas en el área de estudio. El logueo geotécnico de sondajes se realizó a partir de un sondaje con orientación de testigos empleando el sistema ACT-II, a fin de registrar datos de la orientación de las estructuras en profundidad; asimismo se realizó adicionalmente el registro geotécnico de testigos rocosos de dos perforaciones diamantinas, a fin de definir la calidad en profundidad, empleando métodos convencionales en formatos adecuados también a las normas ISRM (ver Anexo 2). En la Figura 5 se muestra el plano de las investigaciones geotécnicas realizadas.

Figura 5

Plano de Investigaciones geotécnicas realizadas en el Tajo Ayahuanca



Fuente: Elaboración propia

4.2 Aspectos litológicos

En el área del Tajo Ayahuanca, está presente como litología dominante la brecha hidrotermal moderada a fuertemente oxidada, con algunos protolitos andesíticos o de brecha freatomagmática donde se evidencian relictos de fragmentos redondeados a sub angulosos.

Constituyendo las rocas caja de la brecha hidrotermal se presenta la andesita porfirítica de textura gruesa, asimismo hacia el sur del área mineralizada aflora en forma puntual la brecha freatomagmática caracterizada por presentar fragmentos redondeados a sub angulosos.

En profundidad se ha observado la presencia de dacita en forma puntual en taladros formando un intrusivo sub-volcánico.

4.3 Distribución de discontinuidades

Para establecer las características de la distribución de discontinuidades, el procesamiento de los datos orientacionales se realizó mediante técnicas de proyección estereográfica equiareal, utilizando el programa de cómputo DIPS versión 5.103 elaborada por Rocscience Inc. (2004).

Los resultados de las características de distribución de los sistemas de discontinuidades estructurales por estaciones se muestran en los formatos del registro geotécnico del Anexo 1 y a partir del sondaje orientado los datos se presentan en los formatos del logueo geotécnico del Anexo 2.

Con los datos estructurales registrados tanto del registro de afloramientos como del sondaje orientado, se ha establecido el arreglo estructural de la masa rocosa realizando las respectivas proyecciones estereográficas tal como se muestra en las Figuras 6 y 7. En la Tabla 6 se da un resumen de los resultados. La distribución estructural mediante estereogramas por sectores de diseño, se presentan en el Plano 6 de Geotécnico y Sectores de Diseño.

Según la Tabla 6, se observa que el arreglo estructural de la masa rocosa en el área del Tajo Ayahuanca conformado por tres sistemas principales y un sistema secundario. Los sistemas principales están presentes en toda el área de estudio y están conformados mayormente por diaclasas. Estos son:

- **Sistema 1.** Rumbo NS y buzamiento subvertical tanto al W como al E, conformado mayormente por diaclasas y algunas fallas menores. Este es el sistema predominante.
- **Sistema 2.** Rumbo NE y buzamiento medio al E, conformado por diaclasas.
- **Sistema 3.** Rumbo NW y buzamiento empinado tanto al NE como al SW, conformado también por diaclasas
- **Sistema 4.** Rumbo NW-W y buzamiento medio ha echado al NE, conformado por diaclasas.

Tabla 6

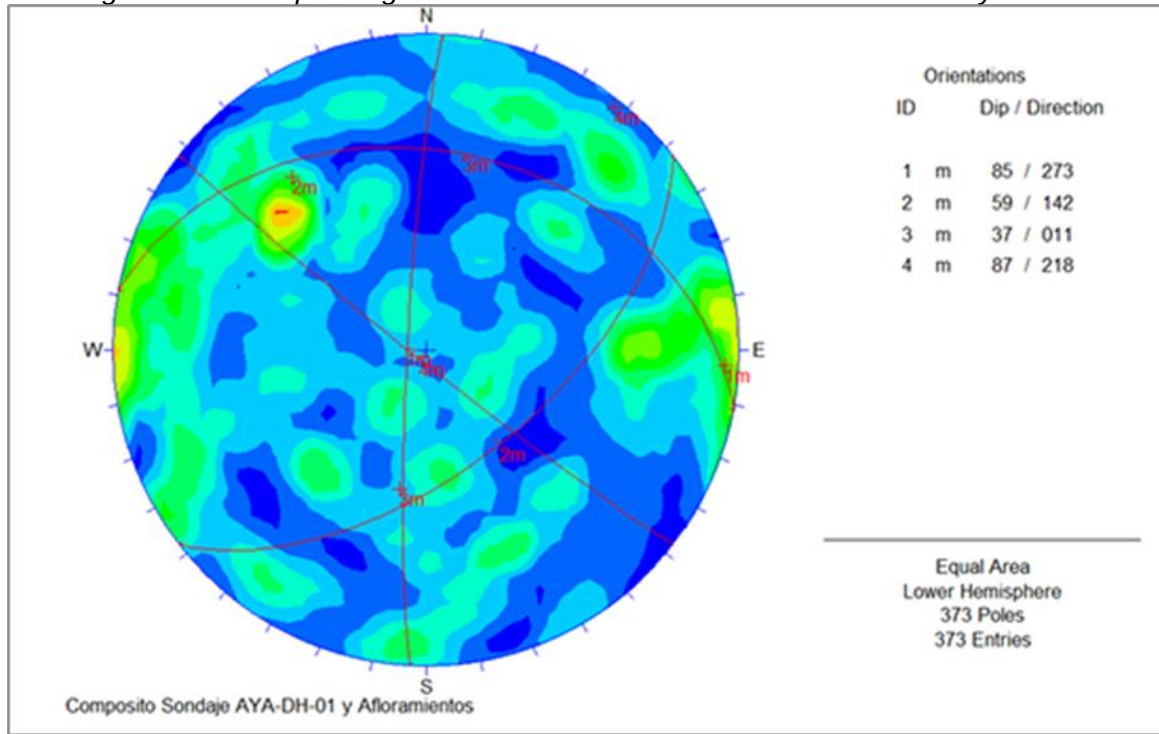
Sistemas de discontinuidades estructurales

FUENTE	DESCRIPCIÓN	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3	SISTEMA 4
Mapeo de afloramientos	Rumbo / Buzamiento	N4°E / 69°NW	N73°E / 73°SW	N48°W / 78°SW	N70°E / 14°SE
	Dir Buz / Buzamiento	274° / 69°	163° / 73°	222° / 78°	160° / 14°
Sondaje orientado	Rumbo / Buzamiento	N3°E / 82°SE	N23°E / 43°SE	N85°W / 36°NE	N67°W / 88°SW
	Dir Buz / Buzamiento	82° / 82°	114° / 43°	5° / 36°	203° / 88°
Compósito sondaje y afloramientos	Rumbo / Buzamiento	N3°E / 85°SE	N52°E / 59°SE	N78°W / 37°NE	N52°W / 87°SW
	Dir Buz / Buzamiento	273° / 85°	142° / 59°	11° / 37°	218° / 87°

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6

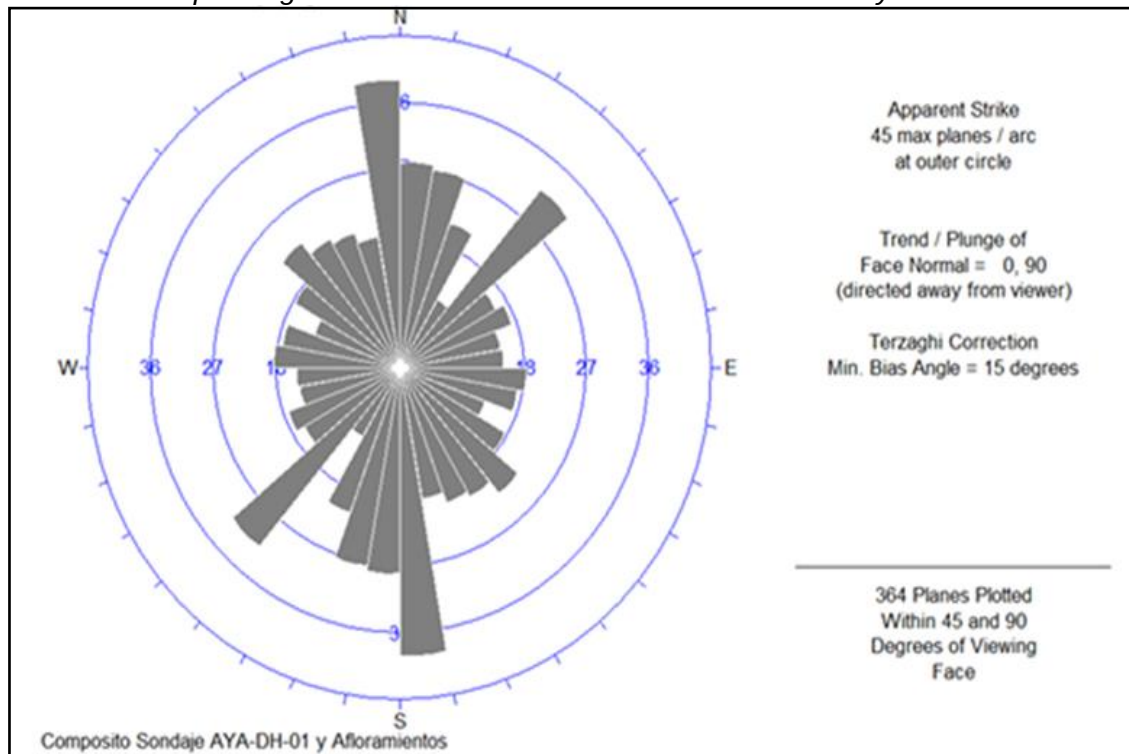
Estereograma del compósito general de estructuras menores del área de Ayahuanca



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7

Roseta del compósito general de estructuras menores del área de Ayahuanca



Fuente: Elaboración propia

4.4 Clasificación geomecánica de la masa rocosa

Para clasificar geomecánicamente a la masa rocosa se utilizó el criterio de clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR – Valoración del Macizo Rocos – 1989). Los valores de resistencia compresiva de la roca intacta, fueron obtenidos conforme los ensayos de golpe con el martillo de geologo y a los ensayos in-situ de impacto con el martillo Schmidt. Los valores del índice de calidad de la roca (RQD) fueron determinados mediante el registro lineal de discontinuidades, utilizando la relación propuesta por Priest & Hudson (1986), teniendo como parámetro de entrada principal la frecuencia de fracturamiento por metro lineal. También se obtuvieron valores del RQD a partir del logueo geotécnico de los testigos de las perforaciones diamantinas efectuadas como parte de los trabajos de campo de la presente investigación.

La Tabla 7 muestra un resumen de la calidad de la masa rocosa presente en el área del Tajo Ayahuanca

Tabla 7

Resumen de calidad de la masa rocosa

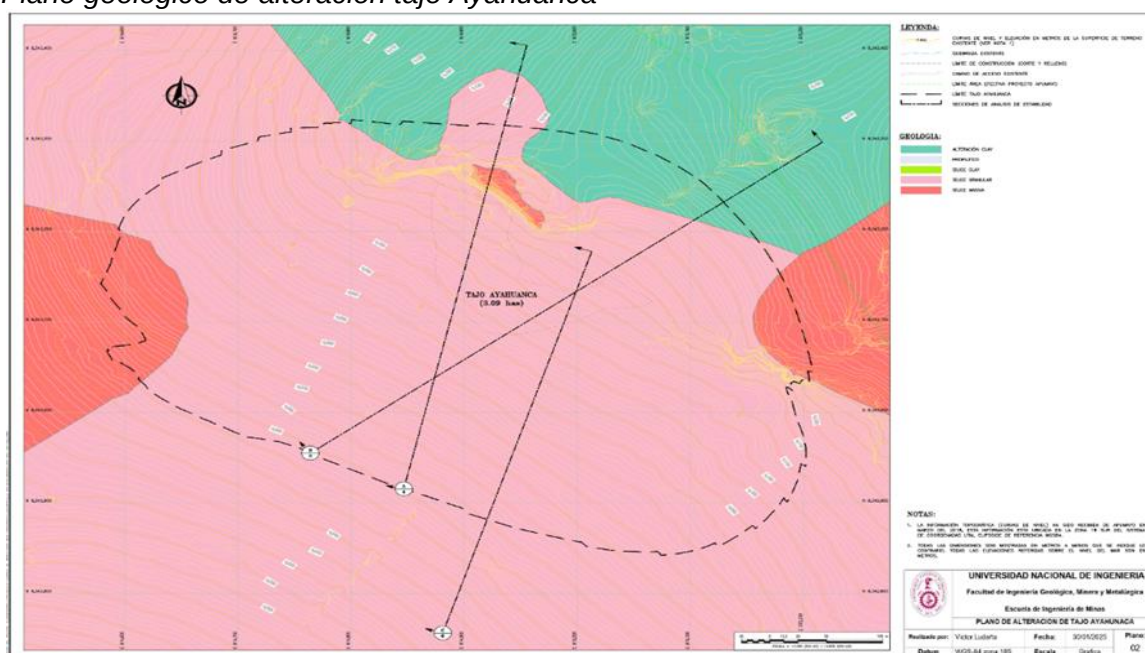
DOMINIO	ALTERACIÓN	RMR		DESCRIPCIÓN	CALIDAD
		RANGO	PROMEDIO		
DE - IIIB	Sílice Masiva	32 - 58	48	IIIB	Regular B
DE - IVA	Sílice Masiva	21-38	34	IV	Mala A
	Sílice Granular Moderado	32 – 48	36	IV	Mala A
DE - IVB	Sílice Granular deleznable	18 - 42	30	IV	Mala B
	Alteración Clay	-	27	IV	Mala B
	Sílice Alunita	-	27	IV	Mala B

Fuente: Elaboración propia.

En base a la experiencia sobre este tipo de yacimientos, la calidad de la roca está directamente asociada a los tipos de alteraciones presentes en la masa rocosa. En el Tabla anterior se presentan los valores de calidad por dominios, correspondiendo cada dominio a un tipo de alteración: Sílice Granular (SG), Sílice Alunita (SA), Sílice Masiva (SM) y Alteración Clay (SC) y Clay (C). La zona mineralizada se encuentra mayormente dentro de rocas de alteración sílice granular y sílice masiva. La calidad de la roca varía desde Mala B (IVB) hasta Regular B (IIIB), pasando por las rocas de calidad Mala A (IVA). Ver Figura 8. Plano geológico de alteración del Tajo Ayahuanca.

Figura 8

Plano geológico de alteración tajo Ayahuanca



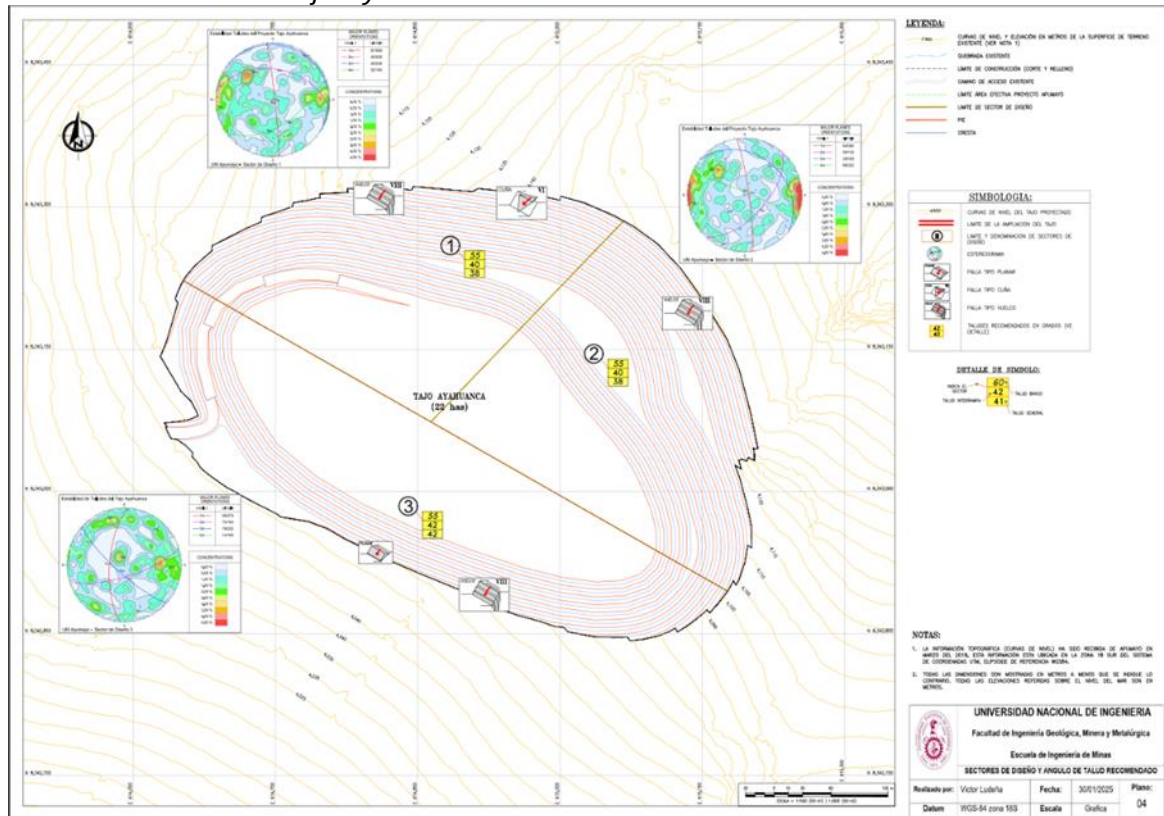
Fuente: Elaboración propia.

4.5 Zonificación geomecánica de la masa rocosa

Los diferentes métodos de cálculo de la mecánica de rocas, se aplican en masas rocosas que presentan características estructurales y mecánicas similares, por ello los criterios de diseño y el análisis de los resultados serán válidos solo dentro de masas rocosas que presenten propiedades físicas y mecánicas similares. Para cumplir con este requisito, es práctica común en el diseño de taludes de minas a cielo abierto, sectorizar el tajo en zonas geomecánicas o dominios estructurales (DE). Para realizar la zonificación geomecánica de la zona en estudio se ha tomado en cuenta los aspectos litológicos, geoestructurales, grado de alteración y principalmente en el área del tajo Ayahuanca la mala calidad de la masa rocosa, que condicionará el ángulo de los taludes de banco e interrampa. Considerando los aspectos litológicos, geoestructurales, grado de alteración y principalmente la calidad del macizo rocoso, se han definido tres dominios estructurales en las zonas involucradas del Tajo Ayahuanca. (ver Figura 9). Los dominios estructurales son:

Figura 9

Plano de zonificación tajo Ayahuanca



Fuente: Elaboración propia.

- **Dominio Estructural DE-IIIB (SM-SG).** Conformado por rocas andesíticas y brechas volcánicas generalmente con alteración sílice masiva, y en menor proporción sílice granular moderada a compacta. Este dominio generalmente se presenta en los afloramientos superficiales y en menor proporción en profundidad. De la información registrada del logueo geotécnico observamos que la roca presenta resistencia media a alta (R3 a R5), con regular fracturamiento RQD de 25 a 75%, espaciamiento de 10 a 50 cm, persistencia de 10 a 20 m, apertura menor a 1 mm, superficies rugosas a ligeramente rugosas, rellenos suaves, con paredes ligera a moderadamente alteradas y condiciones húmedas de agua subterránea. La calidad del macizo rocoso en este dominio es Regular A (III A), con RMR promedio de 48.
- **Dominio Estructural DE-IVA (SM, SG).** Este dominio está conformado principalmente por andesitas y brechas andesíticas con alteración sílice masiva y sílice granular moderada a deleznable, de los resultados de los ensayos de resistencia de la roca en campo, observamos que la roca presenta resistencia moderada (R2-R3), con RQD de 30 a 50%, espaciamiento de 6 a 20 cm, persistencia de 10 a 20 m, apertura 0.1 - 1 mm, paredes ligeramente rugosas, rellenos suaves, con paredes moderadamente alteradas y condiciones húmedas de agua subterránea. La calidad del macizo rocoso en este dominio es Mala A (IVA), con RMR promedio de 34 a 36; este dominio es el más representativo y más abundante en el área del tajo Ayahuanca SW.
- **Dominio Estructural DE-VIB (SG deleznable, SA, SC, Alteración Clay, C).** Este dominio está conformado principalmente por las andesitas con alteración sílice granular deleznable, sílice alunita, alteración clay, y sílice clay, este dominio se presenta en menor proporción en el área del tajo. De la información obtenida del logueo geotécnico de testigos, la roca presenta resistencia moderada (R0-R2), con RQD promedio de < 20%, espaciamiento menor a 10cm, persistencia mayor a 10m, apertura mayor a 5mm, paredes ligeramente rugosas, rellenos suaves, con paredes

moderas a muy alterada y condiciones húmedas de agua subterránea. La calidad del macizo rocoso en este dominio es mala B (IVB), con RMR promedio de 27 a 30.

4.6 Resistencia de la roca

Para determinar la resistencia de la roca intacta, los parámetros friccionantes de las discontinuidades y la resistencia de la masa rocosa se ha tenido en cuenta los resultados de ensayos de campo y laboratorios realizados para el presente estudio.

Uno de los parámetros más importantes para evaluar el comportamiento mecánico de la masa rocosa es la resistencia compresiva no confinada de la roca intacta (σ_c). Los valores de este parámetro fueron obtenidos utilizando los procedimientos que a continuación se detallan:

- Ensayos de golpes con el martillo de geólogo, según normas ISRM, efectuados durante el mapeo geotécnico. Los resultados de estos ensayos están consignados directamente en los formatos de los mapeos geotécnicos (Anexos 1).
- Ensayos in-situ de impacto con el martillo Schmidt de dureza, durante los trabajos de logeo geomecánico de los testigos rocosos orientados siguiendo las normas ISRM (ver Anexo 2).
- Ensayos de constantes elásticas, carga puntual y compresión triaxial efectuados en laboratorio de mecánica de rocas de la empresa Ingeotest Ingenieros.
- Se añade aquí como propiedad de la roca intacta el ensayo de tracción indirecta método brasileiro a fin de determinar la resistencia a la tracción de la misma.

4.6.1 Resultados de los ensayos con el Martillo Schmidt

En forma paralela a los ensayos de golpes con el martillo de geólogo, durante los trabajos de campo, como parte de los mapeos geotécnicos de sondajes, se realizaron también ensayos de dureza con el Martillo Schmidt, a fin de estimar la resistencia compresiva uniaxial de la roca intacta. Si bien el valor obtenido con este ensayo es de menor precisión que un ensayo de laboratorio, sin embargo, debido a la gran cantidad de ensayos ejecutados in-situ en los diferentes tipos de rocas, da valores representativos de la zona de evaluación.

Durante los trabajos de campo se han obtenido un total de 56 ensayos con respuesta válida de rebote de martillo RL, ya que otra cantidad de ensayos no tuvieron respuesta porque la roca fue de muy baja resistencia, los resultados de los ensayos efectuados se presentan en los formatos del logueo geotécnico del sondaje AYA-DH-01. Los ensayos con el martillo Schmidt efectuados en los testigos rocosos indicaron valores del número de rebote entre 10 y 44. Los valores menores a 10 corresponden a rocas muy alteradas (sílice granular deleznable, sílice clay y alteración clay) que indican resistencia muy baja a baja, mientras que los valores entre 10 y 25 indican resistencia baja a moderada (sílice granular moderada) y los valores entre 26 a 44 corresponden a rocas de resistencia media constituido por rocas con alteración sílice masiva y sílice granular compacta.

4.6.2 Resultados de ensayos de laboratorio de mecánica de rocas

Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Rocas de Ingeotest Ingenieros (INGEOTEST), sobre testigos rocosos obtenidas del sondaje con orientación de testigos. En el Tabla 8 se presentan los resultados de los ensayos referidos a la resistencia compresiva uniaxial de la roca intacta obtenida a partir de los ensayos de carga puntual, efectuados como parte del presente estudio en el laboratorio de INGEOTEST, y en la Tabla 9 se presenta el resumen de los resultados de tracción indirecta.

Tabla 8

Resumen de los resultados de los ensayos de carga puntual

SONDAJE	ALTERACIÓN	Is (50) (MPa)	RESISTENCIA COMPRESIVA (MPa)
AYA-DH-01	Sílice Masiva	6.0	144
AYA-DH-01	Sílice granular compacta	5.4	129
AYA-DH-01	Sílice granular moderado	2.2	53
AYA-DH-01	Sílice granular modera a deleznable	0.4	9
AYA-DH-01	Sílice granular modera a deleznable	0.8	19

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9

Resumen de los resultados de los ensayos de tracción indirecta (Método brasilero)

SONDAJE	ALTERACIÓN	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	
		Kg/cm ²	MPa
AYA-DH-01	Sílice masiva y sílice granular compacta	14.0	1.32
AYA-DH-01	Sílice masiva y sílice granular compacta	13.4	1.31
AYA-DH-01	Sílice granular moderada a deleznable	4.4	0.43
AYA-DH-01	Sílice granular moderada a deleznable	5.0	0.49

Fuente: Elaboración propia

Otro parámetro importante y de interés para el presente estudio, es la constante “mi” de la roca intacta del criterio de falla de Hoek&Brown (2002-2007). Estos valores fueron obtenidos a partir de ensayos triaxiales y procesados utilizando el programa ROCDATA (2004). Los resultados se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10

Constante “mi” a partir de ensayos triaxiales en roca intacta

ALTERACIÓN	“mi”
Sílice masiva y sílice granular moderada a compacta	11.6
Sílice alunite, sílice clay *	10.7
Alteration propi lítica*	9.6
Clay*	8.1

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, las propiedades físicas de la roca intacta fueron determinadas mediante ensayos de laboratorio. Los resultados se dan en la Tabla 11

Tabla 11

Propiedades físicas de la roca intacta

SONDAJE	ALTERACIÓN	DENSIDAD SECA gr /cm ³	POROSIDAD APARENTE (%)	ABSORCIÓN (%)	PESO ESPECIFICO (kN/m ³)
AYA-DH-01	Sílice masiva	2.3	6.5	2.8	22.8
AYA-DH-01	Sílice granular	2.0	17.0	8.5	19.8

Fuente: Elaboración propia.

4.6.3 Resistencia de las discontinuidades

Desde el punto de vista de la estabilidad estructuralmente controlada, es importante conocer las características de resistencia al corte de las discontinuidades, puesto que éstas constituyen superficies de debilidad de la masa rocosa y por tanto planos potenciales de falla. La resistencia al corte en este caso está regida por los parámetros de fricción y cohesión de los criterios de falla Mohr-Coulomb. Estos parámetros de corte fueron determinados en campo mediante los ensayos del tablero inclinable (“Inclined Block Test”), efectuados sobre testigos de las perforaciones diamantinas y en laboratorio fueron determinados mediante ensayos de corte directo cuyo resultado se resume en la Tabla 12.

Tabla 12

Resultados de los ensayos de corte directo

SONDAJE	ALTERACIÓN	COHESIÓN “c” (kPa)	ANGULO DE FRICCIÓN (°)
AYA-DH-01	Sílice granular	189	30

Fuente: Elaboración propia.

4.6.4 Resistencia de la masa rocosa

Para estimar los parámetros de resistencia de la masa rocosa, se utilizó el criterio de falla de Hoek & Brown (2002-2007), con el programa ROCLAB de Rocscience Inc. (2007). Para ello se tomaron los valores más representativos de calidad de la masa rocosa involucrada con cada dominio estructural, asimismo de resistencia compresiva uniaxial y constante “mi” de la roca intacta, desarrollados en este estudio.

Por otro lado, se tomaron en cuenta las características geométricas y operacionales de los taludes de los tajos proyectados, según el diseño preliminar desarrollado por el personal de Planeamiento mina. En el Tabla 13 se presentan los parámetros obtenidos de las propiedades de resistencia de la masa rocosa por dominios de calidad y tipo de alteración.

Tabla 13*Constante “mi” a partir de ensayos triaxiales en roca intacta*

ALTERACIÓN	CALIDAD	PESO UNITARIO (kN/m ³)	RESISTENCIA COMPRESIVA (MPa)	RMR	mi	COHESIÓN “c” (kPa)	ANGULO DE FRICCIÓN (°)
SM – SG Compacta	IIIB	22.8	90	48	11.6	780	11.6
SM – SG Moderada	IVA	22.8	30	34	11.6	370	10.7
SA – SG Deleznable	IVB	20.0	10	30	11.6	160	9.6
SA – SC*	IVB	21.2	< 5	27	10.7	90	8.1

Nota: SM = sílice masiva, SG sílice granular, SA sílice alunita, SC sílice clay o alteración clay.

4.7 Identificación de los mecanismos probables de falla

Para la identificación de los modos de falla, se efectuó una evaluación de los problemas de inestabilidad potencial de los taludes, efectuando análisis cinemáticos con utilización de técnicas estereográficas.

El análisis cinemático se orientó a evaluar los mecanismos de rotura de la masa rocosa de los taludes de bancos, considerando como punto de partida un ángulo de 65°, que corresponde al talud de diseño proporcionado por planeamiento mina. Los resultados de los análisis cinemáticos, son presentados en el Anexo 5 y un resumen en el Tabla 14. Estos resultados revelan lo siguiente:

- En el sector de diseño 1 se presenta inestabilidad tipo cuña potencial mientras que en el sector de diseño 3 se presenta inestabilidad planar menor.
- En los tres sectores de diseño del área de estudio se presenta inestabilidad tipo vuelco, siendo vuelco potencial en los sectores de diseño 2 y 3 mientras que en el sector de diseño 1 se presenta vuelco menor.
- Es necesario indicar que la inestabilidad cinemática no es de primera importancia debido a que la calidad de la roca en mayor porcentaje corresponde a roca Mala A y Roca Mala B por lo que la estabilidad del talud de banco mayormente estará gobernada por la calidad de la roca, el cual será abordado en el siguiente acápite.

- Para el caso de los taludes interrampa, estos interactuarán con los resultados de la evaluación banco-berma y con los resultados de los análisis de estabilidad de taludes finales generales.

Tabla 14

Resultado del análisis cinemático por sectores de diseño

SECTOR	DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO DE LA CARA DEL TALUD	ANÁLISIS ESTEREOGRÁFICO – ESTRUCTURAS MENORES		
		TALUD DE BANCO	TALUD INTERRUMPA	MECANISMOS DE FALLA
I	185°	65°	45°	Inestabilidad tipo cuña potencial y falla tipo vuelco menor
II	250°	65°	45°	Inestabilidad potencial tipo vuelco
III	30°	65°	45°	Inestabilidad tipo vuelco potencial y falla planar menor

Fuente: Elaboración propia.

4.8 Análisis de estabilidad de los taludes finales

El ángulo máximo de los taludes en masas rocosas en excavaciones superficiales de mediana a gran altura, usualmente está determinado por la resistencia del macizo rocoso, esta resistencia se determina utilizando el criterio de Hoek & Brown (2002, 2007).

Según lo señalado, se evalúa el ángulo máximo de los taludes finales, o denominados también taludes generales o globales empleando modelos de análisis de equilibrio límite para cada uno de los sectores de diseño.

Para analizar la estabilidad de los taludes finales generales, es necesario tomar en cuenta los conceptos que se mencionan en seguida.

- Cuando la masa rocosa tiene calidad inferior a Regular B, cuyo límite en términos de RMR puede ser 41°, el mecanismo de rotura es de tipo circular.
- En el caso de los taludes del Tajos Ayahuanca, el mayor porcentaje corresponde a rocas de calidad Mala A y Mala B, por lo que se tendrá que realizar análisis de falla circular.

4.8.1 Métodos de cálculo

Para el análisis de la estabilidad de los taludes finales se ha utilizado el software SLIDE Versión 7.0, desarrollado por Rocscience Inc. (2004), aplicando el modo de falla circular. Este es un programa de análisis de estabilidad de taludes completamente

integrado, que permite desarrollar la geometría de los taludes rocosos interactivamente y realizar el análisis utilizando el concepto de equilibrio límite. Los análisis pueden ser determinísticos, para calcular el factor de seguridad, o probabilísticos, para calcular la probabilidad de falla de los taludes. Está preparado para considerar el efecto del agua, de fuerzas externas y sísmicas, y el reforzamiento de los taludes para su estabilización. Para el análisis de los taludes finales generales se ha utilizado el software SLIDE, desarrollado por Rocscience (2004), aplicando el modo de falla circular y el método de cálculo de GLE/Morgenstern Price. Para la definición de los taludes interrampas y taludes finales ha tomado como sistema banco-berma, el diseño proporcionado por Apumayo S.A.C., que considera bancos de 8m de altura y 4 a 5 m de ancho de berma.

4.8.2 Condiciones de análisis

Los diferentes análisis de estabilidad para cada sector de diseño del tajo, se llevaron a cabo en las secciones litológica geomecánicas A-A', B-B' y C-C' , cuyas trazas se presentan en el plano 2 (Figura 8). En cada sección de análisis se han considerado los diferentes dominios estructurales establecidos para el tajo, con sus propiedades de resistencia al corte establecidas de acuerdo a los criterios de Mohr-Coulomb y al criterio de Hoek & Brown. Las condiciones de presencia del agua subterránea y condiciones sísmicas han sido asumidas.

4.8.3 Factores de seguridad mínimos

Para el caso de los taludes finales generales, el criterio adoptado es considerar un factor de seguridad mínimo de 1.1, considerando el efecto de la presencia de agua subterránea y el efecto sísmico, es decir se trata este de un factor de seguridad pseudo estático no drenado (condiciones críticas). En términos del factor de seguridad estático no drenado, el factor de seguridad mínimo considerado es de 1.50. Al respecto las normas Peruanas del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería del Perú dispone en su Artículo 264, que la pendiente general del tajo será establecida bajo condiciones pseudoestáticas, asumiendo las máximas aceleraciones sísmicas para un periodo de retorno de 100 años. Estos factores de seguridad pueden servir como parámetros

comparativos para la evaluación del comportamiento estático y pseudoestático de los taludes del área del Tajo Ayahuanca.

4.8.4 Resultados de los análisis de estabilidad

En primer lugar, se presentan los resultados de los análisis de estabilidad de los taludes finales globales tomando como base el diseño del tajo Ayahuanca. Estos resultados se encuentran en el Anexo 3 y 4 de este informe, y un resumen de los mismos se muestra en el Tabla 15.

Tabla 15

Resultados del análisis de estabilidad física

Sector	Sección transversal representativa del sector	Talud General		Angulo de talud inter-rampa	Factores de Seguridad			
		Altura (m)	Angulo del Talud (°)		Estático drenado	Estático no drenado	Pseudo estático drenado	Pseudo estático no drenado
I	A-A'	125	41	44	1.996	1.996	1.519	1.519
II	B-B'	135	36	42	1.685	1.412	1.253	1.071
III	C-C'	54	44	44	2.049	2.035	1.534	1.522

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados revelan que con los ángulos de taludes finales globales propuestos en el diseño del Tajo Ayahuanca, el sector I y III presentarán condiciones de estabilidad satisfactorias, mientras que el sector II no cumple con los factores de estabilidad para la condición no drenada, es decir que ante la presencia de agua (temporada de lluvias el sector II presentara problemas de inestabilidad en los taludes).

Conclusiones

El Tajo Ayahuanca se emplaza en la unidad Geomorfológica Regional denominada Cordillera Oriental, conformada por una cadena montañosa de orientación general noroeste a sureste. El modelado del área de este proyecto es el resultado del tectonismo andino, así como de eventos volcánicos y subvolcánicos. El área e inmediaciones del Tajo Ayahuanca SW, se encuentra ubicada sobre una secuencia de rocas del Grupo Barroso inferior del Plioceno Superior Pleistoceno constituido por andesita lávica y tufo fino, mientras que las brechas afloran en los cerros Huaman Loma y Auqueato en forma de cono volcánico. El Grupo Tacaza también se puede apreciar en la zona de estudio, el cual subyace con discordancia angular al Grupo Barroso.

El análisis de la distribución de discontinuidades ha mostrado en general que en el área de estudio la masa rocosa está conformado por tres sistemas principales y un sistema secundario. Los sistemas principales están presentes en toda el área de estudio y están conformados mayormente por diaclasas. El Sistema 1 predominante presenta: Rumbo NS y buzamiento subvertical tanto al W como al E, conformado mayormente por diaclasas y algunas fallas menores. El Sistema 2: Rumbo NE y buzamiento medio al E. El Sistema 3 presenta Rumbo NW y buzamiento empinado tanto al NE como al SW, y finalmente el Sistema 4 presenta Rumbo NW-W y buzamiento medio hacia el NE.

La delimitación de dominios estructurales se ejecutó eficazmente basándose en la orientación de la pared del tajo, subdividiéndola en tres sectores. Esta sectorización se consideró efectiva dado que las unidades geotécnicas y las fallas presentaban una disposición regular en la pared del tajo, lo que permitió que los sectores coincidieran con los dominios. Dicha delimitación resultó crucial para comprender la heterogeneidad espacial del macizo rocoso y facilitar análisis sectorizados. Se concluyó que una delimitación de dominios basada exclusivamente en fallas no es viable, dada la fuerte influencia del control estructural general.

La clasificación geomecánica de la masa rocosa efectuada, utilizando el criterio de Bieniawski (1989) mostrado en la Tabla 7 de esta investigación, ha indicado que en el área de estudio la calidad de la masa rocosa está directamente asociada a los tipos de alteraciones: Sílice Masiva (SM), Sílice Granular (SG), Sílice Alunita (SA), Sílice Clay (SC) y Clay (C). La zona mineralizada se encuentra mayormente dentro de rocas de alteración sílice granular y sílice masiva. La calidad de la roca varía desde Mala B (IVB RMR 27 - 30) hasta Regular B (IIIB RMR 48), pasando por las rocas de calidades Mala A (IVA RMR 34).

Las propiedades de resistencia tanto de la roca intacta, de las discontinuidades, como de la masa rocosa, establecidas a partir de ensayos in-situ efectuados como parte de los trabajos de campo, ensayos realizados en laboratorio de mecánica de rocas, y de la utilización de criterios de falla adecuados. Por lo general las rocas con alteraciones SM, SG moderada a compacta presentan resistencia de moderada a alta y las que tienen alteraciones SG deleznable, SC y C presentan resistencia baja.

El análisis de equilibrio límite a escala global se llevó a cabo exitosamente en los tres sectores. En el Sector I y III, se obtuvieron factores de seguridad entre 1.966 a 2.049 con en condición estática drenadas y no drenadas, y valores de F.S. de 1.519 a 1.534 en condición Pseudoestática drenadas y no drenadas, no considerándose crítico. Sin embargo, en el Sector II mostro una cantidad significativa de superficies de falla por debajo de los criterios de aceptabilidad F.S. de 1.412 a 1.685 en condición estática drenada y no drenada; F.S. de 1.071 a 1.253 en condición Pseudoestática drenada y no drena, lo que lo calificó como un sector crítico para la témpora de lluvias.

Se anticipa que la presencia del agua sería un problema tanto para la operación minera como para la estabilidad de los taludes en el sector II, especialmente en rocas con alteración sílice clay, sílice alunita y sílice granular deleznable, que corresponde a rocas de calidad Mala B (IVB), donde el efecto adverso del agua subterránea es más perjudicial, por lo que se recomienda realizar algunos trabajos futuros para conocer en mayor detalle las características de presencia del agua, de tal manera que puedan adoptarse medidas de drenaje, de ser estas necesarias.

Las rocas con alteración sílice masiva y sílice granular moderada a compacta presentan adecuados factores de seguridad para taludes de banco de 65°, sin embargo, considerando que este tipo de alteración conforma una pequeña proporción de los taludes del tajo y solo en el sector de diseño 1, se recomienda que se empleen en general taludes de banco de 55 grados en todo el tajo, basado en los resultados de falla circular, ya que la alteración sílice granular moderada a deleznable conforma la mayor parte de los taludes del tajo y así uniformizar las operaciones de minado.

Recomendaciones

En los bancos en rocas de calidad Mala B (IVB) donde es probable la inestabilidad de la cresta del talud especialmente en la temporada de lluvias es recomendable establecer trabajos de mantenimiento de bermas de los bancos.

Se subraya la importancia de que la interpretación de toda la información geotécnica se realice combinando rigurosamente la base teórica con el criterio experto y la experiencia práctica del especialista. Este enfoque holístico es fundamental para determinar los valores más representativos y confiables en la caracterización del macizo rocoso, asegurando la robustez de los análisis.

Para futuras investigaciones y aplicaciones, se sugiere incorporar el uso de software avanzado que emplee métodos numéricos complejos, tales como elementos finitos (FEM), diferencias finitas (FDM) y modelos de fracturas discretas (DFN). Asimismo, se aconseja integrar un tratamiento probabilístico avanzado de la información geotécnica, tanto del macizo rocoso como de sus discontinuidades, enfatizando la necesidad de disponer de la mayor cantidad de datos posible para incrementar la fiabilidad de los resultados.

Se enfatiza la necesidad de implementar un programa integral y continuo de instrumentación y monitoreo geomecánico en los taludes del tajo, especialmente en las zonas críticas. Este monitoreo debe incluir diversas tecnologías (p. ej., radares de superficie, inclinómetros, extensómetros) que permitan validar las predicciones del diseño, detectar movimientos incipientes y, en consecuencia, ajustar proactivamente los planes operativos y de seguridad para mitigar riesgos.

Se aconseja integrar los resultados de los estudios geotécnicos y las recomendaciones de estabilidad de manera sistemática en la planificación operativa diaria y a largo plazo de la mina. Esto implica establecer una comunicación fluida entre los equipos de geotecnia, planeamiento y operaciones, así como la capacitación continua del

personal relevante para asegurar la correcta aplicación de los parámetros de diseño y la comprensión de los riesgos geomecánico.

Referencias bibliográficas

- Bieniawski, Z. T. (1989). *Engineering rock mass classifications: A complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering* (1.^a ed.). Wiley Interscience. ISBN 0 471 60172 1
- Bowles, J. E. (1996). *Foundation analysis and design* (5.^a ed.). McGraw Hill.
- Brown, E. T. (Ed.) (1981). *Rock characterization, testing and monitoring: ISRM suggested methods* (1.^a ed.). Pergamon Press. ISBN 978 0 08 027309 9
- Coulomb, C. A. (1776). *Essai sur une application des règles de Maximis et Minimis à quelques problèmes de statique, relatifs à l'architecture*. De l'Imprimerie Royale.
- Das, B. M. (2010). *Principles of Geotechnical Engineering* (7th ed.). Cengage Learning.
- DCR Ingenieros S.R.Ltda. (2002, noviembre). *Estudio geomecánico: Talud NW Tajo Raúl Rojas – Zona concentradora Paragsha* [Informe técnico]. Volcan Compañía Minera S.A.A.
- DCR Ingenieros S.R.Ltda. (2007, octubre). *Estudio de estabilidad de taludes de tajos – Mina La Libertad* [Informe técnico]. DESMINIC S.A.
- DCR Ingenieros S.R.Ltda. (2014, julio). *Estudio geomecánico y dimensionamiento del minado subterráneo del Proyecto Mojón – Mina La Libertad* [Informe técnico]. DESMINIC S.A.
- DCR Ingenieros S.R.Ltda. (2015, junio). *Actualización del estudio de estabilidad de taludes del Tajo Los Ángeles – Mina La Libertad* [Informe técnico]. DESMINIC S.A.
- Duncan, J. M., & Wright, S. G. (2005). *Soil strength and slope stability*. John Wiley & Sons.
- Geólogos y Geofísicos GEOS. (2017, enero). *Estudio hidrogeológico geofísico del Proyecto Veta San Juan, La Libertad – Chontales* [Informe final]. B2Gold Corporation.
- Goodman, R. E. (1989). *Introduction to Rock Mechanics* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- González de Vallejo, L. I., Ferrer, M., Ortuño, L., & Otero, C. (2002). *Ingeniería Geológica*. Prentice Hall.

- Hidrogeological & Geotechnical Services Perú S.A. (2015). *Estudio hidrológico hidrogeológico para la modificación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Minero Apumayo* [Informe técnico].
- Hoek, E. (1994). *Strength of rock and rock masses*. ISRM News Journal, 2(2), 17–19.
- Hoek, E. (2002). *Practical rock engineering*. Rocscience.
- Hoek, E., & Bray, J. W. (1981). *Rock Slope Engineering* (3rd ed.). The Institution of Mining and Metallurgy.
- Hoek, E., & Brown, E. T. (1980). *Underground Excavations in Rock*. The Institution of Mining and Metallurgy.
- Hoek, E., Marinos, P., & Benissi, M. (1998). *Applicability of the Geological Strength Index (GSI) classification for very weak and sheared rock masses: The case of the Athens Schist Formation*. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 57(2), 151–160.
- International Society for Rock Mechanics [ISRM]. (1978). *Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses*. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts, 15(6), 319–368.
- International Society for Rock Mechanics [ISRM]. (1979). *Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials*. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts, 16(2), 163–175.
- Jaeger, J. C., Cook, N. G. W., & Zimmerman, R. W. (2007). *Fundamentals of rock mechanics* (4^a ed.). Blackwell Publishing.
- Kramer, S. L. (1996). *Geotechnical earthquake engineering*. Prentice Hall.
- Ramírez Oyanguren, P., & Alejano Monge, L. (2004). *Mecánica de rocas: fundamentos e ingeniería de taludes*. Red DESIR.
- Read, J., & Stacey, P. (2009). *Guidelines for open pit slope design*. CSIRO Publishing.
- Ritchie, A. M. (1963). *Evaluation of rockfall and its control*. Highway Research Record(17), 13–28.

- Rocscience Inc. (2002–2010). *User manuals: RS2, SLIDE, SWedge, Settle3, RocData, RocSupport* [Software manuals]. Rocscience Inc.
- Terzaghi, K. (1943). *Theoretical Soil Mechanics*. John Wiley & Sons.
- Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Wyllie, D. C., & Mah, C. W. (2004). *Rock slope engineering – Civil and Mining* (4th ed.). Spon Press.
- Zavala, N., Urbina, D., & Narváez, M. (2009, junio). *Revisión geotécnica del diseño del Tajo Chaquicocha Fase II* [Informe técnico]. Minera Yanacocha S.R.L.

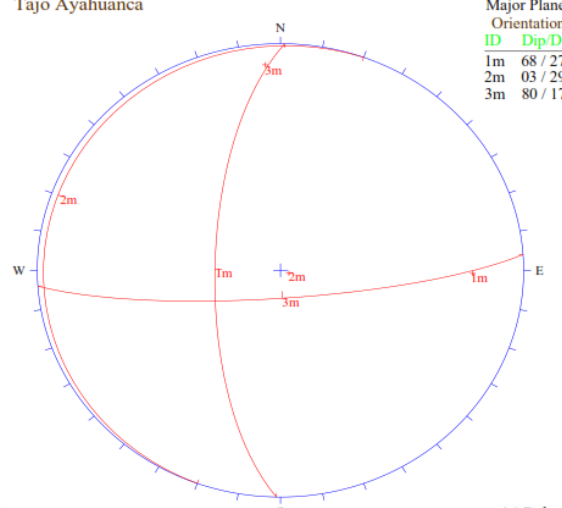
Anexos

	Pág.
Anexo 1: Mapeo geotécnico.....	1
Anexo 2: Logueo geotécnico de sondajes orientados	15
Anexo 3: Análisis de estabilidad física condición drenada	32
Anexo 4: Análisis de estabilidad física condición no drenada.....	38
Anexo 5: Análisis cinemático	44

Anexo 1: Mapeo geotécnico

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica Escuela de Ingeniería de Minas		PROYECTO : Tajo Ayahuanca		POR : V.L.M. FECHA : 24/09/2018 HOJA : 1 de 14	TRABAJO SUFICIENCIA PROFESIONAL
COORD. ESTAC.: N: 8343243 E: 614592 Cota: 4068					
Nº ESTACION A-01		ORIENTACION DE LA CARA RUMBO: N-S BUZAMIENTO: 80°E		TRAMO DESDE: 0 HASTA: 5	
TIPO DE ROCA Volcanico, And		FRECUENCIA FRACTURA Nº Fract. / ml. 14-18		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)	
PARAMETRO		RANGO DE VALORES VALOR ESTIMADO VALORACI.			
R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa)		>250 (15) 100-250 (12) X 50-100 (7) 25-50 (4) <25(2) <5(1) <1(0) 1 9			
RQD %		90-100 (20) 75-90 (17) X 50-75 (13) X 25-50 (8) <25 (3) 2 10			
ESPACIAMIENTO (m)		>2 (20) 0.6-2 (15) X 0.2-0.6 (10) X 0.06-0.2 (8) <0.06 (5) 3 9			
CONDICION DE JUNTAS		PERSISTENCIA: <1m long. (6) 1-3 m Long. (4) X 3-10m (2) 10-20 m (1) >20 m (0) 4A 2 ABERTURA: Cerrada (6) <0.1mm apert. (5) X 0.1-1.0mm (4) > 5 mm (0) 4B 4 RUGOSIDAD: Muy rugosa (6) Rugosa (5) X Lig. rugosa (3) X Lisa (1) Espejo de falla (0) 4C 2 RELLENO: Limpia (6) Duro < 5mm (4) Duro > 5mm (2) X Suave < 5 mm (2) Suave > 5 mm (0) 4D 2 ALTERACION: Sana (6) X Lig. Alterada. (5) X Mod. Alterada. (3) Muy Alterada. (2) Descompuesta (0) 4E 4			
AGUA SUBTERRANEA		Seco (15) Humedo (10) Mojado (7) Goteo (4) Flujo (0) 5 10			
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 52					
CLASE DE MACIZO ROCOSO		III A			
RMR		100 - 81 80 - 61 60 - 51 50 - 41 40 - 31 30 - 21 20 - 0			
DESCRIPCION		I Muy Buena II Buena IIIA Regular A IIIB Regular B IVA Mala A IVB Mala B V Muy Mala			
Tilt Test		β (°) Jr			
1		2			
J RQD		J RQD			
5 91 16 52		6 88 17 48			
7 84 18 44		8 81 19 40			
9 77 20 37		10 74 21 33			
11 70 22 29		12 66 23 26			
13 63 24 22		14 59 25 18			
15 55 26 15					
ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		ABREVIACION TIPO DE ESTRUCTURAS			
And Andesita		J Junta Dq Dique Fn Falla SH Corte Ct Contacto mF micro falla			
ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO		GRADO			
Ox Oxido Py Pirita Arc Arcilla Li Limos Cb Carbonatos Si Silice GG Gouge		INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPO			
ABREVIACION DEL ESPACIAMIENTO		RANGO RESIS. COMP. (MPa)			
1 > 2 m 2 0.6 - 2 m 3 0.2 - 0.6 m 4 0.06 - 0.2 m 5 < 0.06 m		R1 Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo, se desconcha con una cuchilla 1,0 - 5,0 R2 Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta) 5 - 25 R3 No se raya con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo 25 - 50 R4 La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo 50 - 100 R5 Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra 100 - 250 R6 Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo > 250			

Tajo Ayahuanca



Major Planes Orientations
 ID Dip/Dir
 1m 68 / 271
 2m 03 / 290
 3m 80 / 176

Estación: A-01 Litología: Volc andesítico 16 Poles

III A

[illegible]

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica Escuela de Ingeniería de Minas				PROYECTO : Tajo Ayahuanca Ayahuanca				POR : VLM FECHA : 24/09/2018 HOJA : 3 de 14		TRABAJO SUFICIENCIA PROFESIONAL																																																																																																																																																				
				COORD. ESTAC.: N: 8343286 E: 614885 Cota: 4128																																																																																																																																																										
Nº ESTACION A-03		ORIENTACION DE LA CARA RUMBO: N80°E BUZAMIENTO: 90°		TRAMO DESDE: 0 HASTA: 15		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)																																																																																																																																																								
TIPO DE ROCA Volcanico, And						FRECUENCIA FRACTURA N° Fract. / m.L. 16.00		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>PARAMETRO</th> <th colspan="10">RANGO DE VALORES</th> <th>VALORACI.</th> </tr> <tr> <th></th> <th colspan="10">VALOR ESTIMADO</th> <th></th> </tr> <tr> <td>R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa)</td> <td>>250 (15)</td> <td>100-250 (12)</td> <td>50-100 (7)</td> <td>25-50 (4)</td> <td><25 (2)</td> <td><5 (1)</td> <td><1 (0)</td> <td>1</td> <td>8</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>RQD %</td> <td>90-100 (20)</td> <td>75-90 (17)</td> <td>50-75 (13)</td> <td>25-50 (8)</td> <td><25 (3)</td> <td><10 (2)</td> <td><5 (1)</td> <td>2</td> <td>10</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ESPACIAMIENTO (m)</td> <td>>2 (20)</td> <td>0.6-2 (15)</td> <td>0.2-0.6 (10)</td> <td>0.06-0.2 (8)</td> <td><0.06 (5)</td> <td></td> <td></td> <td>3</td> <td>8</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>								PARAMETRO	RANGO DE VALORES										VALORACI.		VALOR ESTIMADO											R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa)	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25 (2)	<5 (1)	<1 (0)	1	8			RQD %	90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	<10 (2)	<5 (1)	2	10			ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	0.6-2 (15)	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2 (8)	<0.06 (5)			3	8																																																																																					
PARAMETRO	RANGO DE VALORES										VALORACI.																																																																																																																																																			
	VALOR ESTIMADO																																																																																																																																																													
R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa)	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25 (2)	<5 (1)	<1 (0)	1	8																																																																																																																																																					
RQD %	90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	<10 (2)	<5 (1)	2	10																																																																																																																																																					
ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	0.6-2 (15)	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2 (8)	<0.06 (5)			3	8																																																																																																																																																					
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>TIPO</th> <th colspan="2">ORIENTACION</th> <th>ESPACIAMIENTO</th> <th colspan="2">RELLENO</th> <th rowspan="2">Comentarios</th> </tr> <tr> <th>ESTRUC.</th> <th>DIRECCION BUZ.</th> <th>BUZAMIENTO</th> <th></th> <th>TIPO</th> <th>ESPESOR</th> </tr> <tr> <td>J</td> <td>155</td> <td>70</td> <td>4, 3</td> <td>Ox</td> <td><1 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>J</td> <td>168</td> <td>67</td> <td>4</td> <td>Ox</td> <td><1 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>J</td> <td>183</td> <td>4, 3</td> <td>4, 3</td> <td>Pat, Ox</td> <td><1 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>J</td> <td>170</td> <td>70</td> <td>4, 3</td> <td>Pat, Ox</td> <td><1 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>J</td> <td>355</td> <td>84</td> <td>4, 3</td> <td>Ox</td> <td><1 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>J</td> <td>175</td> <td>82</td> <td>4, 3</td> <td>Ox</td> <td><1 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>J</td> <td>265</td> <td>63</td> <td>3</td> <td>Ox</td> <td><1 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>J</td> <td>283</td> <td>42</td> <td>3</td> <td>Ox</td> <td><1 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>J</td> <td>287</td> <td>60</td> <td>3</td> <td>Ox</td> <td><1 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>J</td> <td>246</td> <td>72</td> <td>4</td> <td>Ox</td> <td><1 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>J</td> <td>070</td> <td>55</td> <td>4, 5</td> <td>Ox</td> <td><1 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>J</td> <td>068</td> <td>50</td> <td>5</td> <td>Ox</td> <td><1 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>J</td> <td>015</td> <td>70</td> <td>4, 3</td> <td>Ox, pat</td> <td><1 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>J</td> <td>350</td> <td>58</td> <td>4</td> <td>Ox, pat</td> <td><1 mm</td> <td></td> </tr> </table>						TIPO	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO	RELLENO		Comentarios	ESTRUC.	DIRECCION BUZ.	BUZAMIENTO		TIPO	ESPESOR	J	155	70	4, 3	Ox	<1 mm		J	168	67	4	Ox	<1 mm		J	183	4, 3	4, 3	Pat, Ox	<1 mm		J	170	70	4, 3	Pat, Ox	<1 mm		J	355	84	4, 3	Ox	<1 mm		J	175	82	4, 3	Ox	<1 mm		J	265	63	3	Ox	<1 mm		J	283	42	3	Ox	<1 mm		J	287	60	3	Ox	<1 mm		J	246	72	4	Ox	<1 mm		J	070	55	4, 5	Ox	<1 mm		J	068	50	5	Ox	<1 mm		J	015	70	4, 3	Ox, pat	<1 mm		J	350	58	4	Ox, pat	<1 mm		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>CONDICION DE JUNTAS</th> <th>PERSISTENCIA</th> <th>ABERTURA</th> <th>RUGOSIDAD</th> <th>RELLENO</th> <th>ALTERACION</th> </tr> <tr> <td></td> <td><1m long. (6)</td> <td>1-3 m Long. (4)</td> <td>3-10m (2)</td> <td>10-20 m (1)</td> <td>> 20 m (0)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Cerrada (6)</td> <td><0.1mm apert. (5)</td> <td>0.1-1.0mm (4)</td> <td>> 5 mm (1)</td> <td>> 5 mm (0)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Muy rugosa (6)</td> <td>Rugosa (5)</td> <td>Lig. rugosa (3)</td> <td>Lisa (1)</td> <td>Espejo de falla (0)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Limpia (6)</td> <td>Duro < 5mm (4)</td> <td>Duro > 5mm (2)</td> <td>Mod. Alterada. (3)</td> <td>Descompuesta (0)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Sana (6)</td> <td>Lig. Alterada. (5)</td> <td>Muy Alterada. (2)</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>						CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	ABERTURA	RUGOSIDAD	RELLENO	ALTERACION		<1m long. (6)	1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)		Cerrada (6)	<0.1mm apert. (5)	0.1-1.0mm (4)	> 5 mm (1)	> 5 mm (0)		Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)		Limpia (6)	Duro < 5mm (4)	Duro > 5mm (2)	Mod. Alterada. (3)	Descompuesta (0)		Sana (6)	Lig. Alterada. (5)	Muy Alterada. (2)		
TIPO	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO	RELLENO		Comentarios																																																																																																																																																								
ESTRUC.	DIRECCION BUZ.	BUZAMIENTO		TIPO	ESPESOR																																																																																																																																																									
J	155	70	4, 3	Ox	<1 mm																																																																																																																																																									
J	168	67	4	Ox	<1 mm																																																																																																																																																									
J	183	4, 3	4, 3	Pat, Ox	<1 mm																																																																																																																																																									
J	170	70	4, 3	Pat, Ox	<1 mm																																																																																																																																																									
J	355	84	4, 3	Ox	<1 mm																																																																																																																																																									
J	175	82	4, 3	Ox	<1 mm																																																																																																																																																									
J	265	63	3	Ox	<1 mm																																																																																																																																																									
J	283	42	3	Ox	<1 mm																																																																																																																																																									
J	287	60	3	Ox	<1 mm																																																																																																																																																									
J	246	72	4	Ox	<1 mm																																																																																																																																																									
J	070	55	4, 5	Ox	<1 mm																																																																																																																																																									
J	068	50	5	Ox	<1 mm																																																																																																																																																									
J	015	70	4, 3	Ox, pat	<1 mm																																																																																																																																																									
J	350	58	4	Ox, pat	<1 mm																																																																																																																																																									
CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	ABERTURA	RUGOSIDAD	RELLENO	ALTERACION																																																																																																																																																									
	<1m long. (6)	1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)																																																																																																																																																									
	Cerrada (6)	<0.1mm apert. (5)	0.1-1.0mm (4)	> 5 mm (1)	> 5 mm (0)																																																																																																																																																									
	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)																																																																																																																																																									
	Limpia (6)	Duro < 5mm (4)	Duro > 5mm (2)	Mod. Alterada. (3)	Descompuesta (0)																																																																																																																																																									
	Sana (6)	Lig. Alterada. (5)	Muy Alterada. (2)																																																																																																																																																											
AGUA SUBTERRANEA Seco (15) Humedo (10) Mojado (7) Goteo (4) Flujo (0)						VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 51																																																																																																																																																								
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="7">CLASE DE MACIZO ROCOSO</th> </tr> <tr> <td>RMR</td> <td>100 - 81</td> <td>80 - 61</td> <td>60 - 51</td> <td>50 - 41</td> <td>40 - 31</td> <td>30 - 21</td> <td>20 - 0</td> </tr> <tr> <td>DESCRIPCION</td> <td>I Muy Buena</td> <td>II Buena</td> <td>IIIA Regular A</td> <td>IIIB Regular B</td> <td>IVA Mala A</td> <td>IVB Mala B</td> <td>V Muy Mala</td> </tr> </table>												CLASE DE MACIZO ROCOSO							RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 51	50 - 41	40 - 31	30 - 21	20 - 0	DESCRIPCION	I Muy Buena	II Buena	IIIA Regular A	IIIB Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy Mala	III A																																																																																																																											
CLASE DE MACIZO ROCOSO																																																																																																																																																														
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 51	50 - 41	40 - 31	30 - 21	20 - 0																																																																																																																																																							
DESCRIPCION	I Muy Buena	II Buena	IIIA Regular A	IIIB Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy Mala																																																																																																																																																							

Tilt Test	β (°)	Jr
1		
2		

J	RQD	J	RQD
5	91	16	52
6	88	17	48
7	84	18	44
8	81	19	40
9	77	20	37
10	74	21	33
11	70	22	29
12	66	23	26
13	63	24	22
14	59	25	18
15	55	26	15

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA
 And Andesita

ABREVIACION TIPO DE ESTRUCTURAS
 J Junta Dq Dique
 Fn Falla SH Dique
 Ct Contacto Corte
 mF micro falla

ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO
 Ox Oxido Py Pirita
 Arc Arcilla Li Limos
 Cb Carbonatos Si Silice
 GG Gouge

ABREVIACION DEL ESPACIAMIENTO
 1 > 2 m
 2 0.6 - 2 m
 3 0.2 - 0.6 m
 4 0.06 - 0.2 m
 5 < 0.06 m

ALTERACION 5. Alunitica

INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPO

GRADO	INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPO	RANGO RESIS. COMP. (MPa)
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo, se desconcha con una cuchilla	1,0 - 5,0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se raya con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	> 250

Tajo Ayahuanca
 Estación: A-03

Major Planes Orientations
 ID Dip/Dir
 1m 81 / 174
 2m 58 / 269
 3m 52 / 069

14 Poles

[illegible]

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica Escuela de Ingeniería de Minas		PROYECTO : Tajo Ayahuanca Ayahuanca				POR : VLM FECHA : 24/09/2018 HOJA : 5 de 14		TRABAJO SUFICIENCIA PROFESIONAL					
		COORD. ESTAC.: N: 8343211 E: 614955 Cota: 4142				VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)							
Nº ESTACION A-05		ORIENTACION DE LA CARA RUMBO: N40°W BUZAMIENTO: 75°SW		TRAMO DESDE: 0 HASTA: 20		PARAMETRO							
TIPO DE ROCA Volcanico And 100		FRECUENCIA FRACTURA N° Fract. / m: 14-18											
A		B		R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa)		RANGO DE VALORES VALOR ESTIMADO						VALORACI.	
100		14-18		>250 (15) X		100-250 (12) X 50-100 (7) 25-50 (4) <25(2) <5(1) <1(0) 1 9						13	
100		14-18		90-100 (20) 75-90 (17) X		50-75 (13) 25-50 (6) <25 (3) 2 13						9	
100		14-18		>2 (20) 0.6-2 (15) X		0.2-0.6 (10) X 0.06-0.2 (8) <0.06 (5) 3 9						9	
100		14-18		<1m long. (6) 1-3 m Long. (4) X		3-10m (2) 10-20 m (1) >20 m (0) 4A 2						4	
100		14-18		Cerrada (6) <0.1mm apert. (5) X		0.1-1.0mm (4) 1-5 mm (1) >5 mm (0) 4B 4						3	
100		14-18		Muy rugosa (6) Rugosa (5) X		Lig. rugosa (3) Lisa (1) Espejo de falla (0) 4C 3						2	
100		14-18		Limpia (6) Duro < 5mm (4) X		Duro > 5mm (2) Suave < 5 mm (2) Suave > 5 mm (0) 4D 2						5	
100		14-18		Sana (6) X Lig. Alterada. (5)		Mod. Alterada. (3) Muy Alterada. (2) Descompuesta (0) 4E 5						10	
100		14-18		Seco (15) X		Humedo (10) Mojado (7) Gotoso (4) Flujo (0) 5 10						57	
100		14-18		100 - 81 80 - 61 60 - 51 50 - 41 40 - 31 30 - 21 20 - 0		CLASE DE MACIZO ROCOSO						III A	
100		14-18		DESCRIPCION I Muy Buena II Buena IIIA Regular A IIIB Regular B IVA Mala A IVB Mala B V Muy Mala		III A						III A	

TIPO DE ROCA And Andesita		ABREVIACION TIPO DE ESTRUCTURAS J Junta Dq Dique Fn Falla SH Corte Ct Contacto mF micro falla	
-------------------------------------	--	--	--

ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO Ox Oxido Py Pirita Arc Arcilla Li Limos Cb Carbonatos Si Silice GG Gouge	
--	--

ABREVIACION DEL ESPACIAMIENTO 1 > 2 m 2 0.6 - 2 m 3 0.2 - 0.6 m 4 0.06 - 0.2 m 5 < 0.06 m	
---	--

INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPO		RANGO RESIS. COMP. (MPa)	
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo, se desconcha con una cuchilla	1,0 - 5,0	
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25	
R3	No se raya con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50	
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo	50 - 100	
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250	
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	> 250	

Tilt Test	β (°)	Jr
1	1	1
2	2	2

J	RQD	J	RQD
5	91	16	52
6	88	17	48
7	84	18	44
8	81	19	40
9	77	20	37
10	74	21	33
11	70	22	29
12	66	23	26
13	63	24	22
14	59	25	18
15	55	26	15

Tajo Ayahuanca

Major Planes Orientations
 ID Dip/Dir
 1m 49 / 268
 2m 73 / 208
 3m 40 / 020

Estación: A-05

19 Poles

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica Escuela de Ingeniería de Minas		PROYECTO : Tajo Ayahuanca Ayahuanca				POR : VLM FECHA : 24/09/2018 HOJA : 6 de 14		TRABAJO SUFICIENCIA PROFESIONAL							
		COORD. ESTAC.: N: 8343210 E: 615001 Cota: 4143													
		Nº ESTACION A-06		ORIENTACION DE LA CARA RUMBO: N35°E BUZAMIENTO: 85°SE		TRAMO DESDE: 0 HASTA: 15		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)							
TIPO DE ROCA A Volcanico, And						FRECUENCIA FRACTURA N° Fract. / m: 10-18									
								PARAMETRO		RANGO DE VALORES VALOR ESTIMADO					
								R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa)							
								RQD %							
								ESPACIAMIENTO (m)							
CONDICION DE JUNTAS								PERSISTENCIA							
								ABERTURA							
								RUGOSIDAD							
								RELLENO							
								ALTERACION							
AGUA SUBTERRANEA								Seco							
								VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 52							
								CLASE DE MACIZO ROCOSO							
								RMR							
								DESCRIPCION							
								I Muy Buena II Buena IIIA Regular A IIIB Regular B IVA Mala A IVB Mala B V Muy Mala							
								III A							

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		ABREVIACION TIPO DE ESTRUCTURAS	
And	Andesita	J	Junta
Fm	Falla	Dq	Dique
Ct	Contacto	SH	Corte
mF	micro falla		

ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO			
Ox	Oxido	Py	Pirita
Arc	Arcilla	Li	Limos
Cb	Carbonatos	Si	Silice
GG	Gouge		

ABREVIACION DEL ESPACIAMIENTO	
1	> 2 m
2	0.6 - 2 m
3	0.2 - 0.6 m
4	0.06 - 0.2 m
5	< 0.06 m

GRADO	INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPO	RANGO RESIS. COMP. (MPa)
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo, se desconcha con una cuchilla	1,0 - 5,0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se raya con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	> 250

Tilt Test	β (°)	Jr
1		
2		

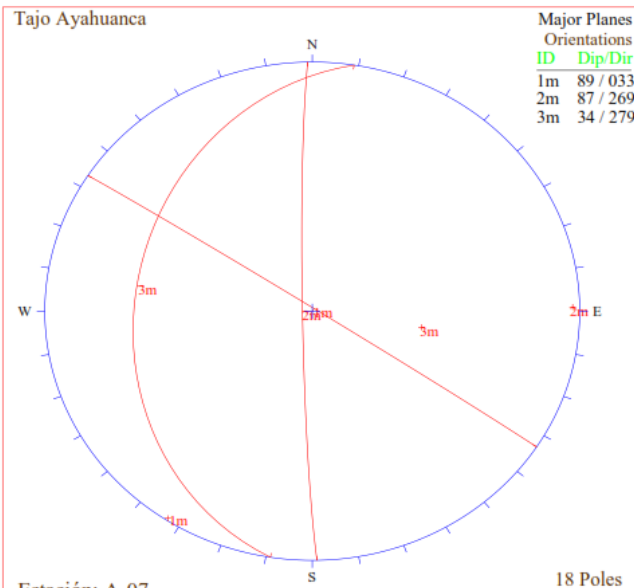
J	RQD	J	RQD
5	91	16	52
6	88	17	48
7	84	18	44
8	81	19	40
9	77	20	37
10	74	21	33
11	70	22	29
12	66	23	26
13	63	24	22
14	59	25	18
15	55	26	15

Major Planes Orientations
 ID Dip/Dir
 1m 62 / 339
 2m 09 / 146
 3m 89 / 049
 4m 67 / 168

Estación: A-06
17 Poles

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica Escuela de Ingeniería de Minas		PROYECTO : Tajo Ayahuanca Ayahuanca				POR : VLM FECHA : 24/09/2018 HOJA : 7 de 14		TRABAJO SUFICIENCIA PROFESIONAL					
COORD. ESTAC.: N: 8343106 E: 615107 Cota: 4147													
Nº ESTACION A-07		ORIENTACION DE LA CARA RUMBO: N35°E BUZAMIENTO: 55°SE		TRAMO DESDE: 0 HASTA: 8		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)							
TIPO DE ROCA Volcanico, And				FRECUENCIA FRACTURA N° Fract. / ml. 10-17		PARAMETRO				RANGO DE VALORES VALOR ESTIMADO		VALORACI.	
A		%		B		%		R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa)		VALOR ESTIMADO		VALORACI.	
100		100		10-17		10-17		10-17		10-17		10	
TIPO		ORIENTACION		RELLENO		CONDICION DE JUNTAS		AGUA SUBTERRANEA		VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =		CLASE DE MACIZO ROCOSO	
F		007		Ox, Arc		1-2 mm		10-17		10-17		10-17	
J		290		Ox		< 1 mm		10-17		10-17		10-17	
J		295		Ox		< 1 mm		10-17		10-17		10-17	
J		268		Ox		< 1 mm		10-17		10-17		10-17	
J		260		Ox		< 1 mm		10-17		10-17		10-17	
J		025		Ox		< 1 mm		10-17		10-17		10-17	
J		030		Ox		< 1 mm		10-17		10-17		10-17	
J		038		Ox		< 1 mm		10-17		10-17		10-17	
J		265		Ox		< 1 mm		10-17		10-17		10-17	
J		272		Ox		< 1 mm		10-17		10-17		10-17	
J		124		Ox		< 1 mm		10-17		10-17		10-17	
J		100		Ox		< 1 mm		10-17		10-17		10-17	
J		260		Ox		< 1 mm		10-17		10-17		10-17	
J		230		Ox		< 1 mm		10-17		10-17		10-17	
J		035		Ox		< 1 mm		10-17		10-17		10-17	
J		215		Ox		< 1 mm		10-17		10-17		10-17	
J		275		Ox		< 1 mm		10-17		10-17		10-17	
ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		ABREVIACION TIPO DE ESTRUCTURAS		INDICE DE RESISTENCIAS		IDENTIFICACION DE CAMPO		RANGO RESIS. COMP. (MPa)		CLASE DE MACIZO ROCOSO		DESCRIPCION	
And Andesita		J Junta Dq Dique		R1 Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo, se desconcha con una cuchilla		R2 Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)		1,0 - 5,0		III A		I Muy Buena	
Alteracion 5. Alunitica		Fn Falla SH Dique Corte		R3 No se raya con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo		R4 La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo		5 - 25		III B Regular B		II Buena	
ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO		ABREVIACION DEL ESPACIAMIENTO		R5 Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra		R6 Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo		25 - 50		IV A Mala A		III A Regular A	
Ox Oxo Py Pirita		1 > 2 m		R2 Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)		R3 No se raya con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo		50 - 100		IV B Mala B		III B Regular B	
Arc Arcilla Li Limos		2 0.6 - 2 m		R4 La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo		R5 Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra		100 - 250		V Muy Mala		III B Regular B	
Cb Carbonatos Si Silice		3 0.2 - 0.6 m		R6 Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo		R7 Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo		> 250		V Muy Mala		III B Regular B	
GG Gouge		4 0.06 - 0.2 m		R8 Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo		R9 Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo		> 250		V Muy Mala		III B Regular B	
GG Gouge		5 < 0.06 m		R10 Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo		R11 Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo		> 250		V Muy Mala		III B Regular B	

Tilt Test	β (°)	Jr
1		
2		



∞

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica Escuela de Ingeniería de Minas		PROYECTO : Tajo Ayahuanca Ayahuanca				POR : VLM FECHA : 24/09/2018 HOJA : 9 de 14		TRABAJO SUFICIENCIA PROFESIONAL							
		COORD. ESTAC.: N: 83432104 E: 615234 Cota: 4166													
		Nº ESTACION A-09		ORIENTACION DE LA CARA RUMBO: N10°E BUZAMIENTO: 75°NW		TRAMO DESDE: 0 HASTA: 5		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)							
TIPO DE ROCA A Volcanico And 100% B 12-16						FRECUENCIA FRACTURA N° Fract. / ml.									
TIPO ESTRUCT. DIRECCION BUZ. BUZAMIENTO		ESPACIAMIENTO TIPO ESPESOR		RELLENO Comentarios		PARAMETRO R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa)		RANGO DE VALORES VALOR ESTIMADO						VALORACI.	
J 270 68 4 Ox <1 mm		J 278 84 4 Ox <1 mm		J 072 67 4 Ox <1 mm		R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa)		>250 (15) 100-250 (12) X 50-100 (7) 25-50 (4) <25(2) <5(1) <1(0) 1 9						13	
J 083 88 4 Ox <1 mm		J 190 78 3 Ox <1 mm		J 172 88 4 Ox <1 mm		RQD %		90-100 (20) 75-90 (17) X 50-75 (13) 25-50 (6) <25 (3) 2 13						9	
J 135 63 4 Pat.Ox -		J 185 74 4 Pat.Ox -		J 190 72 4 Pat.Ox -		ESPACIAMIENTO (m)		>2 (20) 0.6-2 (15) X 0.2-0.6 (10) X 0.06-0.2 (8) <0.06 (5) 3 9						1	
J 152 15 5 Ox <1 mm		J 145 73 3 Pat.Ox -		J 125 70 4 Pat.Ox -		CONDICION DE JUNTAS		<1m long. (6) 1-3 m Long. (4) 3-10m (2) X 10-20 m (1) >20 m (0) 4A 1						4	
J 130 65 3 Ox <1 mm		J 145 73 3 Pat.Ox -		J 125 70 4 Pat.Ox -		PERSISTENCIA		Cerrada (6) <0.1mm apert. (5) X 0.1-1.0mm (4) 1-5 mm (1) >5 mm (0) 4B 4						2	
J 145 73 3 Pat.Ox -		J 125 70 4 Pat.Ox -		J 125 70 4 Pat.Ox -		RUGOSIDAD		Muy rugosa (6) Rugosa (5) X Lig. rugosa (3) X Lisa (1) Espejo de falla (0) 4C 2						5	
J 035 78 4 Pat.Ox -		J 040 76 4 Pat.Ox -		J 135 63 4 Pat.Ox -		RELLENO		Limpia (6) Duro < 5mm (4) Duro > 5mm (2) X Suave < 5 mm (2) Suave > 5 mm (0) 4D 2						10	
J 040 76 4 Pat.Ox -		J 135 63 4 Pat.Ox -		J 185 74 4 Pat.Ox -		ALTERACION		Sana (6) X Lig. Alterada. (5) Mod. Alterada. (3) Muy Alterada. (2) Descompuesta (0) 4E 5							
J 185 74 4 Pat.Ox -		J 190 72 4 Pat.Ox -		J 190 72 4 Pat.Ox -		AGUA SUBTERRANEA		Seco (15) X Humedo (10) Mojado (7) Goteo (4) Flujo (0) 5 10							
J 190 72 4 Pat.Ox -		J 190 72 4 Pat.Ox -		J 190 72 4 Pat.Ox -		VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 55									
J 190 72 4 Pat.Ox -		J 190 72 4 Pat.Ox -		J 190 72 4 Pat.Ox -		CLASE DE MACIZO ROCOSO									
J 190 72 4 Pat.Ox -		J 190 72 4 Pat.Ox -		J 190 72 4 Pat.Ox -		RMR 100 - 81 80 - 61 60 - 51 50 - 41 40 - 31 30 - 21 20 - 0 III A									
J 190 72 4 Pat.Ox -		J 190 72 4 Pat.Ox -		J 190 72 4 Pat.Ox -		DESCRIPCION I Muy Buena II Buena IIIA Regular A IIIB Regular B IVA Mala A IVB Mala B V Muy Mala									

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA And Andesita				ABREVIACION TIPO DE ESTRUCTURAS J Junta Dq Dique Fn Falla SH Dique Ct Contacto Corte mF micro falla			
--	--	--	--	--	--	--	--

ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO Ox Oxido Py Pirita Arc Arcilla Li Limos Cb Carbonatos Si Silice GG Gouge				ABREVIACION DEL ESPACIAMIENTO 1 > 2 m 2 0.6 - 2 m 3 0.2 - 0.6 m 4 0.06 - 0.2 m 5 < 0.06 m	
--	--	--	--	---	--

GRADO	INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPO	RANGO RESIS. COMP. (MPa)
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo, se desconcha con una cuchilla	1,0 - 5,0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se raya con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250
R6	Solo se rompe esquinas de la muestra con el martillo	> 250

Tilt Test	β (°)	Jr
1	-	-
2	-	-

Estación: A-09
19 Poles

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica Escuela de Ingeniería de Minas		PROYECTO : Tajo Ayahuanca Ayahuanca				POR : VLM FECHA : 24/09/2018 HOJA : 10 de 14		TRABAJO SUFICIENCIA PROFESIONAL							
COORD. ESTAC.: N: 8343132 E: 615253 Cota: 4178															
Nº ESTACION A-10		ORIENTACION DE LA CARA RUMBO: N15°E BUZAMIENTO: 65°W		TRAMO DESDE: 0 HASTA: 8		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)									
TIPO DE ROCA A Volcanico And 100				FRECUENCIA FRACTURA N° Fract. / m: 10-16		PARAMETRO				RANGO DE VALORES VALOR ESTIMADO				VALORACI.	
R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa)		>250 (15)		100-250 (12)		X 50-100 (7)		25-50 (4)		<25(2) <5(1) <1(0)		1 9			
RQD %		90-100 (20)		75-90 (17)		X 50-75 (13)		X 25-50 (6)		<25 (3)		2 10			
ESPACIAMIENTO (m)		>2 (20)		0.6-2 (15)		X 0.2-0.6 (10)		X 0.06-0.2 (8)		< 0.06 (5)		3 9			
CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m Long. (6)		1-3 m Long. (4)		X 3-10m (2)		10-20 m (1)		> 20 m (0)		4A 2			
	ABERTURA	Cerrada (6)		<0.1mm apert. (5)		X 0.1-1.0mm (4)		> 5 mm (1)		> 5 mm (0)		4B 4			
	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)		Rugosa (5)		X Lig. rugosa (3)		Lig. (1)		Espejo de falla (0)		4C 3			
	RELLENO	Limpia (6)		Duro < 5mm (4)		X Duro > 5mm (2)		Suave < 5 mm (2)		Suave > 5 mm (0)		4D 2			
	ALTERACION	Sana (6)		X Lig. Alterada. (5)		Mod. Alterada. (3)		Muy Alterada. (2)		Descompuesta (0)		4E 5			
AGUA SUBTERRANEA		Seco (15)		Humedo (10)		Mojado (7)		Goteo (4)		Flujo (0)		5 10			
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 54															
CLASE DE MACIZO ROCOSO															
RMR		100 - 81		80 - 61		60 - 51		50 - 41		40 - 31		30 - 21		20 - 0	
DESCRIPCION		I Muy Buena		II Buena		IIIA Regular A		IIIB Regular B		IVA Mala A		IVB Mala B		V Muy Mala	
III A															

TIPO ESTRUc.		ORIENTACION DIRECCION BUZ. BUZAMIENTO		ESPACIAMIENTO		RELLENO TIPO ESPESOR		Comentarios	
J	195	63	3	Ox	< 1 mm				
J	225	70	3	Ox	< 1 mm				
J	230	70	3	Ox	< 1 mm				
J	195	50	4	Ox	< 1 mm				
J	030	76	4	Ox	< 1 mm				
J	005	85	4	Ox	< 1 mm				
J	010	88	4	Ox	< 1 mm				
J	185	86	4	Ox	< 1 mm				
J	345	72	4	Ox	< 1 mm				
J	245	67	3	Ox	< 1 mm				
J	265	56	3	Ox	< 1 mm				
J	270	60	4, 5	Ox	< 1 mm				
J	270	87	4	Ox	< 1 mm				
J	138	36	4	Ox	< 1 mm				
J	110	33	4	Ox	< 1 mm				

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA And Andesita				ABREVIACION TIPO DE ESTRUCTURAS J Junta Dq Dique Fn Falla SH Corte Ct Contacto mF micro falla			
--	--	--	--	--	--	--	--

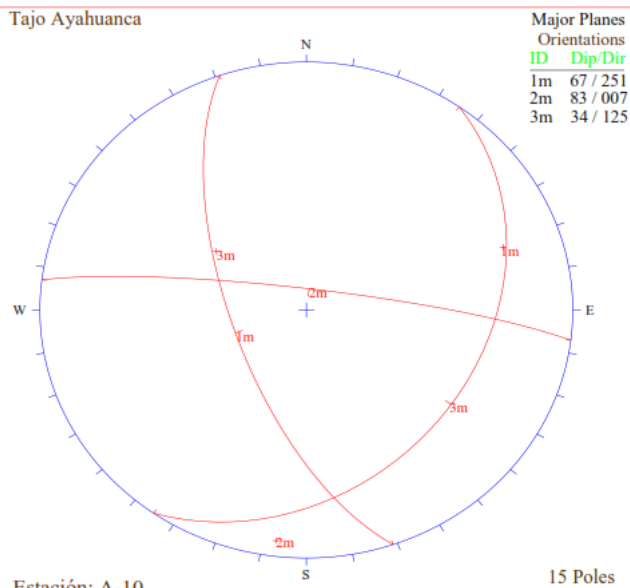
Alteracion 5. Alunitica			
ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO Ox Oxido Py Pirita Arc Arcilla Li Limos Cb Carbonatos Si Silice GG Gouge			
ABREVIACION DEL ESPACIAMIENTO 1 > 2 m 2 0.6 - 2 m 3 0.2 - 0.6 m 4 0.06 - 0.2 m 5 < 0.06 m			

GRADO	INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPO	RANGO RESIS. COMP. (MPa)
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo, se desconcha con una cuchilla	1,0 - 5,0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se raya con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	> 250

Tilt Test

1	β (°)	Jr
2		

J	RQD	J	RQD
5	91	16	52
6	88	17	48
7	84	18	44
8	81	19	40
9	77	20	37
10	74	21	33
11	70	22	29
12	66	23	26
13	63	24	22
14	59	25	18
15	55	26	15

Tajo Ayahuanca


Major Planes Orientations
 1m 67 / 251
 2m 83 / 007
 3m 34 / 125

Estación: A-10 15 Poles

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica Escuela de Ingeniería de Minas		PROYECTO : Tajo Ayahuanca Ayahuanca				POR : VLM FECHA : 24/09/2018 HOJA : 11 de 14		TRABAJO SUFICIENCIA PROFESIONAL							
		COORD. ESTAC.: N: 8343178 E: 615263 Cota: 4180													
		Nº ESTACION A-11		ORIENTACION DE LA CARA RUMBO: NS BUZAMIENTO: 75°W		TRAMO DESDE: 0 HASTA: 10		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)							
TIPO DE ROCA A: Volcanico, And %: 100 B: %: 11-17						FRECUENCIA FRACTURA N° Fract. / m: 11-17									
PARAMETRO						RANGO DE VALORES VALOR ESTIMADO						VALORACI.			
R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa)						>250 (15) 100-250 (12) X 50-100 (7) 25-50 (4) <25(2) <5(1) <1(0) 1 8									
RQD %						90-100 (20) 75-90 (17) X 50-75 (13) X 5-50 (6) <25 (3) 2 9									
ESPACIAMIENTO (m)						>2 (20) 0.6-2 (15) 0.2-0.6 (10) X 0.06-0.2 (8) < 0.06 (5) 3 8									
CONDICION DE JUNTAS PERSISTENCIA: <1m long. (6) 1-3 m Long. (4) 3-10m (2) X 10-20 m (1) > 20 m (0) 4A 1 ABERTURA: Cerrada (6) <0.1mm apert. (5) X 0.1-1.0mm (4) 1-5 mm (1) > 5 mm (0) 4B 4 RUGOSIDAD: Muy rugosa (6) Rugosa (5) X Lig. rugosa (3) Lisa (1) Espejo de falla (0) 4C 3 RELLENO: Limpia (6) Duro < 5mm (4) Duro > 5mm (2) X Suave < 5 mm (2) Suave > 5 mm (0) 4D 2 ALTERACION: Sana (6) X Lig. Alterada. (5) Mod. Alterada. (3) Muy Alterada. (2) Descompuesta (0) 4E 5						AGUA SUBTERRANEA						Seco (15) XX Humedo (10) Mojado (7) Goleo (4) Flujo (0) 5 10			
						VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 50									
						CLASE DE MACIZO ROCOSO									
						RMR						100 - 81 80 - 61 60 - 51 50 - 41 40 - 31 30 - 21 20 - 0		III B	
						DESCRIPCION						I Muy Buena II Buena IIIA Regular A IIIB Regular B IVA Mala A IVB Mala B V Muy Mala			
TIPO DE ROCA And Andesita						ABREVIACION TIPO DE ESTRUCTURAS J Junta Dq Dique Fn Falla SH Corte Ct Contacto mF micro falla									
ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO Ox Oxido Py Pirita Arc Arcilla Li Limos Cb Carbonatos Si Silice GG Gouge						ABREVIACION DEL ESPACIAMIENTO 1 > 2 m 2 0.6 - 2 m 3 0.2 - 0.6 m 4 0.06 - 0.2 m 5 < 0.06 m									
INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPO						RANGO RESIS. COMP. (MPa)									
R1 Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo, se desconcha con una cuchilla						1,0 - 5,0									
R2 Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)						5 - 25									
R3 No se raya con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo						25 - 50									
R4 La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo						50 - 100									
R5 Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra						100 - 250									
R6 Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo						> 250									

Tilt Test	β (°)	Jr
1		
2		

J	RQD	J	RQD
5	91	16	52
6	88	17	48
7	84	18	44
8	81	19	40
9	77	20	37
10	74	21	33
11	70	22	29
12	66	23	26
13	63	24	22
14	59	25	18
15	55	26	15

Tajo Ayahuanca

Estación: A-11
13 Poles

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica Escuela de Ingeniería de Minas		PROYECTO : Tajo Ayahuanca Ayahuanca				POR : VLM FECHA : 24/09/2018 HOJA : 12 de 14		TRABAJO SUFICIENCIA PROFESIONAL					
COORD. ESTAC.: N: 8343286 E: 615178 Cota: 4173		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)											
Nº ESTACION A -12		ORIENTACION DE LA CARA RUMBO: N60°E BUZAMIENTO: 85°SW		TRAMO DESDE: 0 HASTA: 15									
TIPO DE ROCA A: Volcanico, And B: 100 %						FRECUENCIA FRACTURA N° Fract. / ml. 12-16		PARAMETRO		RANGO DE VALORES VALOR ESTIMADO		VALORACI.	
TIPO ESTRU. DIRECCION BUZ. BUZAMIENTO ESPACIAMIENTO TIPO ESPESOR Comentarios						R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa) >250 (15) 100-250 (12) X 50-100 (7) 25-50 (4) <25(2) <5(1) <1(0) 1 8		RQD % 90-100 (20) 75-90 (17) X 50-75 (13) X 25-50 (8) <25 (3) 2 10		ESPACIAMIENTO (m) >2 (20) 0.6-2 (15) X 0.2-0.6 (10) X 0.06-0.2 (8) < 0.06 (5) 3 9			
CONDICION DE JUNTAS PERSISTENCIA: <1m long. (6) 1-3 m Long. (4) 3-10m (2) X 10-20 m (1) > 20 m (0) 4A 1 ABERTURA: Cerrada (6) <0.1mm apert. (5) X 0.1-1.0mm (4) > 5 mm (0) 4B 4 RUGOSIDAD: Muy rugosa (6) Rugosa (5) X Lig. rugosa (3) Lisa (1) Espejo de falla (0) 4C 3 RELLENO: Limpia (6) Duro < 5mm (4) Duro > 5mm (2) Suave < 5 mm (2) Suave > 5 mm (0) 4D 6 ALTERACION: Sana (6) X Lig. Alterada. (5) Mod. Alterada. (3) Muy Alterada. (2) Descompuesta (0) 4E 5						AGUA SUBTERRANEA Seco (15) X Humedo (10) Mojado (7) Goteo (4) Flujo (0) 5 10		VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 56					
CLASE DE MACIZO ROCOSO RMR: 100 - 81 80 - 61 60 - 51 50 - 41 40 - 31 30 - 21 20 - 0 III A						DESCRIPCION I Muy Buena II Buena IIIA Regular A IIIB Regular B IVA Mala A IVB Mala B V Muy Mala							
ABREVIACION DE TIPO DE ROCA And Andesita						ABREVIACION TIPO DE ESTRUCTURAS J Junta Dq Dique Fn Falla SH Corte Ct Contacto mF micro falla		Tilt Test 1 β (°) Jr 2		Major Planes Orientations ID Dip/Dir 1m 74 / 286 2m 68 / 058 3m 73 / 153			
Alteracion 5. Alunitica ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO Ox Oxido Py Pirita Arc Arcilla Li Limos Cb Carbonatos Si Silice GG Gouge						GRADO R1 Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo, se desconcha con una cuchilla R2 Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta) R3 No se raya con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo R4 La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo R5 Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra R6 Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo		RANGO RESIS. COMP. (MPa) 1.0 - 5.0 5 - 25 25 - 50 50 - 100 100 - 250 > 250					
ABREVIACION DEL ESPACIAMIENTO 1 > 2 m 2 0.6 - 2 m 3 0.2 - 0.6 m 4 0.06 - 0.2 m 5 < 0.06 m						Estación: A-12		19 Poles					

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica Escuela de Ingeniería de Minas		PROYECTO : Tajo Ayahuanca Ayahuanca				POR : VLM FECHA : 24/09/2018 HOJA : 13 de 14		TRABAJO SUFICIENCIA PROFESIONAL					
		COORD. ESTAC.: N: 8343282 E: 615156 Cota: 4176				VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)							
Nº ESTACION A-13		ORIENTACION DE LA CARA RUMBO: N80°W BUZAMIENTO: 80°SW		TRAMO DESDE: 0 HASTA: 10		PARAMETRO							
TIPO DE ROCA Volcanico, And		% 100		B % 10.-16									
TIPO ESTRU.		ORIENTACION DIRECCION BUZ. BUZAMIENTO		RELLENO ESPACIAMIENTO TIPO ESPESOR		Comentarios		RANGO DE VALORES VALOR ESTIMADO					
J 255 77 3 Pat. Ox - J 260 74 3 Pat. Ox - J 263 70 3 Pat. Ox - J 248 73 3 Pat. Ox - J 002 72 3 Pat. Ox - J 357 78 3 Pat. Ox - J 145 74 3 Pat. Ox - J 235 87 3 Pat. Ox - J 297 33 3 Pat. Ox - J 302 24 3 Pat. Ox - J 344 43 4 Pat. Ox - J 005 10 4 Pat. Ox - J 350 30 4 Pat. Ox -		R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa) RQD % ESPACIAMIENTO (m)		VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 58									
ABREVIACION DE TIPO DE ROCA And Andesita		ABREVIACION TIPO DE ESTRUCTURAS J Junta Dq Dique Fn Falla SH Corte Ct Contacto mF micro falla		INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPO		CLASE DE MACIZO ROCOSO DESCRIPCION I Muy Buena II Buena IIIA Regular A IIIB Regular B IVA Mala A IVB Mala B V Muy Mala							
Alteracion 5. Alunitica		Alteracion 5. Alunitica		RMR 100 - 81 80 - 61 60 - 51 50 - 41 40 - 31 30 - 21 20 - 0									
ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO Ox Oxido Py Pirita Arc Arcilla Li Limos Cb Carbonatos Si Silice GG Gouge		ABREVIACION DEL ESPACIAMIENTO 1 > 2 m 2 0.6 - 2 m 3 0.2 - 0.6 m 4 0.06 - 0.2 m 5 < 0.06 m		GRADO R1 R2 R3 R4 R5 R6 Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo, se desconcha con una cuchilla Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta) No se raya con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo		Tajo Ayahuanca Major Planes Orientations ID Dip/Dir 1m 76 / 252 2m 26 / 329 3m 75 / 359 Estación: A-13 13 Poles							
1 > 2 m 2 0.6 - 2 m 3 0.2 - 0.6 m 4 0.06 - 0.2 m 5 < 0.06 m		1 > 2 m 2 0.6 - 2 m 3 0.2 - 0.6 m 4 0.06 - 0.2 m 5 < 0.06 m		1 > 2 m 2 0.6 - 2 m 3 0.2 - 0.6 m 4 0.06 - 0.2 m 5 < 0.06 m									

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica Escuela de Ingeniería de Minas		PROYECTO : Tajo Ayahuanca Ayahuanca				POR : VLM FECHA : 24/09/2018 HOJA : 14 de 14		TRABAJO SUFICIENCIA PROFESIONAL															
		COORD. ESTAC.: N: 8343267 E: 615109 Cota: 4171																					
Nº ESTACION A-14		ORIENTACION DE LA CARA RUMBO: N70°E BUZAMIENTO: 85°NW		TRAMO DESDE: 0 HASTA: 8		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)																	
TIPO DE ROCA Volcanico, And 100				FRECUENCIA FRACTURA N° Fract. / m: 16 / 19		PARAMETRO				RANGO DE VALORES VALOR ESTIMADO				VALORACI.									
A		%		B		%		R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa)		>250 (15)		100-250 (12)		X 50-100 (7)		25-50 (4)		<25(2) <5(1) <1(0)		1		7	
J		140		82		4,5		RQD %		90-100 (20)		75-90 (17)		X 50-75 (13)		X 25-50 (8)		<25 (3)		2		9	
J		136		77		4,5		ESPACIAMIENTO (m)		>2 (20)		0.6-2 (15)		0.2-0.6 (10)		X 0.06-0.2 (8)		< 0.06 (5)		3		8	
J		220		84		4,5		CONDICION DE JUNTAS		PERSISTENCIA <1m long. (6)		1-3 m Long. (4)		X 3-10m (2)		10-20 m (1)		> 20 m (0)		4A		2	
J		210		77		4,5		PERSISTENCIA		Cerrada (6)		<0.1mm apert. (5)		X 0.1-1.0mm (4)		> 5 mm (1)		> 5 mm (0)		4B		4	
J		232		75		4,5		RUGOSIDAD		Muy rugosa (6)		Rugosa (5)		X Lig. rugosa (3)		Lisa (1)		Espejo de falla (0)		4C		2	
J		210		88		4,5		RELLENO		Limpia (6)		Duro < 5mm (4)		X Duro > 5mm (2)		Suave < 5 mm (2)		Suave > 5 mm (0)		4D		2	
J		245		27		4,5		ALTERACION		Sana (6)		X Lig. Alterada. (5)		Mod. Alterada. (3)		Muy Alterada. (2)		Descompuesta (0)		4E		5	
J		205		44		4,5		AGUA SUBTERRANEA		Seco (15)		Humedo (10)		Mojado (7)		Goteo (4)		Flujo (0)		5		10	
J		304		18		4,5		VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5)														49	
J		190		25		4,5		CLASE DE MACIZO ROCOSO														III B	
J		170		25		4,5		RMR		100 - 81		80 - 61		60 - 51		50 - 41		40 - 31		30 - 21		20 - 0	
J		195		15		4,5		DESCRIPCION		I Muy Buena		II Buena		IIIA Regular A		IIIB Regular B		IVA Mala A		IVB Mala B		V Muy Mala	
J		080		84		4,5																	

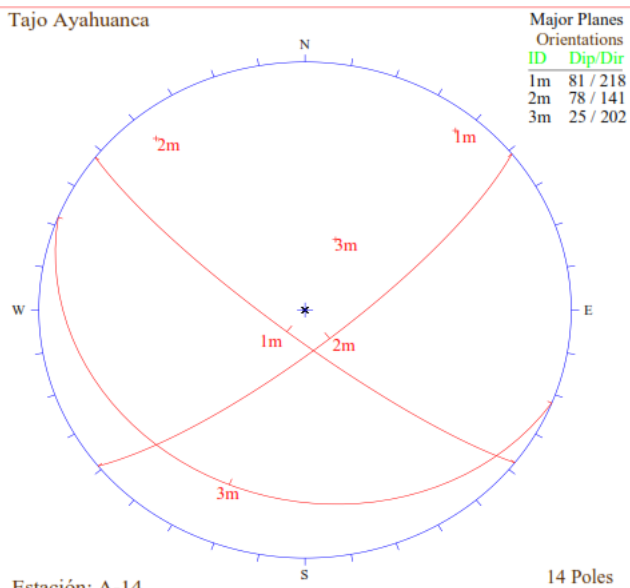
ABREVIACION DE TIPO DE ROCA And Andesita				ABREVIACION TIPO DE ESTRUCTURAS J Junta Dq Dique Fn Falla SH Corte Ct Contacto mF micro falla			
--	--	--	--	--	--	--	--

ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO Ox Oxido Py Pirita Arc Arcilla Li Limos Cb Carbonatos Si Silice GG Gouge			
--	--	--	--

ABREVIACION DEL ESPACIAMIENTO 1 > 2 m 2 0.6 - 2 m 3 0.2 - 0.6 m 4 0.06 - 0.2 m 5 < 0.06 m			
---	--	--	--

GRADO		INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPO		RANGO RESIS. COMP. (MPa)
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo, se desconcha con una cuchilla			1,0 - 5,0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)			5 - 25
R3	No se raya con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo			25 - 50
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo			50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra			100 - 250
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo			> 250

Tajo Ayahuanca



Major Planes Orientations
 ID Dip/Dir
 1m 81 / 218
 2m 78 / 141
 3m 25 / 202

Estación: A-14 14 Poles

Anexo 2: Logueo geotécnico de sondajes orientados

LOGUEO GEOTÉCNICO DE SUELO																																																	
IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO					SISTEMA DE COORDENADAS (UTM)					ORIENTACIÓN DEL COLLAR					DATOS DEL SONDAJE																																		
UNIDAD MINERA:					APUMAYO					DATUM:					WGS84					DIRECCIÓN:					N224°					NOMBRE DEL SONDAJE:					AYA-DH-01					FECHA INICIO:					21/09/2018				
PROYECTO:					TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL					NORTE:					8343266.701					INCLINACIÓN:					45°					ESTRUCTURA:					Tajo Ayahuanka					FECHA TÉRMINO:					29/09/2018				
										ESTE:					615036.332					TIPO BROCA:					HCL3					NIVEL DEL AGUA (m):					137.48m					REGISTRADO:					V. Ludeña				
										ELEVACIÓN:					4146.018					DIAMETRO:					96mm					PROFUNDIDAD FINAL (m):					190.00m					N° PROYECTO:					AYA-DH-01				
N° de Corrida	Profundidad (m)	Recuperación	Tipo de Suelo	Muestreo	Plasticidad				Consistencia				Compacidad				Humedad					Color	40 m	Estructura				Grano de arena			Forma - Tam Máx. de Grava				Bloques y Bolonería		Porcentajes (%)				Zonificación por alteraciones								
					1. nula	2. baja	3. media	4. alta	1. muy blanda	2. blanda	3. firme	4. rígida	5. muy rígida	6. dura	1. muy suelta	2. suelta	3. medianamente densa	4. densa	5. muy densa	1. seca	2. ligeramente húmeda			3. húmeda	4. muy húmeda	5. saturada	1. estratificada	2. laminada	3. fisurada	4. homogénea	1. fino	2. medio	3. grueso	Forma		Tamaño máximo (")	Tamaño máximo (") de Bloques	Tamaño máximo (") de Bolonería	1. Bolonería y bloques	2. Grava		3. Arena	4. Finos						
																																		1. angulosa	2. subangulosa									3. subredondeada	4. redondeada				
1	0.00	88%	SM		X	X										X						Marron		X				X	X	X		X			1.5"				5-10%	60.00	30.00	Alteración argilica							
	0.80			Depósito coluvial: Arena limosa.																																													
2 a 6	0.80	90%	CL-CH				X	X				X							X			Pardo amarillento a pardo rojizo		X	X						X			1"				2.00	28.00	70.00									
	3.40			Depósito coluvial/Suelo residual: Arcilla arenosa.																																													
7 a 10	3.40	100%	CL			X	X				X		X						X			Marrón Parduzco		X				X									0.00	40.00	60.00										
	5.50			Suelo residual: Arcillosa limosa/ arcilla arenosa.																																													
11 a 14	5.50	60%	SM		X											X				X		Pardo amarillento		X				X	X			X			2"				10.00	60.00	30.00								
	8.70			Suelo residual: Arena limosa.																																													
14 a 19	8.70	50%	CL/SC				X			X	X		X						X			Marron parduzco de matriz		X				X	X								0.00	45.00	55.00										
	13.90			Suelo residual: Arcilla arenosa con intercalaciones de arcilla arenosa.																																													
20 a 22	13.90	81%	SC/CL			X	X					X				X				X		Marron con tonos parduzcos		X	X			X	X			X			2"				5.00	45.00	55.00								
	18.20			Suelo residual: Arena arcillosa/ arcilla arenosa.																																													

LOGUEO GEOTÉCNICO DE SUELO

IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO			SISTEMA DE COORDENADAS (UTM)			ORIENTACIÓN DEL COLLAR			DATOS DEL SONDAJE		
UNIDAD MINERA:	APUMAYO		DATUM:	WGS84		DIRECCIÓN:	N224°		NOMBRE DEL SONDAJE:	AYA-DH-01	FECHA INICIO:
PROYECTO:	TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL		NORTE:	9 343 266.70		INCLINACIÓN:	43°		ESTRUCTURA:	Tajo Ayahuasca	FECHA TÉRMINO:
			ESTE:	015 058.33		TIPO BROCA:	HQ3		NIVEL DEL AGUA (m):	137.48m	REGISTRADO:
			ELEVACIÓN:	4 146.02		DIÁMETRO:	90mm		PROFUNDIDAD FINAL (m):	190.00m	N° PROYECTO:
											AYA-DH-01

N° de Corrida	Profundidad (m)	Recuperación	Tipo de Suelo	Muestreo	Plasticidad				Consistencia						Compacidad					Humedad					Color	40 m	Estructura				Grano de arena			Forma - Tam Máx. de Grava				Bloques y Bolonería		Porcentajes (%)				Zonificación por alteraciones																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
					IP: 0	IP: 1 - 7	IP: 7 - 14	IP: > 14	1. muy blanda	2. blanda	3. firme	4. rígida	5. muy rígida	6. dura	1. muy suelta	2. suelta	3. medianamente densa	4. densa	5. muy densa	1. seca	2. ligeramente	3. húmeda	4. muy húmeda	5. saturada			1. estratificada	2. laminada	3. fisurada	4. homogénea	1. fino	2. medio	3. grueso	1. angulosa	2. subangulosa	3. subredondeada	4. redondeada	Tamaño máximo (")	Tamaño máximo (") de Bloques	Tamaño máximo (") de Bolonería	1. Bolonería y bloques	2. Grava	3. Arena		4. Finos																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
																																														Finos				Granulares					Humedad					Forma																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
23 a 24	18.20	88%	GC			X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																

LOGUEO GEOTÉCNICO DE ROCA

IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO				SISTEMA DE COORDENADAS (UTM)				ORIENTACIÓN DEL COLLAR				DATOS DEL SONDAJE			
UNIDAD MINERA:				DATUM:				DIRECCIÓN:				NOMBRE DEL SONDAJE:			
PROYECTO:				NORTE:				INCLINACIÓN:				ESTRUCTURA:			
				ESTE:				TIPO BROCA:				NIVEL DEL AGUA (m):			
				ELEVACIÓN:				DIÁMETRO:				PROFUNDIDAD FINAL (m):			
APUMAYO				WGS84				N224°				AYA-DH-01			
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL				8 343 266.70				45°				Tajo Ayahuanca			
				615 058.33				HQ2				137.48m			
				4 146.02				96 mm				190.00 m			
												FECHA INICIO:			
												21/09/2018			
												FECHA TÉRMINO:			
												29/09/2018			
												REGISTRADO:			
												V. Ludeña			
												N° PROYECTO:			
												AYA-DH-01			

PARAMETROS DEL RMR (1989)																	VALORACIÓN DEL RMR (1989)												Zonificación por alteración	COMENTARIOS																																										
N° DE CORRIEDA	DESDE (m)	HASTA (m)	AVANCE (m)	LITOLOGÍA	RECUPERACIÓN (m)	RECUPERACIÓN (%)	RQD (m)	RQD (%)	N° JUNTAS POR CORRIEDA	RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (R _i)	ESPACIAMIENTO (m)	CORE ORIENTADO					ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES					CONDICIÓN DEL AGUA (valoración)	MATERIAL DE RELLENO 1	MATERIAL DE RELLENO 2	MATERIAL DE RELLENO 3	RMR (1) RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA	RMR (2) RQD	RMR (3) ESPACIAMIENTO			ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES					RMR (4-5) AGUA	RMR, 1989 (RÍSG-CO)	CALIDAD DE LA ROCA																																		
												TIPO DE ESTRUCTURA	PROFUNDIDAD DE LA ESTRUCTURA (m)	Ángulo Alfa (°)	Ángulo Beta (°)	DUREZA O RESISTENCIA DE MARTILLO PROMEDIO (RL)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUGOSIDAD (valoración)	RELLENO (valoración)	ALTERACIÓN (valoración)										RMR (4-1) PERSISTENCIA	RMR (4-2) APERTURA	RMR (4-3) RUGOSIDAD	RMR (4-4) RELLENO	RMR (4-5) ALTERACIÓN																																					
49	39.00	40.20	1.20	DACITA	0.70	58.3	0.00	0	20	1	0.03	-	-	-	-	15.00	5.00	3	2	1	7	Ox	Sd	-	1	0	5	1	1	3	2	1	7	21	MALA	Roca mala, moderadamente alterada, muy fracturada, húmedo, color gris con óxidos, las juntas ligeramente rugosas, rellenas de óxidos y arena.																																				
50	40.20	40.90	0.70	DACITA	0.40	57.1	0.00	0	20	1	0.02	-	-	-	-	15.00	5.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-	1	0	5	1	1	3	2	3	7	23	MALA																																					
51	40.90	41.40	0.50	DACITA	0.25	50.0	0.00	0	10	2	0.02	-	-	-	-	15.00	5.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-	2	0	5	1	1	3	2	3	7	24	MALA																																					
52	41.40	42.10	0.70	DACITA	0.35	50.0	0.14	20	10	4	0.03	-	-	-	40	10.00	5.00	3	2	3	7	Ox	-	-	7	3	5	1	1	3	2	3	7	32	MALA																																					
53	42.10	43.50	1.40	DACITA	0.90	64.3	0.00	0	10	3	0.08	-	-	-	-	10.00	5.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-	4	0	8	1	1	3	2	3	7	29	MALA																																					
54	43.50	44.30	0.80	DACITA	0.80	100.0	0.00	0	10	3	0.07	-	-	-	-	10.00	5.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-	4	0	8	1	1	3	2	3	7	29	MALA																																					
55	44.30	45.20	0.90	DACITA	0.90	100.0	0.00	0	10	3	0.08	-	-	-	-	10.00	5.00	3	2	3	7	Ox	-	-	4	0	8	1	1	3	2	3	7	29	MALA																																					
56	45.20	46.80	1.60	DACITA	1.60	100.0	0.45	28	10	4	0.15	-	-	-	49	10.00	5.00	3	2	3	7	Ox	-	-	7	6	8	1	1	3	2	3	7	38	MALA																																					
57	46.80	47.40	0.60	DACITA	0.60	100.0	0.10	17	10	4	0.05	-	-	-	44	10.00	5.00	3	2	3	7	Ox	-	-	7	3	5	1	1	3	2	3	7	32	MALA																																					
58	47.40	48.20	0.80	DACITA	0.80	100.0	0.28	35	10	4	0.07	-	-	-	38	10.00	5.00	3	2	3	7	Ox	-	-	7	6	8	1	1	3	2	3	7	38	MALA																																					
59	48.20	49.40	1.20	DACITA	1.20	100.0	0.12	10	10	4	0.11	-	-	-	29	10.00	5.00	3	2	3	7	Ox	-	-	7	3	8	1	1	3	2	3	7	35	MALA																																					
60	49.40	50.10	0.70	DACITA	0.70	100.0	0.00	0	20	3	0.03	-	-	-	-	10.00	5.00	3	2	1	7	Ox	-	-	4	0	5	1	1	3	2	1	7	24	MALA																																					
61	50.10	50.40	0.30	DACITA	0.30	100.0	0.00	0	20	3	0.01	-	-	-	-	10.00	5.00	3	2	1	7	Ox	-	-	4	0	5	1	1	3	2	1	7	24	MALA																																					
62	50.40	51.40	1.00	DACITA	1.00	100.0	0.30	30	10	4	0.09	J	50.57	40	250	27	10.00	5.00	3	2	1	7	Ox	-	-	7	6	8	1	1	3	2	1	7	36		MALA																																			
				DACITA								J	50.66	30	350	27	10.00	5.00	3	2	1	7	Ox	-	-					1	1	3	2	1	7																																					
				DACITA								J	50.78	40	300	27	10.00	5.00	3	2	1	7	Ox	-	-					1	1	3	2	1	7																																					
				DACITA								J	51.15	60	300	27	10.00	5.00	3	2	1	7	Ox	-	-					1	1	3	2	1	7																																					
				DACITA								J	51.25	35	340	27	10.00	1.00	3	2	3	7	Ox	-	-					1	1	3	2	3	7																																					
				DACITA								J	51.35	20	360	27	10.00	1.00	3	2	3	7	Ox	-	-					1	1	3	2	3	7																																					
63	51.40	51.70	0.30	DACITA	0.30	100.0	0.00	0	5	3	0.05	J	-	-	-	-	10.00	1.00	3	2	3	7	Ox	-	-	4	0	5	1	1	3	2	3	7	26	MALA																																				
Tipo de Estructura		Resistencia de la Roca Intacta					RQD					Espaciamento					Persistencia					Apertura					Rugosidad					Relleño					Alteración					Condiciones del agua					Tipo de Relleno																									
Junta	J	El golpe sólo arranca esquirlas					R6	15					90%-100%					20	>200 cm					20	<1 m					6	Muy rugosa					6	Ninguno					6	Inalterada					6	Seco					15	Arcilla					Cl	Ninguna					No						
Corte	SH	Se rompe con muchos golpes(>5)					R5	12					75%-90%					17	60-200 cm					15	1-3m					4	<0.1 mm					5	Rugosa					5	Duro <5 mm					4	Ligeramente Alterada					5	Lig. Húmedo					10	Calcita					Ca	Cuarzo					Qz
Estratíf.	B	Se rompe con varios golpes (5)					R4	7					50%-75%					13	20-600 cm					10	3-10 m					2	0.1-1.0 mm					3	Lig. Rugosa					3	Duro >5 mm					2	Moderadamente Alterada					3	Húmedo					7	Clorita					Ch	Arena					Sd
Venilla	V	Se rompe con un solo golpe					R3	4			4		25%-50%			6	6-20 cm			8	10-20 m			1	1-5 mm			1	Ondulada			1	Blando <5 mm			2	Muy alterada			1	Goteara			4	Óxido			Ox	Alumita			al																				
Falla	F	Deleznable bajo golpes fuertes					R2	2		<25%			3	<6 cm			5	>20 m			0	>5 mm			0	Suave			0	Blando >5 mm			0	Descompuesta			0	Agua fluyendo			0																															

LOGUEO GEOTÉCNICO DE ROCA																																																											
IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO										SISTEMA DE COORDENADAS (UTM)										ORIENTACIÓN DEL COLLAR										DATOS DEL SONDAJE																													
UNIDAD MINERA: APUMAYO										DATUM: WGS84										DIRECCIÓN: N224°										NOMBRE DEL SONDAJE: AYA-DH-01																													
PROYECTO: TRABAJO DE SUFFICIENCIA PROFESIONAL										NORTE: 8 343 266.70										INCLINACIÓN: 45°										ESTRUCTURA: Tajo Ayahuasca																													
										ESTE: 615 058.33										TIPO BROCA: HQ3										NIVEL DEL AGUA (m): 137.48m																													
										ELEVACIÓN: 4 146.02										DIAMETRO: 96 mm										PROFUNDIDAD FINAL (m): 190.00 m																													
																														FECHA INICIO: 21/09/2018																													
																														FECHA TÉRMINO: 29/09/2018																													
																														REGISTRADO: V. Ludeña																													
																														N° PROYECTO: AYA-DH-01																													
PARAMETROS DEL RMR (1989)																				VALORACIÓN DEL RMR (1989)																				Zonificación por alteración	COMENTARIOS																		
N° DE CORRIDA	DESE (m)	HASTA (m)	AVANCE (m)	LITOLOGÍA	RECUPERACIÓN (m)	RECUPERACIÓN (%)	RCD (m)	RCD (%)	N° JUNTAS POR CORRIDA	RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (E)	ESPACIAMIENTO (m)	CÓRE ORIENTADO					ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES					RMR (1) RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA	RMR (2) RCD	RMR (3) ESPACIAMIENTO	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES					RMR (5) AGUA	RMR 1989 (BÁSICO)	CALIDAD DE LA ROCA																											
												TIPO DE ESTRUCTURA	PROPENSIONIDAD DE LA ESTRUCTURA (m)	Ángulo Alfa (°)	Ángulo Beta (°)	DUREZA O RESISTENTE DE MARTILLO PROMEDIO (RL)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUGOSIDAD (valoración)	RELLENO (valoración)	ALTERACIÓN (valoración)				MATERIAL DE RELLENO 1	MATERIAL DE RELLENO 2	MATERIAL DE RELLENO 3	RMR (4-1) PERISTENCIA	RMR (4-2) ABERTURA				RMR (4-3) RUGOSIDAD	RMR (4-4) RELLENO	RMR (4-5) ALTERACIÓN																								
64	51.70	52.70	1.00	DACITA	1.00	100.0	0.41	41	10	3	0.09	-	-	-	-	28	10.00	1.00	3	2	3	7	Ox	-	-	4	6	8	1	1	3	2	3	7	35	MALA	Roca mala, moderadamente alterada, muy fracturada a fracturada, húmeda, color gris con óxidos, las juntas ligeramente rugosas, rellenas de óxidos y arena.																						
65	52.70	53.50	0.80	DACITA	0.80	100.0	0.00	0	10	3	0.07	-	-	-	-	28	10.00	1.00	3	2	3	7	Ox	-	-	4	0	8	1	1	3	2	3	7	29	MALA																							
66	53.50	54.20	0.70	DACITA	0.70	100.0	0.13	19	7	3	0.09	-	-	-	-	28	10.00	1.00	3	2	3	7	Ox	-	-	4	3	8	1	1	3	2	3	7	32	MALA																							
67	54.20	54.90	0.70	DACITA	0.70	100.0	0.00	0	10	3	0.06	-	-	-	-	28	10.00	1.00	3	2	3	7	Ox	-	-	4	0	8	1	1	3	2	3	7	29	MALA																							
68	54.90	55.30	0.40	DACITA	0.40	100.0	0.13	33	5	3	0.07	-	-	-	-	32	10.00	1.00	3	2	3	7	Ox	-	-	4	6	8	1	1	3	2	3	7	35	MALA																							
69	55.30	56.30	1.00	DACITA	1.00	100.0	0.00	0	12	3	0.08	-	-	-	-	32	10.00	1.00	3	2	3	7	Ox	-	-	4	0	8	1	1	3	2	3	7	29	MALA																							
70	56.30	57.20	0.90	DACITA	0.90	100.0	0.30	33	10	3	0.08	-	-	-	-	36	10.00	1.00	3	2	3	7	Ox	-	-	4	6	8	1	1	3	2	3	7	35	MALA																							
71	57.20	57.90	0.70	DACITA	0.70	100.0	0.14	20	7	2	0.09	-	-	-	-	36	10.00	1.00	3	2	3	7	Ox	-	-	2	3	8	1	1	3	2	3	7	30	MALA																							
72	57.90	58.70	0.80	DACITA	0.80	100.0	0.48	60	5	2	0.13	-	-	-	-	34	10.00	1.00	3	2	3	7	Ox	-	-	2	13	8	1	1	3	2	3	7	40	MALA																							
72	58.70	59.50	0.80	DACITA	0.80	100.0	0.22	28	9	2	0.08	-	-	-	-	25	10.00	1.00	3	2	3	7	Ox	-	-	2	6	8	1	1	3	2	3	7	33	MALA																							
74	59.50	60.20	0.70	DACITA	0.70	100.0	0.20	29	10	2	0.06	-	-	-	-	20	10.00	1.00	3	2	3	7	Ox	-	-	2	6	8	1	1	3	2	3	7	33	MALA																							
75	60.20	61.10	0.90	DACITA	0.90	100.0	0.18	20	9	2	0.09	-	-	-	-	17	10.00	1.00	3	2	3	7	Ox	-	-	2	3	8	1	1	3	2	3	7	30	MALA																							
76	61.10	61.70	0.60	DACITA	0.60	100.0	0.24	40	7	2	0.08	-	-	-	-	28	10.00	1.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-	2	6	8	1	1	3	2	3	7	33	MALA																							
77	61.70	62.50	0.80	DACITA	0.80	100.0	0.11	14	8	2	0.09	-	-	-	-	14	10.00	1.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-	2	3	8	1	1	3	2	3	7	30	MALA																							
78	62.50	63.60	1.10	DACITA	1.10	100.0	0.27	25	10	2	0.10	-	-	-	-	15	10.00	1.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-	2	3	8	1	1	3	2	3	7	30	MALA																							
79	63.60	65.20	1.60	DACITA	1.60	100.0	0.32	20	10	2	0.15	-	-	-	-	22	10.00	1.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-	2	3	8	1	1	3	2	3	7	30	MALA																							
80	65.20	66.30	1.10	DACITA	1.10	100.0	0.60	55	5	3	0.18	J	65.23	30	220	24	10.00	1.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-	4	13	8	1	1	3	2	3	7	42	REGULAR																							
				DACITA								J	65.53	35	190	24	10.00	1.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-				1	1	3	2	3	7																									
				DACITA								J	65.75	20	270	24	10.00	1.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-				1	1	3	2	3	7																									
				DACITA								J	65.92	20	20	24	10.00	1.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-				1	1	3	2	3	7																									
Tipo de Estructura										Resistencia de la Roca Intacta					RCD					Espaciamiento					Persistencia					Apertura					Rugosidad					Relleno					Alteración					Condiciones del agua					Tipo de Relleno				
Junta	J	El golpe solo amanca esquirlas									R6	15	90%-100%				20	>200 cm				20	<1 m	6	Nada				6	Muy rugosa				6	Ninguno				6	Inalterada				6	Seco				15	Arcilla				Cl	Ninguna				No
Corte	SH	Se rompe con muchos golpes(>5)									R5	12	75%-90%				17	60-200 cm				15	1-3m	4	<0.1 mm				5	Rugosa				5	Duro <5 mm				4	Ligeramente Alterada				5	Lig. Húmedo			10	Calota				Ca	Cuarzo				Qz	
Estratíf.	B	Se rompe con varios golpes [5]									R4	7	50%-75%				13	20-600 cm				10	3-10 m	2	0.1-1.0 mm				3	Lig. Rugosa				3	Duro >5 mm				2	Moderadamente Alterada				3	Húmedo			7	Cloita				Ch	Arena				sd	
Venilla	V	Se rompe con un solo golpe									R3	4	25%-50%				6	6-20 cm				8	10-20 m	1	1-5 mm				1	Ondulada				1	Blando <5 mm				2	Muy alterada				1	Goteando			4	Óxido				Ox	Alunita				al	
Falla	F	Deformable bajo golpes fuertes									R2	2	<25%				3	<5 cm				5	>20 m	0	>5 mm				0	Suave				0	Blando >5 mm				0	Descompuesta				0	Agua fluyendo				0										

LOGUEO GEOTÉCNICO DE ROCA

IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

UNIDAD MINERA: APIUMAYO
 PROYECTO: TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

SISTEMA DE COORDENADAS (UTM)

DATUM: WGS84
 NORTE: 8 343 266.70
 ESTE: 615 058.33
 ELEVACIÓN: 4 146.02

ORIENTACIÓN DEL COLLAR

DIRECCIÓN: N224°
 INCLINACIÓN: 45°
 TIPO BROCA: HQ3
 DIÁMETRO: 96 mm

DATOS DEL SONDAJE

NOMBRE DEL SONDAJE: AYA-DH-01
 ESTRUCTURA: Tapo Ayahuasca
 NIVEL DEL AGUA (m): 137.48m
 PROFUNDIDAD FINAL (m): 190.00 m

FECHA INICIO: 23/09/2018
 FECHA TÉRMINO: 29/09/2018
 REGISTRADO: V. Ludeña
 N° PROYECTO: AYA-DH-01

PARAMETROS DEL RMR (1989)																VALORACIÓN DEL RMR (1989)														Zonificación por alteración	COMENTARIOS																																						
N° DE CORRIJA	DESDE (m)	HASTA (m)	AVANCE (m)	LITOLOGÍA	RECUPERACIÓN (m)	RECUPERACIÓN (%)	RQD (m)	RQD (%)	N° JUNTAS POR CORRIJA	RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (R)	ESPACIAMIENTO (m)	CORE ORIENTADO				ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES						RMR (1) RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA	RMR (2) RQD	RMR (3) ESPACIAMIENTO	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES							RMR (5) AGUA	RMR 1989 (BÁSICO)	CALIDAD DE LA ROCA																																			
												TIPO DE ESTRUCTURA	PROFUNDIDAD DE LA ESTRUCTURA (m)	Ángulo Alfa (°)	Ángulo Beta (°)	DUREZA O RESORTE DE MARTILLO PROMEDIO (R)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUGOSIDAD (valoración)	RELLENO (valoración)	ALTERACIÓN (valoración)				CONDICIÓN DEL AGUA (valoración)	MATERIAL DE RELLENO 1	MATERIAL DE RELLENO 2	MATERIAL DE RELLENO 3	RMR (4-1) PERSISTENCIA						RMR (4-2) ABERTURA	RMR (4-3) RUGOSIDAD	RMR (4-4) RELLENO	RMR (4-5) ALTERACIÓN																															
81	66.30	67.80	1.50	DACITA	1.50	100.0	1.25	83	6	3	0.21	J	29	80	340	31	10.00	1.00	3	2	3	7	0x	Sd	Cl	4	17	10	1	1	3	2	3	7	48	REGULAR	At: Sitio granular: moderada a compacta	Roca mala a muy mala con tramos regulares, moderadamente alterado con tramos muy alterados, fracturada con tramos triturados, húmedo, color gris parduzco con óxidos, las juntas ligeramente rugosas, nubes de óxidos, arena y arcilla.																															
				DACITA								J	66.57	30	0	31	10.00	1.00	3	2	3	7	0x	Sd	Cl				1	1	3	2	3	7																																			
				DACITA								J	67.32	35	310	31	10.00	1.00	3	2	3	7	0x	Sd	Cl				1	1	3	2	3	7																																			
				DACITA								J	67.49	90	0	31	10.00	1.00	3	2	3	7	0x	Sd	Cl				1	1	3	2	3	7																																			
82	67.80	69.30	1.50	DACITA	1.50	100.0	0.46	31	10	2	0.14	J	68.16	20	110	16	10.00	1.00	3	2	3	7	0x	Sd	Cl	2	6	8	1	1	3	2	3	7	33	MALA																																	
				DACITA								J	68.28	50	280	16	10.00	1.00	3	2	3	7	0x	Sd	Cl				1	1	3	2	3	7																																			
				DACITA								J	68.57	40	60	16	10.00	1.00	3	2	3	7	0x	Sd	Cl				1	1	3	2	3	7																																			
				DACITA								J	69.04	50	260	16	10.00	1.00	3	2	3	7	0x	Sd	Cl				1	1	3	2	3	7																																			
				DACITA								J	69.28	40	260	16	10.00	1.00	3	2	3	7	0x	Sd	Cl				1	1	3	2	3	7																																			
83	69.30	69.90	0.60	DACITA	0.40	66.7	0.00	0	10	2	0.04	J	69.80	22	200	16	10.00	5.00	3	2	3	7	0x	Cl	Sd	2	0	5	1	1	3	2	3	7	24	MALA																																	
84	69.90	71.50	1.60	DACITA	1.55	96.9	0.92	58	6	3	0.22	J	70.23	35	260	35	10.00	1.00	3	2	2	7	0x	Cl	-	4	13	10	1	1	3	2	2	7	43	REGULAR																																	
				DACITA								J	70.93	35	260	35	10.00	1.00	3	2	2	7	0x	Cl	-				1	1	3	2	2	7																																			
85	71.50	72.20	0.70	DACITA	0.65	92.9	0.00	0	20	1	0.03	-	-	-	-	-	10.00	5.00	3	0	1	7	0x	Cl	Sd	1	0	5	1	1	3	0	1	7	19	MUY MALA	At: Sitio granular: moderada a débil																																
	72.20	73.20	1.00	DACITA	0.65	65.0	0.00	0	20	1	0.03	J	72.98	40	220	-	10.00	5.00	3	0	1	7	0x	Cl	Sd	1	0	5	1	1	3	0	1	7	19	MUY MALA																																	
87	73.20	74.80	1.60	DACITA	1.40	87.5	0.00	0	20	1	0.07	J	73.40	20	160	-	15.00	5.00	1	0	1	7	0x	Cl	Sd	1	0	8	1	1	1	0	1	7	20	MUY MALA																																	
88	74.80	76.40	1.60	DACITA	1.60	100.0	0.70	44	12	2	0.12	J	74.86	55	220	-	10.00	5.00	3	0	1	7	0x	Cl	Sd	2	6	8	1	1	3	0	1	7	29	MALA																																	
				DACITA								J	75.22	30	20	10	10.00	1.00	3	2	1	7	0x	Sd	Cl				1	1	3	2	1	7																																			
				DACITA								J	75.56	70	340	10	10.00	1.00	3	2	1	7	0x	Sd	Cl				1	1	3	2	1	7																																			
				DACITA								J	75.90	50	360	10	10.00	1.00	3	2	1	7	0x	Sd	Cl				1	1	3	2	1	7																																			
				DACITA								J	76.30	30	300	10	10.00	1.00	3	2	1	7	0x	Sd	Cl				1	1	3	2	1	7																																			
Tipo de Estructura		Resistencia de la Roca Intacta				RQD				Espaciamiento				Persistencia				Apertura				Rugosidad				Relleno				Alteración				Condiciones del agua				Tipo de Relleno																															
Junta	J	El golpe sólo arranca esquirlas				R6	15	90%-100%				20	>200 cm				20	<1 m				Nada				Muy rugosa				Ninguno				Inalterada				Seco				Arcilla																											
Corte	SH	Se rompe con muchos golpes(>5)				R5	12	75%-90%				17	60-200 cm				15	1-3m				4				<0.1 mm				5				Rugosa				Duro <5 mm				4				Ligeramente Alterada				5				Lig. Húmedo				10				Calota							
Estratíf.	B	Se rompe con varios golpes (5)				R4	7	50%-75%				13	20-600 cm				10	3-10 m				2				0.1-1.0 mm				3				Lig. Rugosa				3				Duro >5 mm				2				Moderadamente Alterada				3				Húmedo				7				Clorita			
Venilla	V	Se rompe con un solo golpe				R3	4	25%-50%				6	6-20 cm				8	10-20 m				1				1.5 mm				1				Ondulada				1				Blando <5 mm				2				Muy alterada				1				Goteando				4				Óxido			
Falla	F	Deleznable bajo golpes fuertes				R2	2	<25%				3	<6 cm				5	>20 m				0				>5 mm				0				Suave				Blando >5 mm				0				Descompuesta				0				Agua fluyendo				0											

LOGUEO GEOTÉCNICO DE ROCA

IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO				SISTEMA DE COORDENADAS (UTM)				ORIENTACIÓN DEL COLLAR				DATOS DEL SONDAJE			
UNIDAD MINERA: APIUMAYO				DATUM: WGS84				DIRECCIÓN: N24°				NOMBRE DEL SONDAJE: AYA-04-05			
PROYECTO: TRABAJO DE SUFFICIENCIA PROFESIONAL				NORTE: 8 343 266.70				INCLINACIÓN: 45°				ESTRUCTURA: Tapo Ayahuasca			
				ESTE: 615 058.33				TIPO BROCA: HQ3				NIVEL DEL AGUA (m): 137.48m			
				ELEVACIÓN: 4 146.02				DIÁMETRO: 96 mm				PROFUNDIDAD FINAL (m): 190.00 m			
												FECHA INICIO: 23/09/2018			
												FECHA TÉRMINO: 29/09/2018			
												REGISTRADO: V. Ludeña			
												N° PROYECTO: AYA-04-01			

PARAMETROS DEL RMR (1989)														VALORACIÓN DEL RMR (1989)														Zonificación por alteración	COMENTARIOS												
N° DE CORRIJA	DESDE (m)	HASTA (m)	AVANCE (m)	LITOLOGÍA	RECUPERACIÓN (m)	RECUPERACIÓN (%)	RQD (m)	RQD (%)	N° JUNTAS POR CORRIJA	RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (R)	ESPACIAMIENTO (m)	CORE ORIENTADO					ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES					ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES																			
												TIPO DE ESTRUCTURA	PROFUNDIDAD DE LA ESTRUCTURA (m)	Ángulo Alfa (°)	Ángulo Beta (°)	DUREZA O RESORTE DE MARTILLO PROMEDIO (Rc)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUGOSIDAD (valoración)	RELLENO (valoración)	ALTERACIÓN (valoración)	CONDICIÓN DEL AGUA (valoración)	MATERIAL DE RELLENO 1	MATERIAL DE RELLENO 2	MATERIAL DE RELLENO 3	RMR (1) RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA	RMR (2) RQD			RMR (3) ESPACIAMIENTO	RMR (4-1) PERSISTENCIA	RMR (4-2) ABERTURA	RMR (4-3) RUGOSIDAD	RMR (4-4) RELLENO	RMR (4-5) ALTERACIÓN	RMR (5) AGUA	RMR 1989 (BÁSICO)	CAUSAS DE LA ROCA			
89	76.40	78.00	1.60	DACITA	1.60	100.0	0.17	11	10	2	0.15	J	27.00	40	270	10	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	Cl	2	3	8	1	1	3	2	1	7	28	MALA	Roca mala, muy alterada, fracturada e triturada, húmedo, color gris parduzco con óxido, las juntas ligeramente rugosas, rellenas de óxido, arena y arcilla.				
				DACITA								J	76.70	45	120	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	Cl				1	1	3	2	1	7							
				DACITA								J	76.89	40	80	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	Cl				1	1	3	2	1	7							
				DACITA								J	77.09	40	80	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	Cl				1	1	3	2	1	7							
90	78.00	79.60	1.60	DACITA	1.60	100.0	0.60	38	10	2	0.15	J	78.59	40	260	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	Cl	2	6	8	1	1	3	2	1	7	31	MALA					
				DACITA								J	79.79	30	300	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	Cl				1	1	3	2	1	7							
				DACITA								J	79.34	50	290	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	Cl				1	1	3	2	1	7							
91	79.60	81.20	1.60	DACITA	1.50	93.7	0.15	9	10	2	0.14	J	79.72	30	320	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	Cl	2	3	8	1	1	3	2	1	7	28	MALA					
				DACITA								J	79.83	30	320	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	Cl				1	1	3	2	1	7							
				DACITA								J	80.44	40	240	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	Cl				1	1	3	2	1	7							
92	81.20	82.70	1.50	DACITA	1.50	100.0	0.24	16	10	2	0.14	J	81.38	50	220	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	Cl	2	3	8	1	1	3	2	1	7	28	MALA					
				DACITA								J	81.84	50	200	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	Cl				1	1	3	2	1	7							
				DACITA								J	82.03	45	200	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	Cl				1	1	3	2	1	7							
				DACITA								J	82.13	50	210	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	Cl				1	1	3	2	1	7							
				DACITA								J	82.35	70	300	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	Cl				1	1	3	2	1	7							
				DACITA								J	82.57	40	360	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	Cl				1	1	3	2	1	7							
93	82.70	84.20	1.50	DACITA	1.35	90.0	0.00	0	10	1.0	0.12	J	83.70	10	280	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	Cl	1	0	8	1	1	3	2	1	7	24	MALA					
94	84.20	85.80	1.60	DACITA	1.60	100.0	0.00	0	10	1.0	0.15	J	84.62	30	220	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	Cl	1	0	8	1	1	3	2	1	7	24	MALA					
				DACITA								J	85.02	50	300	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	Cl				1	1	3	2	1	7							
				DACITA								J	85.17	60	250	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	Cl				1	1	3	2	1	7							
Tipo de Estructura		Resistencia de la Roca Intacta				RQD				Espaciamiento				Persistencia				Apertura				Rugosidad				Relleno				Alteración				Condiciones del agua				Tipo de Relleno			
Junta	J	El golpe sólo arranca esquirlas				R6	15	90%-100%				20	>200 cm				20	<1 m	6	Nada	6	Muy rugosa	6	Ninguno				6	Inalterada				6	Seco	15	Arcilla	Cl	Ninguna	No		
Corte	SH	Se rompe con muchos golpes(>5)				R5	12	75%-90%				17	60-200 cm				15	1-3m	4	<0.1 mm	5	Rugosa	5	Duro <5 mm				4	Ligeramente Alterada				5	Lig. Húmedo	10	Calcita	Ca	Cuarzo	Gr		
Estratíf.	B	Se rompe con varios golpes (5)				R4	7	50%-75%				13	20-600 cm				10	3-10 m	2	0.1-1.0 mm	3	Lig. Rugosa	3	Duro >5 mm				2	Moderadamente Alterada				3	Húmedo	7	Clorita	Ch	Arena	Sd		
Venilla	V	Se rompe con un solo golpe				R3	4	25%-50%				6	6-20 cm				8	10-20 m	1	1-5 mm	1	Ondulada	1	Blando <5 mm				2	Muy alterada				1	Goteando	4	Óxido	Ox	Alunita	Al		
Falla	F	Deflexión bajo golpes fuertes				R2	2	<25%				3	<6 cm				5	>20 m	0	>5 mm	0	Suave	0	Blando >5 mm				0	Descompuesta				0	Agua fluyendo	0						

At: Siltos granular moderada a alterada

Roca mala, muy alterada, fracturada a tréfurada, húmedo, color gris parduzco con óxidos, las juntas ligeramente rugosas, rellenos de óxidos, arena y arcilla.

LOGUEO GEOTÉCNICO DE ROCA

IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

UNIDAD MINERA: APIUMAYO
 PROYECTO: TRABAJO DE SUFFICIENCIA PROFESIONAL

SISTEMA DE COORDENADAS (UTM)

DATUM: WGS84
 NORTE: 8 343 266.70
 ESTE: 615 058.33
 ELEVACIÓN: 4 146.02

ORIENTACIÓN DEL COLLAR

DIRECCIÓN: N24°
 INCLINACIÓN: 45°
 TIPO BROCA: HQ3
 DIÁMETRO: 96 mm

DATOS DEL SONDAJE

NOMBRE DEL SONDAJE: AYA-DH-01
 ESTRUCTURA: Tajo Ayahuasca
 NIVEL DEL AGUA (m): 137.48m
 PROFUNDIDAD FINAL (m): 190.00 m

FECHA INICIO: 21/09/2018
 FECHA TÉRMINO: 29/09/2018
 REGISTRADO: V. Ludeña
 N° PROYECTO: AYA-DH-01

PARAMETROS DEL RMR (1989)																	VALORACIÓN DEL RMR (1989)												Zonificación por alteración	COMENTARIOS																			
N° DE CORRIJA	DESE (m)	HASTA (m)	AVANCE (m)	LITOLÓGIA	RECUPERACIÓN (m)	RECUPERACIÓN (%)	RQD (m)	RQD (%)	N° JUNTAS POR CORRIJA	RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (R)	ESPACIAMIENTO (m)	CORE ORIENTADO					ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES					CONDICIÓN DEL AGUA (ver anexo)	MATERIAL DE RELLENO 1	MATERIAL DE RELLENO 2	MATERIAL DE RELLENO 3	RMR (1) RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA	RMR (2) RQD	RMR (3) ESPACIAMIENTO			ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES					RMR (5) AGUA	RMR 1989 (BÁSICO)	CALIDAD DE LA ROCA											
												TIPO DE ESTRUCTURA	PROFUNDIDAD DE LA ESTRUCTURA (m)	Ángulo Alfa (°)	Ángulo Beta (°)	DUREZA O RESORTE DE MARTELLO PROMEDIO (Rc)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUGOSIDAD (valoración)	RELLENO (valoración)	ALTERACIÓN (valoración)										RMR (4-1) PERISTENCIA	RMR (4-2) ABERTURA	RMR (4-3) RUGOSIDAD	RMR (4-4) RELLENO	RMR (4-5) ALTERACIÓN				RMR (5) AGUA										
				DACITA								J	13	22	60	-	15.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	-				1	1	3	2	1	7															
				DACITA								J	93.78	50	360	-	15.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	-				1	1	3	2	1	7															
100	93.20	94.70	1.50	DACITA	1.05	70.0	0.00	0	10	1	0.10	J	93.74	65	360	-	15.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	Cl	1	0	8	1	1	3	2	1	7	24	MALA													
				DACITA								J	94.25	45	255	-	15.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	Cl				1	1	3	2	1	7															
				DACITA								J	94.45	62	300	-	15.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	Cl				1	1	3	2	1	7															
101	94.70	96.10	1.40	DACITA	1.30	92.9	0.00	0	20	1	0.06	J	95.88	18	290	-	15.00	5.00	3	2	1	7	Sd	Cl	Ox	1	0	8	1	1	3	2	1	7	24	MALA													
102	96.10	97.60	1.50	DACITA	1.50	100.0	0.00	0	20	1	0.07	J	96.52	30	220	-	15.00	5.00	3	2	1	7	Sd	Cl	Ox	1	0	8	1	1	3	2	1	7	24	MALA													
				DACITA								J	96.83	45	30	-	15.00	5.00	3	2	1	7	Sd	Cl	Ox				1	1	3	2	1	7															
				DACITA								J	96.97	20	260	-	15.00	5.00	3	2	1	7	Sd	Cl	Ox				1	1	3	2	1	7															
103	97.60	99.10	1.50	DACITA	1.50	100.0	0.00	0	20	1	0.07	J	97.75	30	290	-	15.00	5.00	3	2	1	7	Sd	Cl	Ox	1	0	8	1	1	3	2	1	7	24	MALA													
				DACITA								J	97.81	50	311	-	15.00	5.00	3	2	1	7	Sd	Cl	Ox				1	1	3	2	1	7															
				DACITA								J	97.94	30	300	-	15.00	5.00	3	2	1	7	Sd	Cl	Ox				1	1	3	2	1	7															
				DACITA								J	98.28	60	280	-	15.00	5.00	3	2	1	7	Ox	Sd	Cl				1	1	3	2	1	7															
				DACITA								J	-	-	-	-	15.00	5.00	3	2	1	7	Ox	Sd	Cl				1	1	3	2	1	7															
105	100.60	102.10	1.50	DACITA	1.50	100.0	0.00	0	20	1	0.07	J	100.84	60	330	-	15.00	5.00	3	2	1	7	Ox	Sd	-	1	0	8	1	1	3	2	1	7	24	MALA													
106	102.10	103.60	1.50	DACITA	1.50	100.0	0.00	0	20	1	0.07	J	102.81	50	100	-	15.00	5.00	3	2	1	7	Ox	Sd	-	1	0	8	1	1	3	2	1	7	24	MALA													
				DACITA								J	103.13	60	10	-	15.00	5.00	3	2	1	7	Ox	Sd	-				1	1	3	2	1	7															
				DACITA								J	103.37	60	350	-	15.00	5.00	3	2	1	7	Sd	Ox	Cl				1	1	3	2	1	7															
107	103.60	104.70	1.10	DACITA	0.70	63.6	0.00	0	20	1	0.03	J	104.12	15	350	-	15.00	5.00	3	2	1	7	Sd	Cl	Ox	1	0	5	1	1	3	2	1	7	21	MALA													
108	104.70	106.20	1.50	DACITA	1.40	93.3	0.00	0	20	1	0.07	J	105.10	20	250	-	15.00	5.00	3	2	1	7	Sd	Ox	Cl	1	0	8	1	1	3	2	1	7	24	MALA													
Tipo de Estructura		Resistencia de la Roca Intacta					RQD		Espaciamiento			Persistencia		Apertura		Rugosidad		Relleno		Alteración		Condiciones del agua		Tipo de Relleño																									
Junta	J	El golpe sólo arranca esquirlas					R6	15	90%-100%			20		>200 cm		Nada		6		Muy rugosa		6		Ninguno		6		Inalterada		6		Seca		15		Arcilla		Cl		Ninguna		No							
Canta	SH	Se rompe con muchos golpes(>5)					R5	12	75%-90%			17		60-200 cm		15		1-3m		4		<0.1 mm		5		Rugosa		5		Duro <5 mm		4		Ligeramente Alterada		5		Lig. Húmedo		10		Calcita		Ca		Cuervo		Qr	
Estratíf.	B	Se rompe con varios golpes (5)					R4	7	50%-75%			13		20-600 cm		10		3-10 m		2		0.1-1.0 mm		3		Lig. Rugosa		3		Duro <5 mm		2		Moderadamente Alterada		3		Húmedo		7		Clorita		Ch		Arena		Sd	
Venilla	V	Se rompe con un solo golpe					R3	4	25%-50%			6		6-20 cm		8		10-20 m		1		1-5 mm		1		Ondulada		1		Blando <5 mm		2		Muy alterada		1		Goteando		4		Óxido		Ox		Alunita		Al	
Falla	F	Deformable bajo golpes fuertes					R2	2	<25%			3		<6 cm		>20 m		>5 mm		0		Suave		0		Blando >5 mm		0		Descompuesta		0		Agua fluyendo		0													

Roca mala, muy alterada, fracturada a trburada, húmedo, color gris parduzco con óxidos, las juntas ligeramente rugosas, rellenos de óxidos, arena y arcilla.

At: Sino granular moderada a alterada

LOGUEO GEOTÉCNICO DE ROCA																																																																				
IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO										SISTEMA DE COORDENADAS (UTM)										ORIENTACIÓN DEL COLLAR										DATOS DEL SONDAJE																																						
UNIDAD MINERA: APURAYAO										DATUM: WGS84										DIRECCIÓN: N234°										NOMBRE DEL SONDAJE: AYA-DH-01																																						
PROYECTO: TRABAJO DE SUFFICIENCIA PROFESIONAL										NORTE: 8 343 266.70										INCLINACIÓN: 45°										ESTRUCTURA: Tajo Ayahuasca																																						
										ESTE: 615 058.33										TIPO BROCA: HQ3										NIVEL DEL AGUA (m): 137.48m																																						
										ELEVACIÓN: 4 146.02										DIAMETRO: 96 mm										PROFUNDIDAD FINAL (m): 190.00 m																																						
																														N° PROYECTO: AYA-DH-01																																						
PARAMETROS DEL RMR (1989)																				VALORACIÓN DEL RMR (1989)																																																
N° DE CORRIEDA	DESDE (m)	HASTA (m)	AVANCE (m)	LITOLOGÍA	RECUPERACIÓN (m)	RECUPERACIÓN (%)	RQD (m)	RQD (%)	N° JUNTAS POR CORRIEDA	RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (R)	ESPACIAMIENTO (m)	CORE ORIENTADO					ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES					CONDICIÓN DEL AGUA (valoración)	MATERIAL DE RELLENO 1	MATERIAL DE RELLENO 2	MATERIAL DE RELLENO 3	RMR (1) RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA	RMR (2) RQD	RMR (3) ESPACIAMIENTO	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES					RMR (5) AGUA	RMR, 1989 (BÁSICO)	CALIDAD DE LA ROCA																																
												TIPO DE ESTRUCTURA	PROFUNDIDAD DE LA ESTRUCTURA (m)	Ángulo Alfa (°)	Ángulo Beta (°)	GRUEZA O RENDITE DE MARTILLO PROMEDIO (R)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUJOSIDAD (valoración)	RELLENO (valoración)	ALTERACIÓN (valoración)								RMR (4-1) PERSISTENCIA	RMR (4-2) ABERTURA	RMR (4-3) RUJOSIDAD	RMR (4-4) RELLENO	RMR (4-5) ALTERACIÓN																																			
				DACITA								J	126.04	50	320	-	15.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	Cl																																											
122	126.20	127.70	1.50	DACITA	1.50	100.0	0.70	47	10	2	0.14	J	126.90	30	30	10	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	-	2	6	8		1	1	3	2	1	7	31	MALA																															
				DACITA								J	127.08	50	360	10	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	-					1	1	3	2	1	7																																	
				DACITA								J	127.16	40	220	10	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	-					1	1	3	2	1	7																																	
123	127.70	129.30	1.60	DACITA	1.60	100.0	0.00	0	20	1	0.08	J	128.35	25	220	10	15.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	-	1	0	8		1	1	3	2	1	7	24	MALA																															
				DACITA								J	128.52	30	100	10	15.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	-					1	1	3	2	1	7																																	
				DACITA								J	128.62	30	80	10	15.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	-					1	1	3	2	1	7																																	
				DACITA								J	128.85	50	40	10	15.00	1.00	3	2	1	7	Sd	Ox	-					1	1	3	2	1	7																																	
				DACITA								J	128.92	60	330	10	15.00	1.00	3	2	1	7	Sd	Ox	-					1	1	3	2	1	7																																	
124	129.30	130.90	1.60	DACITA	1.60	100.0	0.11	7	20	2	0.08	J	129.50	22	210	22	15.00	1.00	3	2	1	7	Sd	Ox	-	2	3	8		1	1	3	2	1	7	28	MALA																															
				DACITA								J	129.68	30	360	22	15.00	1.00	3	2	1	7	Ox	-	-					1	1	3	2	1	7																																	
				DACITA								J	129.78	40	40	22	15.00	1.00	3	2	1	7	Sd	Ox	-					1	1	3	2	1	7																																	
125	130.90	132.30	1.40	DACITA	1.00	71.4	0.00	0	20	0	0.05	J	131.03	60	90	-	15.00	1.00	3	2	1	7	Ox	-	-	0	0	5		1	1	3	2	1	7	20	MUY MALA																															
126	132.30	133.90	1.60	DACITA	1.60	100.0	0.47	29	15	1	0.10	J	132.85	20	220	10.00	15.00	1.00	3	2	1	7	Sd	Ox	-	1	6	8		1	1	3	2	1	7	30	MALA																															
				DACITA								J	133.09	30	220	-	15.00	1.00	3	2	1	7	Sd	Cl	-					1	1	3	2	1	7																																	
				DACITA								J	133.60	20	220	-	15.00	1.00	3	2	1	7	Sd	Ox	Cl					1	1	3	2	1	7																																	
127	133.90	135.30	1.40	DACITA	1.40	100.0	0.00	0	20	0	0.07	J	134.29	30	200	-	15.00	1.00	3	2	1	7	Ox	-	-	0	0	8		1	1	3	2	1	7	23	MALA																															
128	135.30	136.90	1.60	DACITA	1.60	100.0	0.00	0	20	1	0.08	J	135.98	50	40	-	15.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	Cl	1	0	8		1	1	3	2	1	7	24	MALA																															
				DACITA								J	136.35	40	30	-	15.00	1.00	3	2	1	7	Ox	-	-					1	1	3	2	1	7																																	
129	136.90	138.30	1.40	DACITA	1.40	100.0	0.00	0	20	1	0.07	J	137.20	30	300	-	15.00	1.00	3	2	1	7	Sd	-	-	1	0	8		1	1	3	2	1	7	24	MALA																															
Tipo de Estructura		Resistencia de la Roca Intacta					RQD					Espaciamiento					Persistencia					Apertura					Rugosidad					Relleno					Alteración					Condiciones del agua					Tipo de Relleño																					
Junta	J	El golpe sólo arranca esquirlas					R6	15	90%-100%					20	>200 cm					20	<1 m					6	Nada					6	Muy rugosa					6	Ninguno					6	Inalterada					6	Seco					15	Arcilla					Cl	Ninguna					No
Corte	SH	Se rompe con muchos golpes(>5)					R5	12	75%-90%					17	60-200 cm					15	1-3m					4	<0.1 mm					5	Rugosa					5	Duro <5 mm					4	Ligeramente Alterada					5	Lig. Húmedo					10	Calota					Ca	Cuervo					Or
Estratíf.	B	Se rompe con varios golpes (5)					R4	7	50%-75%					13	20-600 cm					10	3-10 m					2	0.1-1.0 mm					3	Lig. Rugosa					3	Duro >5 mm					2	Moderadamente Alterada					3	Húmedo					7	Clorita					Ch	Arenita					Sd
Venilla	V	Se rompe con un solo golpe					R3	4	25%-50%					6	6-20 cm					8	10-20 m					1	1-5 mm					1	Ondulada					1	Blando <5 mm					2	Muy alterada					1	Goteando					4	Óxido					Ox	Alunita					Al
Falla	F	Deformable bajo golpes fuertes					R2	2	<25%					3	<6 cm					5	>20 m					0	>5 mm					0	Suave					0	Blando >5 mm					0	Descompuesta					0	Agua fuyendo					0												

Alta. Sileo granular moderada a deformable

Roca mala, muy alterada, fracturada a trirradiada, húmedo, color gris parduzco con óxidos, las juntas ligeramente rugosas, rellenas de óxidos, arena y arcilla.

LOGUEO GEOTÉCNICO DE ROCA

IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO				SISTEMA DE COORDENADAS (UTM)				ORIENTACIÓN DEL COLLAR				DATOS DEL SONDAJE			
UNIDAD MINERA: APIUMAYO				DATUM: WGS84				DIRECCIÓN: N234°				NOMBRE DEL SONDAJE: AYA-DH-03			
PROYECTO: TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL				NORTE: 8 343 266.70				INCLINACIÓN: 45°				ESTRUCTURA: Tajo Ayahuasca			
				ESTE: 615 058.33				TIPO BROCA: HQ3				NIVEL DEL AGUA (m): 137.48m			
				ELEVACIÓN: 4 146.02				DIÁMETRO: 95 mm				PROFUNDIDAD FINAL (m): 190.00 m			
												N° PROYECTO: AYA-DH-01			

PARAMETROS DEL RMR (1989)																							VALORACIÓN DEL RMR (1989)										Zonificación por alteración	COMENTARIOS											
N° DE CORRIJA	DESDE (m)	HASTA (m)	AVANCE (m)	LITOLOGÍA	RECUPERACIÓN (m)	RECUPERACIÓN (%)	RQD (m)	RQD (%)	N° JUNTAS POR CORRIJA	RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (R)	ESPACIAMIENTO (m)	CORE ORIENTADO					ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES							RMR (1) RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA	RMR (2) RQD	RMR (3) ESPACIAMIENTO	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES					RMR (5) AGUA			RMR 1989 (BÁSICO)	CALIDAD DE LA ROCA									
												TIPO DE ESTRUCTURA	PROFUNDIDAD DE LA ESTRUCTURA (m)	Ángulo Alfa (°)	Ángulo Beta (°)	DUREZA O RESISTE DE MARTILLO PROMEDIO (R _L)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUGOSIDAD (valoración)	RELLENO (valoración)	ALTERACIÓN (valoración)	CONDICIÓN DEL AGUA (valoración)	MATERIAL DE RELLENO 1				MATERIAL DE RELLENO 2	MATERIAL DE RELLENO 3	RMR (4-1) PERSISTENCIA	RMR (4-2) APERTURA	RMR (4-3) RUGOSIDAD						RMR (4-4) RELLENO	RMR (4-5) ALTERACIÓN							
137	148.20	148.70	0.50	DACITA	0.50	100.0	0.10	20	10	2	0.05	J	148.36	60	170	21	10.00	2.00	3	2	3	7	Ox	Cl	-	2	3	5	1	1	3	2	3	7	27	MALA	At: Siltos granular moderada a deficiente. Roca mala, muy alterada, fracturada a triturada, húmeda, color gris parduzco con óxidos, las juntas ligeramente rugosas, rellenas de óxidos, arena y arcilla.								
				DACITA								J	148.44	5	36	21	10.00	2.00	3	2	3	7	Ox	Cl	-				1	1	3	2	3	7											
				DACITA								J	148.52	85	220	21	10.00	2.00	3	2	3	7	Ox	Cl	-				1	1	3	2	3	7											
				DACITA								J	148.57	55	130	21	10.00	2.00	3	2	3	7	Ox	Cl	-				1	1	3	2	3	7											
138	148.70	150.30	1.60	DACITA	1.60	100.0	0.50	31	10	2	0.15	J	148.79	15	230	24	10.00	2.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-	2	6	8	1	1	3	2	3	7	33	MALA									
				DACITA								J	148.81	60	150	24	10.00	2.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-				1	1	3	2	3	7											
				DACITA								J	149.01	45	180	24	10.00	2.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-				1	1	3	2	3	7											
				DACITA								J	149.44	35	260	24	10.00	2.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-				1	1	3	2	3	7											
				DACITA								J	149.79	45	190	24	10.00	2.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-				1	1	3	2	3	7											
				DACITA								J	149.92	30	290	24	10.00	2.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-				1	1	3	2	3	7											
				DACITA								J	150.04	60	120	24	10.00	2.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-				1	1	3	2	3	7											
				DACITA								J	150.16	70	20	24	10.00	2.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-				1	1	3	2	3	7											
				DACITA								J	150.27	20	220	24	10.00	2.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-				1	1	3	2	3	7											
139	150.30	151.90	1.60	DACITA	1.60	100.0	0.20	13	10	1	0.15	J	150.34	30	270	15	10.00	2.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-	1	3	8	1	1	3	2	3	7	29	MALA									
				DACITA								J	150.49	8	-	15	10.00	2.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-				1	1	3	2	3	7											
				DACITA								J	150.73	20	310	15	10.00	2.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-				1	1	3	2	3	7											
				DACITA								J	150.81	0	-	15	10.00	2.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-				1	1	3	2	3	7											
				DACITA								J	150.98	40	60	15	10.00	2.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-				1	1	3	2	3	7											
				DACITA								J	151.51	40	260	15	10.00	2.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-				1	1	3	2	3	7											
				DACITA								J	151.73	55	20	15	10.00	2.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-				1	1	3	2	3	7											
Tipo de Estructura		Resistencia de la Roca Intacta					RQD		Espaciamiento		Persistencia		Apertura		Rugosidad		Relleno		Alteración		Condiciones del agua		Tipo de Relleno																						
Junta	J	El golpe sólo arranca esquirlas					R6	15	90%-100%		20		>200 cm		<1 m		Nada		Muy rugosa		6		Ninguno		6		Inalterada		6		Seco		15		Arcilla			Cl	Ninguna	No					
Corte	SH	Se rompe con muchos golpes(>5)					R5	12	75%-90%		17		60-200 cm		15		1-3m		4		<0.1 mm		5		Duro <5 mm		4		Ligeramente Alterada		5		Lig. Húmedo		10			Caliza		Ca	Cuarzo	Qz			
Estratíf.	B	Se rompe con varios golpes (5)					R4	7	50%-75%		13		20-600 cm		10		3-10 m		2		0.1-1.0 mm		3		Lig. Rugosa		3		Duro >5 mm		2		Moderadamente Alterada		3			Húmedo		7		Clorita		Ch	Arena
Ventila	V	Se rompe con un solo golpe					R3	4	25%-50%		6		6-20 cm		8		10-20 m		1		1-5 mm		1		Ondulada		1		Blando <5 mm		2		Muy alterada		1		Goteando		4		Óxido		Ox	Alumita	Al
Falla	F	Deformable bajo golpes fuertes					R2	2	<25%		3		<6 cm		5		>20 m		0		>5 mm		0		Suave		0		Blando >5 mm		0		Descompuesta		0		Agua fluyendo		0						

LOGUEO GEOTÉCNICO DE ROCA																																																														
IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO										SISTEMA DE COORDENADAS (UTM)										ORIENTACIÓN DEL COLLAR										DATOS DEL SONDAJE																																
UNIDAD MINERA: APIUMAYO										DATUM: WGS84										DIRECCIÓN: N224°										NOMBRE DEL SONDAJE: AYA-DH-01																																
PROYECTO: TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL										NORTE: 8 343 266.70										INCLINACIÓN: 45°										ESTRUCTURA: Tap: Ayahuasca																																
										ESTE: 615 058.33										TIPO BROCA: HQ3										NIVEL DEL AGUA (m): 137.48m																																
										ELEVACIÓN: 4 146.02										DIÁMETRO: 36 mm										PROFUNDIDAD FINAL (m): 190.00 m																																
																														N° PROYECTO: AYA-DH-01																																
PARAMETROS DEL RMR (1989)																				VALORACIÓN DEL RMR (1989)										Zonificación por alteración	COMENTARIOS																															
N° DE CORRIJA	DESDE (m)	HASTA (m)	AVANCE (m)	LITOLÓGIA	RECUPERACIÓN (m)	RECUPERACIÓN (%)	RQD (m)	RQD (%)	N° JUNTAS POR CORRIJA	RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (R)	ESPACIAMIENTO (m)	CORE ORIENTADO					ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES					RMR (1) RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA	RMR (2) RQD	RMR (3) ESPACIAMIENTO	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES							RMR (5) AGUA	RMR 1989 (BÁSICO)	CALIDAD DE LA ROCA																												
												TIPO DE ESTRUCTURA	PROFUNDIDAD DE LA ESTRUCTURA (m)	Ángulo Alfa (°)	Ángulo Beta (°)	DUREZA O REBOTE DE MARTILLO PROMEDIO (RL)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUJOSIDAD (valoración)	RELLENO (valoración)	ALTERACIÓN (valoración)				CONDICIÓN DEL AGUA (valoración)	MATERIAL DE RELLENO 1	MATERIAL DE RELLENO 2	MATERIAL DE RELLENO 3	RMR (4-1) PERISTENCIA						RMR (4-2) ABERTURA	RMR (4-3) RUJOSIDAD	RMR (4-4) RELLENO	RMR (4-5) ALTERACIÓN																								
140	151.90	153.30	1.40	DACITA	1.40	100.0	0.00	0	10	1	0.13	J	151.93	98	0	-	10.00	2.00	3	2	3	7	Ok	Sd	-	1	0	8	1	1	3	2	3	7	26	MALA	Roca mala con tramos regulares, moderadamente alterada, fracturada, húmedo, color gris parduzco, las juntas ligeramente rugosas, rellenas de óxido y arena.																									
				DACITA								J	152.24	65	310	-	10.00	2.00	3	2	3	7	Ok	Sd	-				1	1	3	2	3	7																												
				DACITA								J	152.32	80	150	-	10.00	2.00	3	2	3	7	Ok	Sd	-				1	1	3	2	3	7																												
				DACITA								J	152.65	45	280	-	10.00	2.00	3	2	3	7	Ok	Sd	-				1	1	3	2	3	7																												
				DACITA								J	152.71	45	300	-	10.00	2.00	3	2	3	7	Ok	Sd	-				1	1	3	2	3	7																												
141	153.30	154.90	1.60	DACITA	1.60	100.0	0.87	54	7	2	0.30	J	154.14	12	250	21	10.00	2.00	3	2	3	7	Ok	Sd	-	2	13	10	1	1	3	2	3	7	42	REGULAR																										
				DACITA								J	154.27	15	220	21	10.00	2.00	3	2	3	7	Ok	Sd	-				1	1	3	2	3	7																												
				DACITA								J	154.69	20	210	21	10.00	2.00	3	2	3	7	Ok	Sd	-				1	1	3	2	3	7																												
142	154.90	156.30	1.40	DACITA	1.40	100.0	1.34	96	2	2	0.47	J	155.40	40	330	40	10.00	2.00	3	2	3	7	Ok	-	-	2	20	10	1	1	3	2	3	7	49	REGULAR																										
				DACITA								J	155.59	55	100	40	10.00	2.00	3	2	3	7	Ok	-	-				1	1	3	2	3	7																												
143	156.30	157.90	1.60	DACITA	1.60	100.0	1.01	63	10	2	0.15	J	156.56	70	90	12	10.00	2.00	3	2	3	7	Ok	-	-	2	13	8	1	1	3	2	3	7	40	MALA																										
				DACITA								J	156.73	70	130	12	10.00	2.00	3	2	3	7	Ok	-	-				1	1	3	2	3	7																												
				DACITA								J	156.90	30	340	12	10.00	2.00	3	2	3	7	Ok	-	-				1	1	3	2	3	7																												
				DACITA								J	156.95	45	240	12	10.00	2.00	3	2	3	7	Ok	-	-				1	1	3	2	3	7																												
				DACITA								J	157.05	60	240	12	10.00	2.00	3	2	3	7	Ok	Sd	-				1	1	3	2	3	7																												
				DACITA								J	157.28	70	20	12	10.00	2.00	3	2	3	7	Sd	Ok	-				1	1	3	2	3	7																												
				DACITA								J	157.50	75	40	12	10.00	2.00	3	2	3	7	Sd	Ok	-				1	1	3	2	3	7																												
144	157.90	159.30	1.40	DACITA	1.40	100.0	1.00	71	5	2.0	0.23	J	157.93	30	260	17	10.00	2.00	3	2	3	7	Ok	Sd	-	2	13	10	1	1	3	2	3	7	42	REGULAR																										
				DACITA								J	158.07	45	20	17	10.00	2.00	3	2	3	7	Ok	-	-				1	1	3	2	3	7																												
				DACITA								J	158.51	60	100	17	10.00	2.00	3	2	3	7	Ok	-	-				1	1	3	2	3	7																												
Tipo de Estructura		Resistencia de la Roca Intacta				RQD				Espaciamiento				Persistencia				Apertura				Rugosidad				Relleno				Alteración				Condiciones del agua				Tipo de Relleno																								
Junta		J	El golpe solo arranca esquirlas				R6	15				90%-100%				20	>200 cm				20	<1 m				6	Nada				6	Muy rugosa				6		Ninguno				15	Arcilla				Cl	Ninguna				No										
Corte		SH	Se rompe con muchos golpes(>5)				R5	12				75%-90%				17	60-200 cm				15	1-3m				4	<0.1 mm				5	Rugosa				5		Duro <5 mm				4	Ligeramente Alterada				5	Lig. Húmedo				10	Calcita				Ca	Cuarzo				Gr
Estratíf.		B	Se rompe con varios golpes (5)				R4	7				50%-75%				13	20-600 cm				10	3-10 m				2	0.1-1.0 mm				3	Lig. Rugosa				3		Duro >5 mm				2	Moderadamente Alterada				3	Húmedo				7	Clorita				Ch	Arena				Sd
Venilla		V	Se rompe con un solo golpe				R3	4				25%-50%				6	6-20 cm				8	10-20 m				1	1-5 mm				1	Ondulada				1	Blando <5 mm				2	Muy alterada				1	Gotearo				4	Óxido				Ok	Alunita				Al	
Falla		F	Deformable bajo golpes fuertes				R2	2				<25%				3	<0 cm				5	>20 m				0	>5 mm				0	Suave				0	Blando >5 mm				0	Descompuesta				0	Agua fluyendo				0											

LOGUEO GEOTÉCNICO DE ROCA

IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO				SISTEMA DE COORDENADAS (UTM)				ORIENTACIÓN DEL COLLAR				DATOS DEL SONDAJE			
UNIDAD MINERA:	APURIMAYO			DATUM:	WGS84			DIRECCIÓN:	N224°			NOMBRE DEL SONDAJE:	AYA-DH-01		
PROYECTO:	TRABAJO DE SUFFICIENCIA PROFESIONAL			NORTE:	8 341 266.70			INCLINACIÓN:	45°			ESTRUCTURA:	Tajo Ayahuasca		
				ESTE:	615 058.33			TIPO BROCA:	HQ3			NIVEL DEL AGUA (m):	137.48m		
				ELEVACIÓN:	4 146.02			DIÁMETRO:	96 mm			PROFUNDIDAD FINAL (m):	190.00 m		
													FECHA INICIO:		
													21/09/2018		
													FECHA TÉRMINO:		
													29/09/2018		
													REGISTRADO:		
													V. Ludeña		
													N° PROYECTO:		
													AYA-DH-01		

PARAMETROS DEL RMR (1989)														VALORACIÓN DEL RMR (1989)														Zonificación por alteración	COMENTARIOS									
N° DE CORRIDA	DEDE (m)	HASTA (m)	AVANCE (m)	LITOLOGÍA	RECUPERACIÓN (m)	RECUPERACIÓN (%)	RQD (m)	RQD (%)	N° JUNTAS POR CORRIDA	RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (f)	ESPACIAMIENTO (m)	CORE ORIENTADO				ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES						ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES																
												TIPO DE ESTRUCTURA	PROFUNDIDAD DE LA ESTRUCTURA (m)	Ángulo Alfa (°)	Ángulo Beta (°)	DUREZA O REBOTE DE MARTILLO PELOMETRO (Rc)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUGOSIDAD (valoración)	RELLENO (valoración)	ALTERACIÓN (valoración)	CONDICIÓN DEL AGUA (habilidad)	MATERIAL DE RELLENO 1	MATERIAL DE RELLENO 2	MATERIAL DE RELLENO 3	RMR (1) RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA	RMR (2) RQD			RMR (3) ESPACIAMIENTO	RMR (4-1) PERSISTENCIA	RMR (4-2) ABERTURA	RMR (4-3) RUGOSIDAD	RMR (4-4) RELLENO	RMR (4-5) ALTERACIÓN	RMR (5) AGUA	RMA 1989 (BÁSICO)	CALIDAD DE LA ROCA
145	159.30	160.80	1.50	DACITA	1.50	100.0	0.10	7	10	2	0.14	J	158.56	60	200	17	10.00	2.00	3	2	3	7	Ox	-	-					1	1	3	2	3	7			
				DACITA								J	159.44	30	10	15	10.00	2.00	3	2	3	7	Ox	-	-	2	3	8		1	1	3	2	3	7	30	MALA	
				DACITA								J	159.78	60	60	15	10.00	2.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-					1	1	3	2	3	7			
				DACITA								J	159.97	30	50	15	10.00	2.00	3	2	3	7	Ox	Cl	-					1	1	3	2	3	7			
				DACITA								J	160.22	50	80	15	10.00	2.00	3	2	3	7	Ox	Sd	Cl					1	1	3	2	3	7			
				DACITA								J	160.24	30	230	15	10.00	2.00	3	2	3	7	Sd	Cl	-					1	1	3	2	3	7			
				DACITA								J	160.63	45	220	15	10.00	2.00	3	2	3	7	Ox	Sd	-					1	1	3	2	3	7			
146	160.80	162.30	1.50	DACITA	1.50	100.0	0.00	0	20	1	0.07	J	161.10	30	250	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Cl	Sd	-	1	0	8		1	1	3	2	1	7	24	MALA	
				DACITA								J	161.34	25	20	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Cl	Sd	-					1	1	3	2	1	7			
				DACITA								J	161.97	35	0	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Sd	Cl	-					1	1	3	2	1	7			
147	162.30	163.80	1.50	DACITA	1.40	93.3	0.30	20	15	1	0.09	J	162.50	60	140	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Sd	Ox	-	1	3	8		1	1	3	2	1	7	27	MALA	
				DACITA								J	162.60	30	150	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Sd	Ox	-					1	1	3	2	1	7			
				DACITA								J	162.81	80	90	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Sd	Ox	-					1	1	3	2	1	7			
				DACITA								J	163.35	20	360	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	-					1	1	3	2	1	7			
				DACITA								J	163.66	45	200	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	-	-					1	1	3	2	1	7			
148	163.80	165.30	1.50	DACITA	1.50	100.0	0.40	27	10	2	0.14	J	164.05	30	140	10	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	Cl	2	3	8		1	1	3	2	1	7	28	MALA	
				DACITA								J	164.44	34	220	10	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	-					1	1	3	2	1	7			
				DACITA								J	164.88	46	230	10	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	-					1	1	3	2	1	7			
				DACITA								J	165.12	40	260	10	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	-					1	1	3	2	1	7			
149	165.30	166.80	1.50	DACITA	1.50	100.0	0.30	20	15	2.0	0.09	J	165.60	10	220	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Ox	Sd	-	2	3	8		1	1	3	2	1	7	28	MALA	
Resistencia de la Roca Intacta														Espaciamiento				Persistencia		Apertura		Rugosidad		Relleño		Alteración		Condiciones del agua		Tipo de Relleño								
Tipo de Estructura																																						
Junta	J	El golpe sólo arranca esquirlas		R6	15	90%-100%		20		>200 cm		20	<1 m	6	Nada	6	Muy rugosa	6	Ninguno	6	Inalterada	6	Seco	15	Arcilla	Cl	Ninguna	No										
Corte	SH	Se rompe con muchos golpes(>5)		R5	12	75%-90%		17		60-200 cm		15	1-3m	4	<0.1 mm	5	Rugosa	5	Duro <5 mm	4	Ligeramente Alterada	5	Ug. Húmedo	10	Calota	Ca	Cuarzo	Or										
Estratíf.	B	Se rompe con varios golpes (5)		R4	7	50%-75%		13		20-600 cm		10	3-10 m	2	0.1-1.0 mm	3	Ug. Rugosa	3	Duro >5 mm	2	Moderadamente Alterada	3	Húmedo	7	Clorita	Ch	Arena	Sd										
Venilla	V	Se rompe con un solo golpe		R3	4	25%-50%		6		6-20 cm		8	10-20 m	1	1-5 mm	1	Ondulada	1	Blando <5 mm	2	Muy alterada	1	Goteando	4	Óxido	Ox	Alunita	Al										
Falla	F	Deformable bajo golpes fuertes		R2	2	<25%		3		<6 cm		5	>20 m	0	>5 mm	0	Suave	0	Blando >5 mm	0	Descompuesta	0	Agua fuyendo	0														

At: Sitio granular moderada a alterada

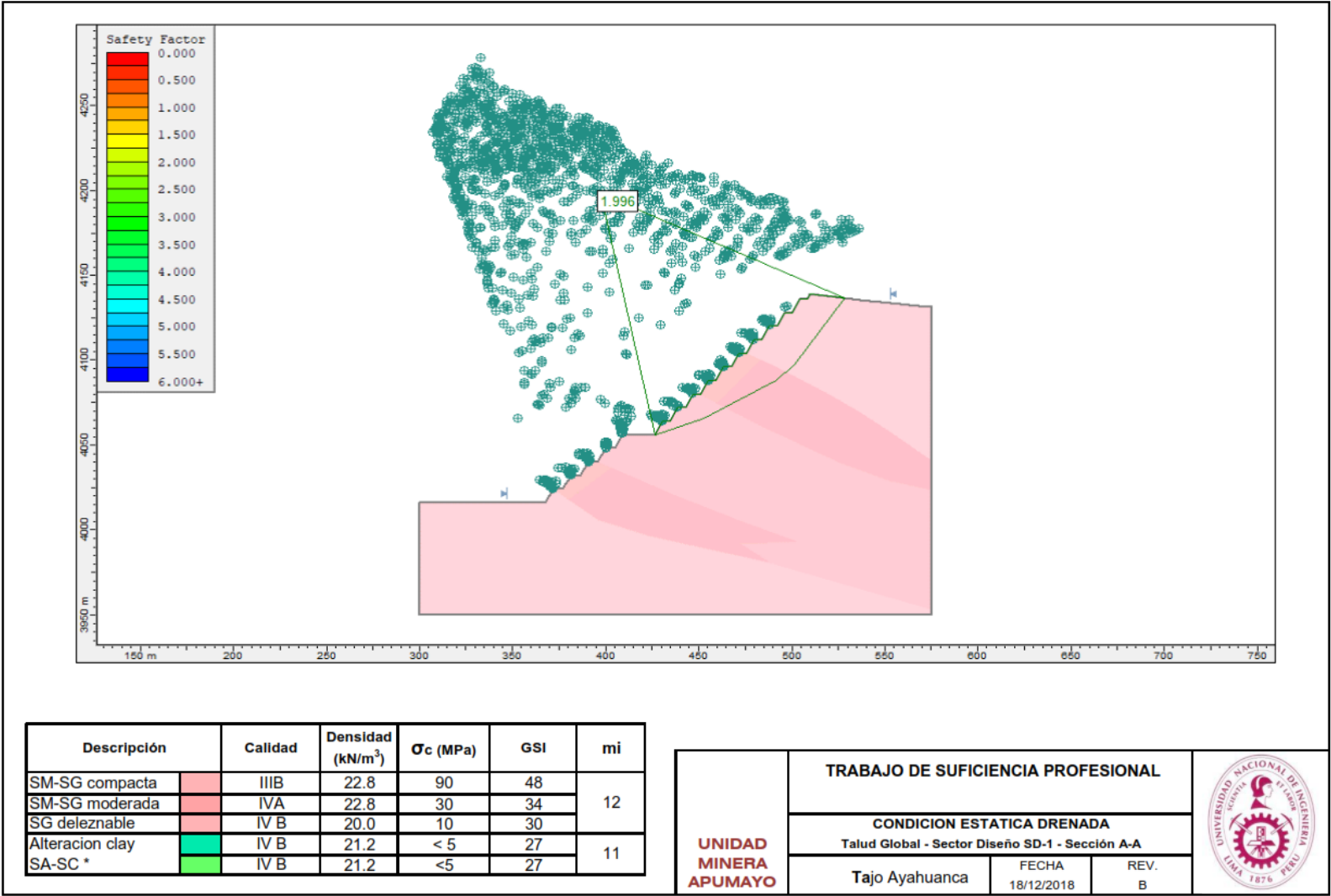
Roca mala, moderadamente alterada a muy alterada, fracturada con tramos triturados, húmedo, color gris pardusco, las juntas ligeramente rugosas, rellenas de óxido, arena y arcilla.

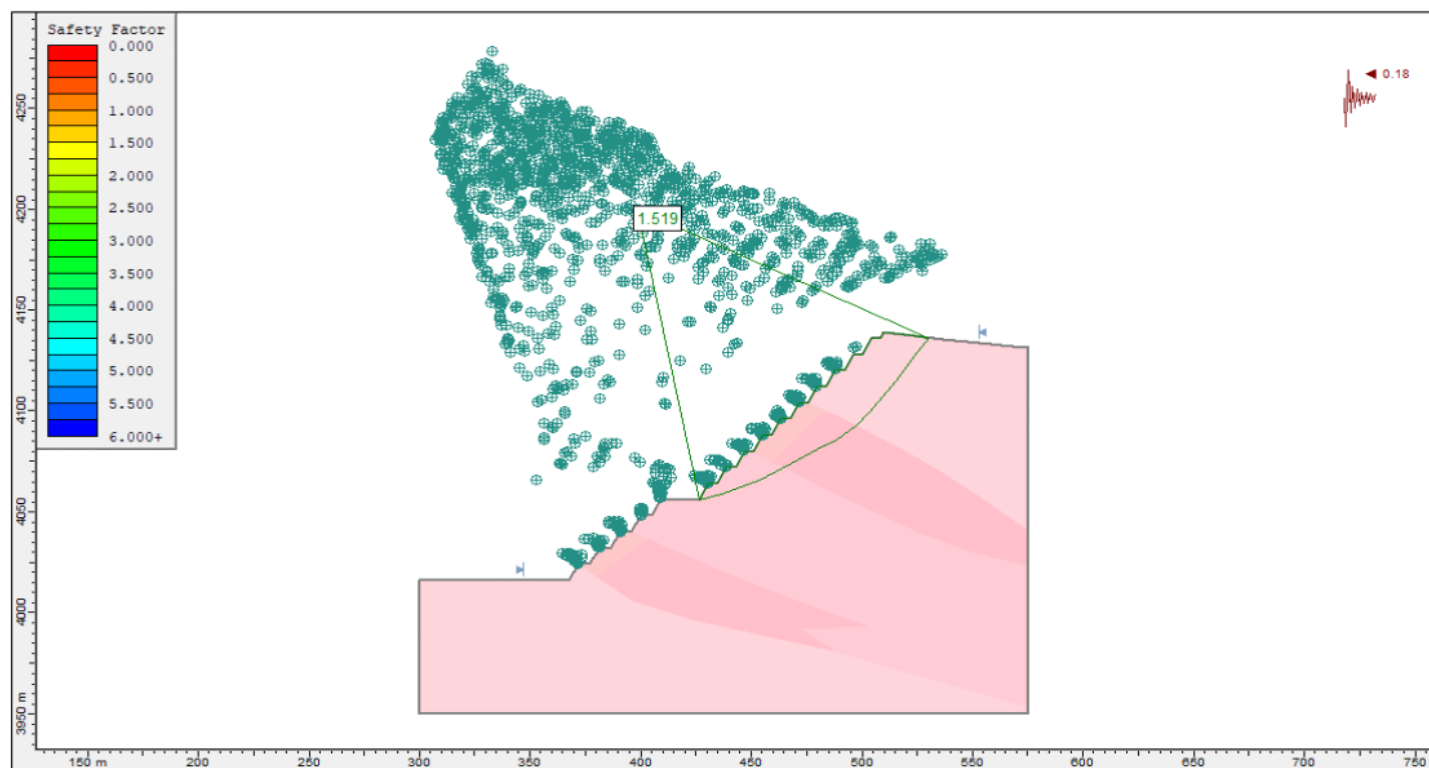
LOGUEO GEOTÉCNICO DE ROCA																																																										
IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO										SISTEMA DE COORDENADAS (UTM)					ORIENTACIÓN DEL COLLAR					DATOS DEL SONDAJE																																						
UNIDAD MINERA: <u>APURIMAYO</u>										DATUM: <u>WGS84</u>					DIRECCIÓN: <u>N224°</u>					NOMBRE DEL SONDAJE: <u>AYA-DH-01</u>					FECHA INICIO: <u>21/09/2018</u>																																	
PROYECTO: <u>TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL</u>										NORTE: <u>8 343 266.70</u>					INCLINACIÓN: <u>45°</u>					ESTRUCTURA: <u>Tajo Ayahuasca</u>					FECHA TÉRMINO: <u>29/09/2018</u>																																	
										ESTE: <u>615 058.33</u>					TIPO BROCA: <u>HQ3</u>					NIVEL DEL AGUA (m): <u>137.48m</u>					REGISTRADO: <u>V. Ludeña</u>																																	
										ELEVACIÓN: <u>4 146.02</u>					DIÁMETRO: <u>96 mm</u>					PROFUNDIDAD FINAL (m): <u>190.00 m</u>					N° PROYECTO: <u>AYA-DH-01</u>																																	
PARAMETROS DEL RMR (1989)															VALORACIÓN DEL RMR (1989)																																											
N° DE CORRIERA	DEBE (m)	HASTA (m)	AVANCE (m)	LITOLOGÍA	RECUPERACIÓN (m)	RECUPERACIÓN (%)	RQD (m)	RQD (%)	N° JUNTAS POR CORRIERA	RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (R _i)	ESPACIAMIENTO (m)	CORE ORIENTADO					ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES					CONDICIÓN DE AGUA (valoración)	MATERIAL DE RELLENO 1	MATERIAL DE RELLENO 2	MATERIAL DE RELLENO 3	RMR (1) RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA	RMR (2) RQD	RMR (3) ESPACIAMIENTO	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES					RMR (5) AGUA	RMR 1989 (BÁSICO)	CALIDAD DE LA ROCA																						
												TIPO DE ESTRUCTURA	PROFUNDIDAD DE LA ESTRUCTURA (m)	Ángulo Alfa (°)	Ángulo Beta (°)	DUREZA O RESISTENCIA DE MARTILLO PROMEDIO (R _L)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (mm)	RUGOSIDAD (valoración)	RELLENO (valoración)	ALTERACIÓN (valoración)								RMR (4-1) PERSISTENCIA	RMR (4-2) ABERTURA	RMR (4-3) RUGOSIDAD	RMR (4-4) RELLENO	RMR (4-5) ALTERACIÓN																									
				DACITA								J	166.04	70	80	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Sd	-	-				1	1	3	2	1	7																								
				DACITA								J	166.63	60	220	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Sd	Ok	-				1	1	3	2	1	7																								
				DACITA								J	166.69	50	260	-	10.00	1.00	3	2	1	7	Sd	Ok	-				1	1	3	2	1	7																								
150	166.80	168.30	1.50	DACITA	1.50	100.0	0.00	0	20	1	0.07	J	167.05	30	180	-	15.00	1.00	3	2	1	7	Sd	Ok	-	1	0	8	1	1	3	2	1	7	24	MALA																						
				DACITA								J	167.50	20	180	-	15.00	1.00	3	2	1	7	Sd	Ok	-				1	1	3	2	1	7																								
				DACITA								J	167.18	40	200	-	15.00	1.00	3	2	1	7	Sd	-	-				1	1	3	2	1	7																								
151	168.30	169.30	1.00	DACITA	0.90	90.0	0.00	0	20	1	0.04	J	168.74	90	0	-	15.00	5.00	3	2	1	7	Sd	Ok	-	1	0	5	1	1	3	2	1	7	21	MALA																						
				DACITA								J	169.20	50	240	-	15.00	1.00	3	2	1	7	Sd	Ok	-				1	1	3	2	1	7																								
152	169.30	170.90	1.60	DACITA	1.60	100.0	0.00	0	20	1	0.08	-	-	-	-	-	15.00	5.00	3	2	1	7	Sd	Cl	-	1	0	8	1	1	3	2	1	7	24	MALA																						
153	170.90	172.40	1.50	DACITA	1.25	83.3	0.00	0	20	1	0.06	J	171.63	85	270	-	15.00	5.00	3	2	1	7	Sd	Cl	-	1	0	5	1	1	3	2	1	7	21	MALA																						
				DACITA								J	172.05	30	130	-	15.00	5.00	3	2	1	7	Sd	Cl	-				1	1	3	2	1	7																								
154	172.40	173.60	1.20	DACITA	1.10	91.7	0.00	0	20	1	0.05	J	173.04	60	220	-	15.00	5.00	3	2	1	7	Sd	Cl	-	1	0	5	1	1	3	2	1	7	21	MALA																						
155	173.60	174.30	0.70	DACITA	0.40	57.1	0.00	0	20	1	0.02	-	-	-	-	-	15.00	5.00	3	2	1	7	Sd	Cl	-	1	0	5	1	1	3	2	1	7	21	MALA																						
156	174.30	175.30	1.00	DACITA	1.00	100.0	0.00	0	20	1	0.05	J	175.24	85	0	-	15.00	5.00	3	2	1	7	Sd	Cl	-	1	0	5	1	1	3	2	1	7	21	MALA																						
157	175.30	176.90	1.60	DACITA	1.60	100.0	0.00	0	20	1	0.08	J	176.38	30	230	-	15.00	5.00	3	2	1	7	Sd	Cl	Ok	1	0	8	1	1	3	2	1	7	24	MALA																						
158	176.90	178.50	1.60	DACITA	1.60	100.0	0.00	0	20	1	0.08	J	177.38	60	240	-	15.00	5.00	3	2	1	7	Sd	Cl	-	1	0	8	1	1	3	2	1	7	24	MALA																						
159	178.50	179.50	1.00	DACITA	1.00	100.0	0.00	0	20	1	0.05	-	-	-	-	-	15.00	5.00	3	2	1	7	Sd	Cl	-	1	0	5	1	1	3	2	1	7	21	MALA																						
160	179.50	180.30	0.80	DACITA	0.80	100.0	0.00	0	20	1	0.04	-	-	-	-	-	15.00	5.00	3	2	1	7	Sd	Cl	Ok	1	0	5	1	1	3	2	1	7	21	MALA																						
161	180.30	181.30	1.00	DACITA	1.00	100.0	0.00	0	20	0	0.05	-	-	-	-	-	15.00	5.00	2	2	1	7	Sd	Cl	-	0	0	5	1	1	2	2	1	7	19	MUY MALA																						
162	181.30	182.30	1.00	DACITA	0.90	90.0	0.00	0	20	0	0.04		181.71	70	100	-	15.00	5.00	1	2	1	7	Sd	-	-	0	0	5	1	1	1	2	1	7	18	MUY MALA																						
Tipo de Estructura		Resistencia de la Roca Intacta				RQD				Espaciamento				Persistencia				Apertura				Rugosidad				Relleno				Alteración				Condiciones del agua				Tipo de Relleno																				
Junta	J	El golpe sólo arranca esquirlas				R6	15		90%-100%				20	>200 cm				20	<1 m				6	Nada				6	Muy rugosa				6	Ninguno				6	Inalterada				6	Seco				15	Arcilla				Cl	Ninguna				No
Corte	SH	Se rompe con muchos golpes(>5)				R5	12		75%-90%				17	60-200 cm				15	1-3m				4	<0.1 mm				5	Rugosa				5	Duro <5 mm				4	Ligeramente Alterada				5	Ug. Húmedo				10	Calcita				Ca	Cuarcio				qr
Estratíf.	B	Se rompe con varios golpes (5)				R4	7		50%-75%				13	20-600 cm				10	3-10 m				2	0.1-1.0 mm				3	Lig. Rugosa				3	Duro >5 mm				2	Moderadamente Alterada				3	Húmedo				7	Clorita				Ch	Arenia				Sd
Venilla	V	Se rompe con un solo golpe				R3	4		25%-50%				6	6-20 cm				8	10-20 m				1	1-5 mm				1	Ondulada				1	Blando <5 mm				2	Muy alterada				1	Goteando				4	Óxido				Ok	Alunita				al
Falla	F	Deflexable bajo golpes fuertes				R2	2		<25%				3	<6 cm				5	>20 m				0	>5 mm				0	Suave				0	Blando >5 mm				0	Descompuesta				0	Agua fluyendo				0										

Al: Sólido granular moderada a deformable.

Roca mala a muy mala, muy alterada, fracturada a triturada, húmedo, color gris pardusco, las juntas ligeramente rugosas, rellenos de óxidos, arena y arcilla.

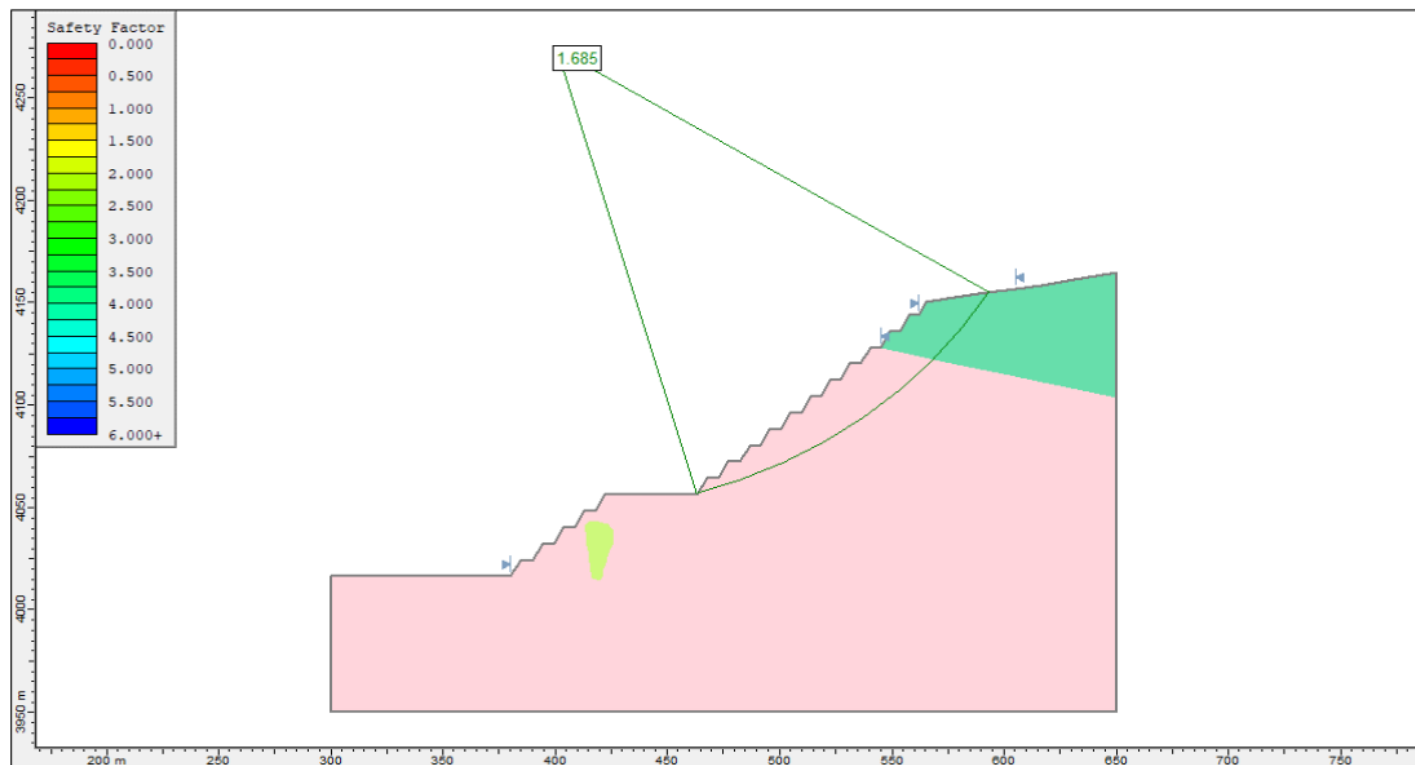
Anexo 3: Análisis de estabilidad física condición drenada





Descripción		Calidad	Densidad (kN/m ³)	σ_c (MPa)	GSI	mi
SM-SG compacta		IIIB	22.8	90	48	12
SM-SG moderada		IVA	22.8	30	34	
SG deleznable		IV B	20.0	10	30	
Alteracion clay		IV B	21.2	< 5	27	11
SA-SC *		IV B	21.2	< 5	27	

UNIDAD MINERA APUMAYO	TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL			
	CONDICION SEUDOESTATICA DRENADA			
	Talud Global - Sector Diseño SD-1 - Sección A-A			
	Tajo Ayahuanca	FECHA 18/12/2018	REV. B	



Descripción	Calidad	Densidad (kN/m ³)	σ_c (MPa)	GSI	mi
SM-SG compacta	IIIB	22.8	90	48	12
SM-SG moderada	IVA	22.8	30	34	
SG deleznable	IV B	20.0	10	30	
Alteracion clay	IV B	21.2	< 5	27	11
SA-SC *	IV B	21.2	<5	27	

**UNIDAD
MINERA
APUMAYO**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

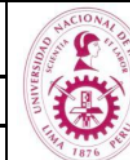
CONDICION ESTATICA DRENADA

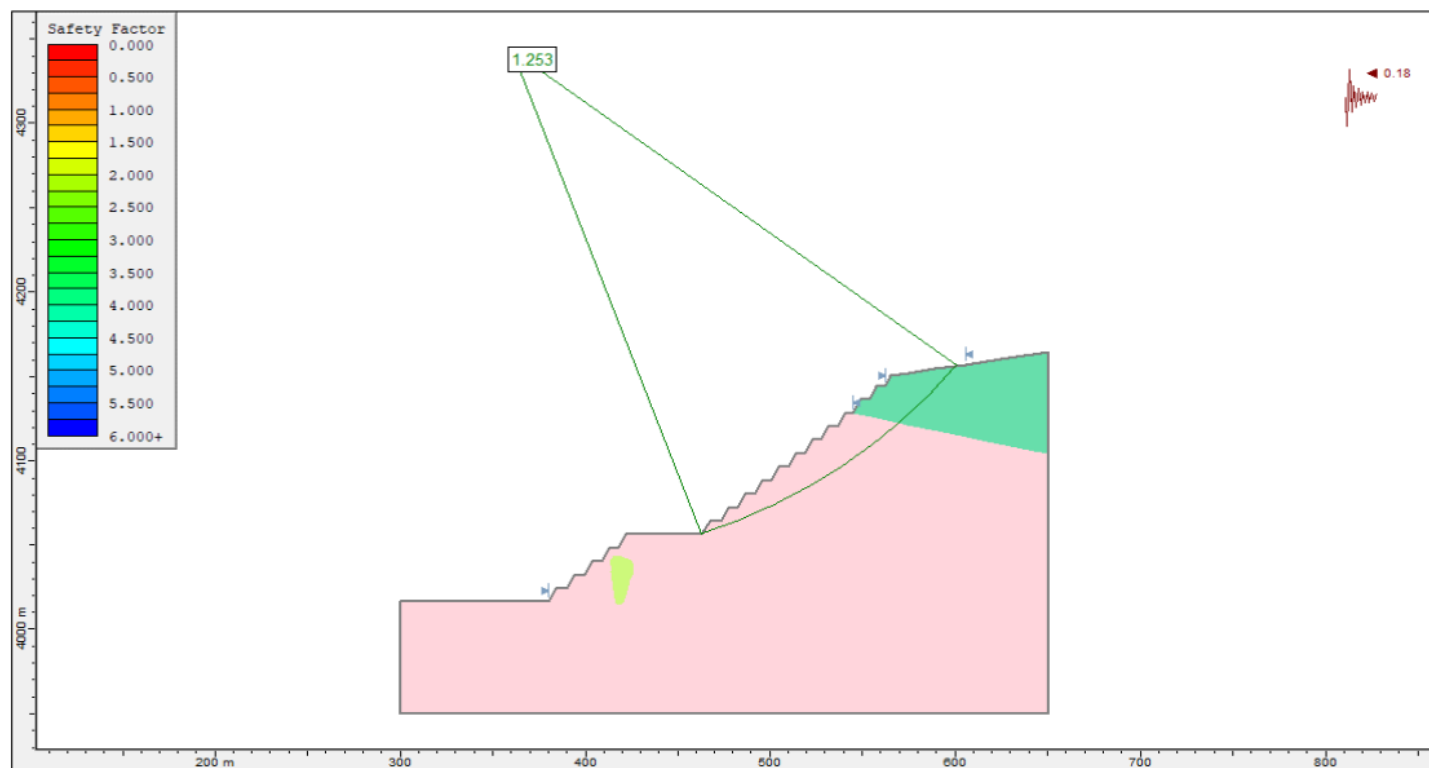
Talud Global - Sector Diseño SD-2 - Sección B-B

Tajo Ayahuanca

FECHA
18/12/2018

REV.
B

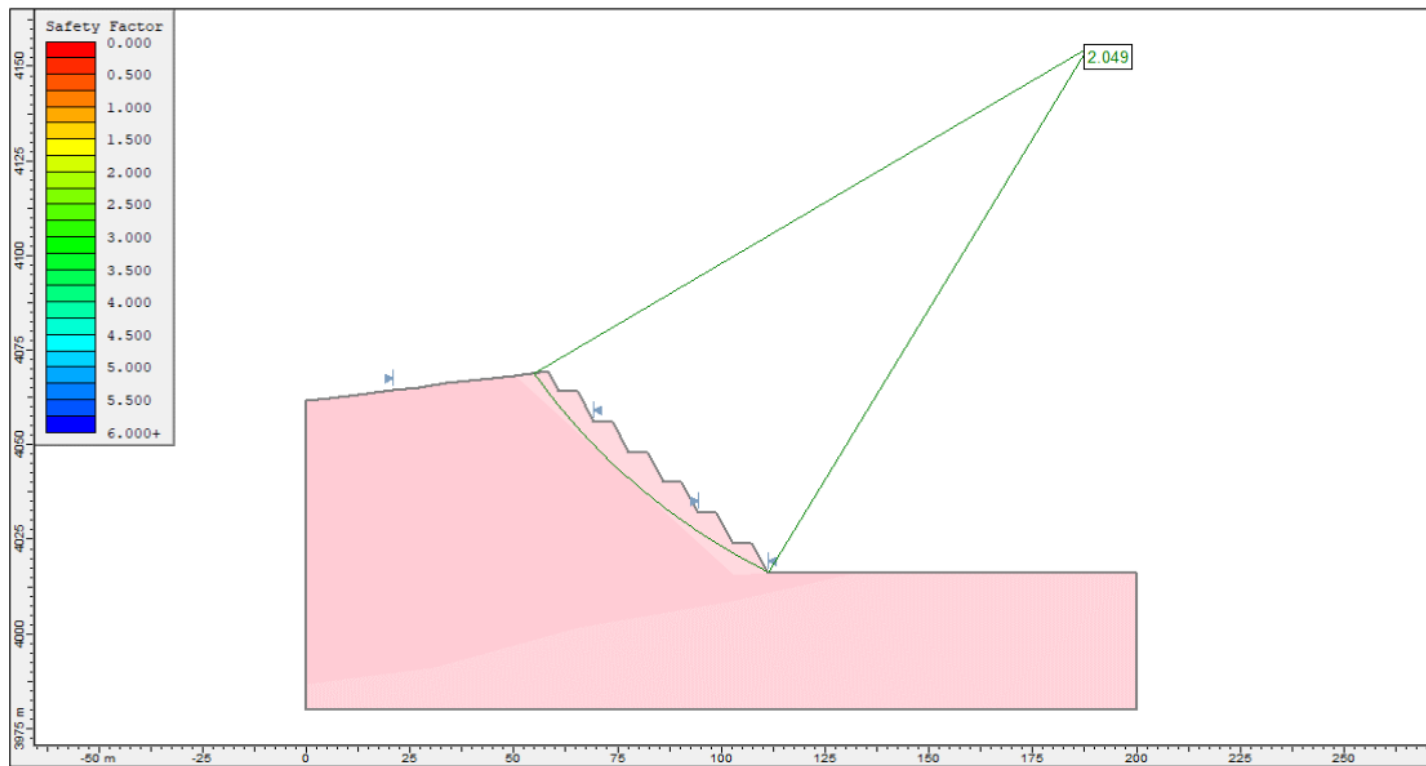




Descripción	Calidad	Densidad (kN/m ³)	σ_c (MPa)	GSI	mi
SM-SG compacta	IIIB	22.8	90	48	12
SM-SG moderada	IVA	22.8	30	34	
SG deleznable	IV B	20.0	10	30	
Alteracion clay	IV B	21.2	< 5	27	11
SA-SC *	IV B	21.2	<5	27	

UNIDAD MINERA APUMAYO	TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL		
	CONDICION SEUDOESTATICA DRENADA		
	Talud Global - Sector Diseño SD-2 - Sección B-B		
	Tajo Ayahuanca	FECHA 18/12/2018	REV. B

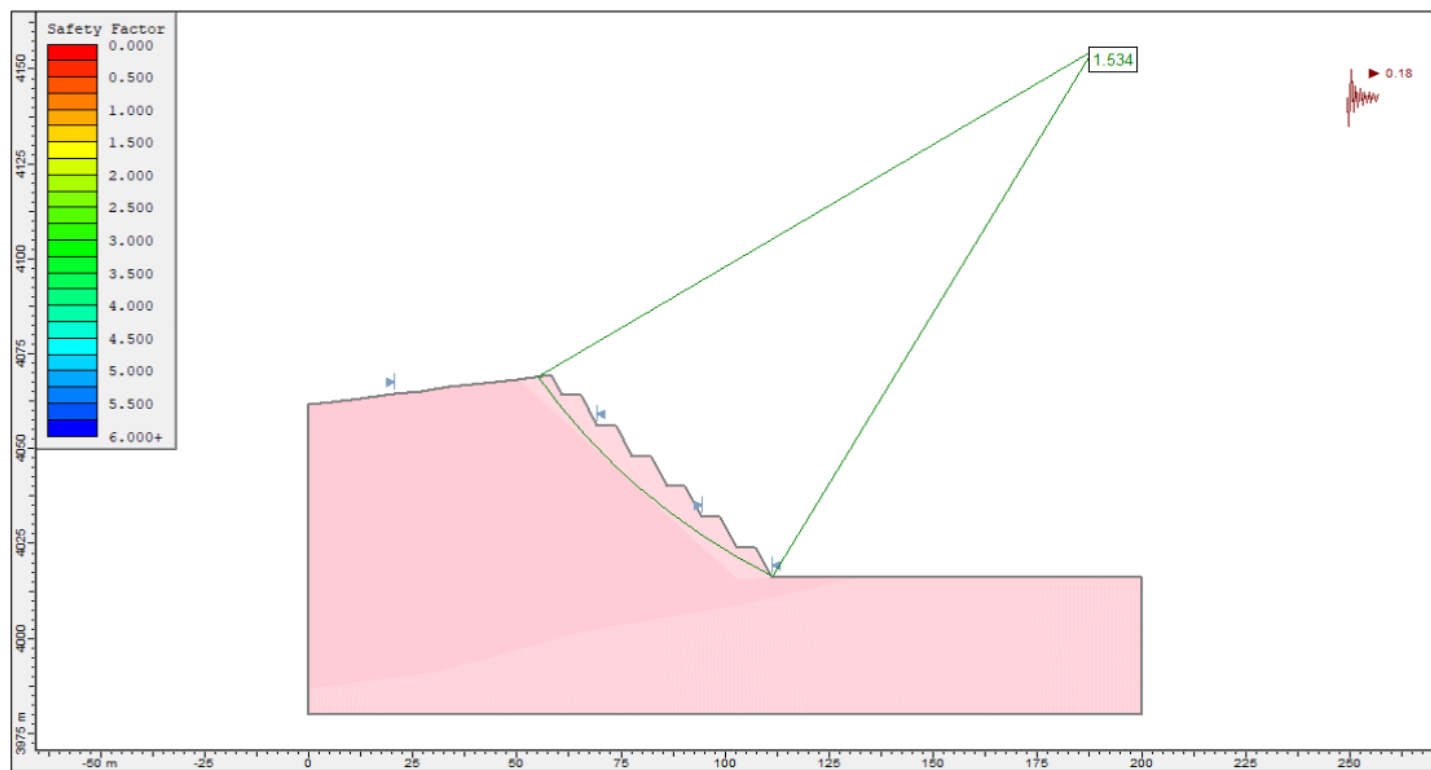




Descripción		Calidad	Densidad (kN/m ³)	σ_c (MPa)	GSI	mi
SM-SG compacta		IIIB	22.8	90	48	12
SM-SG moderada		IVA	22.8	30	34	
SG deleznable		IV B	20.0	10	30	
Alteracion clay		IV B	21.2	< 5	27	11
SA-SC *		IV B	21.2	<5	27	

UNIDAD MINERA APUMAYO	TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL		
	CONDICION ESTATICA DRENADA		
	Talud Global - Sector Diseño SD-3 - Sección C-C		
	Tajo Ayahuanca	FECHA 18/12/2018	REV. B



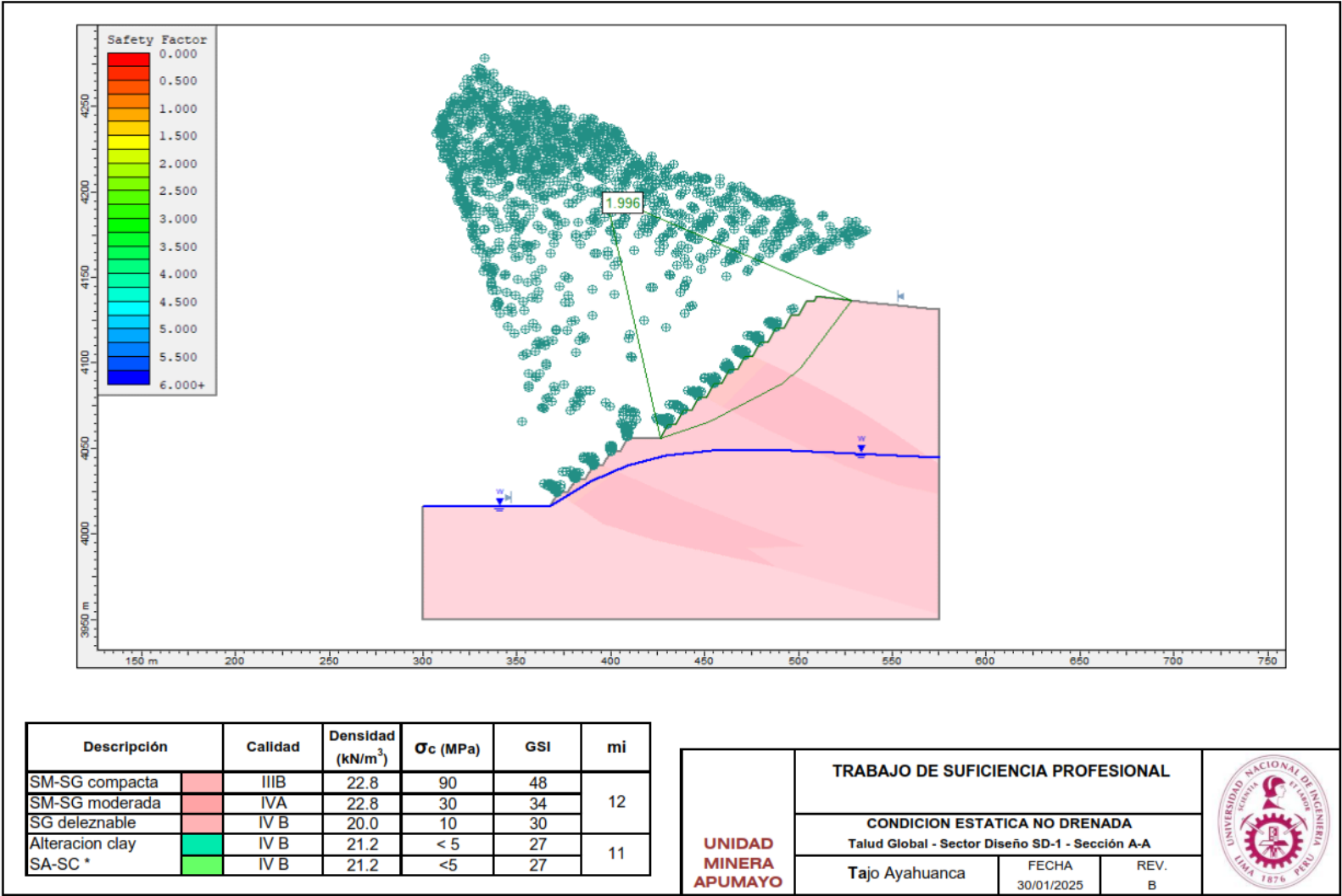


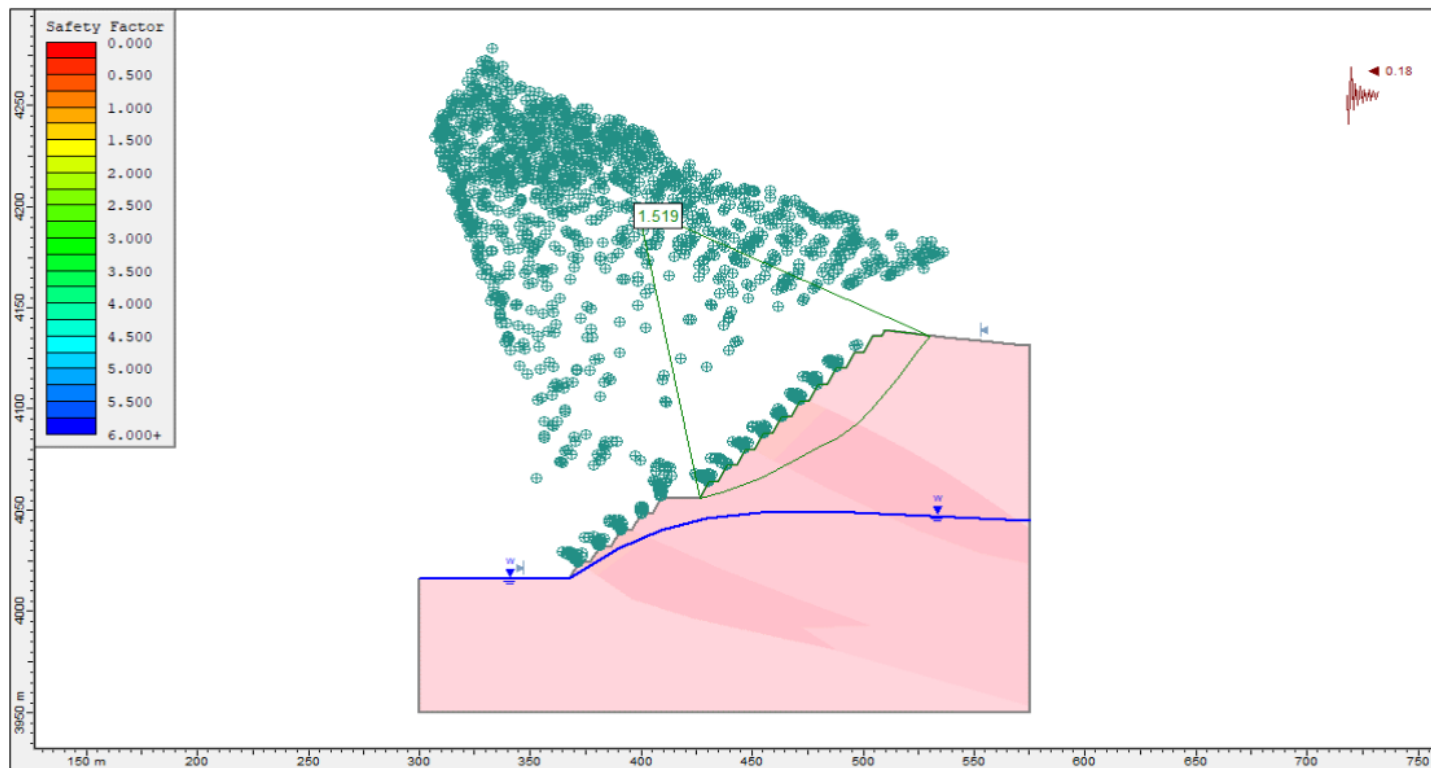
Descripción	Calidad	Densidad (kN/m ³)	σ_c (MPa)	GSI	mi
SM-SG compacta	IIIB	22.8	90	48	12
SM-SG moderada	IVA	22.8	30	34	
SG deleznable	IV B	20.0	10	30	
Alteracion clay	IV B	21.2	< 5	27	11
SA-SC *	IV B	21.2	<5	27	

UNIDAD MINERA APUMAYO	TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL		
	CONDICION SEUDOESTATICA DRENADA		
	Talud Global - Sector Diseño SD-3 - Sección C-C		
	Tajo Ayahuanca	FECHA 18/12/2018	REV. B



Anexo 4: Análisis de estabilidad física condición no drenada

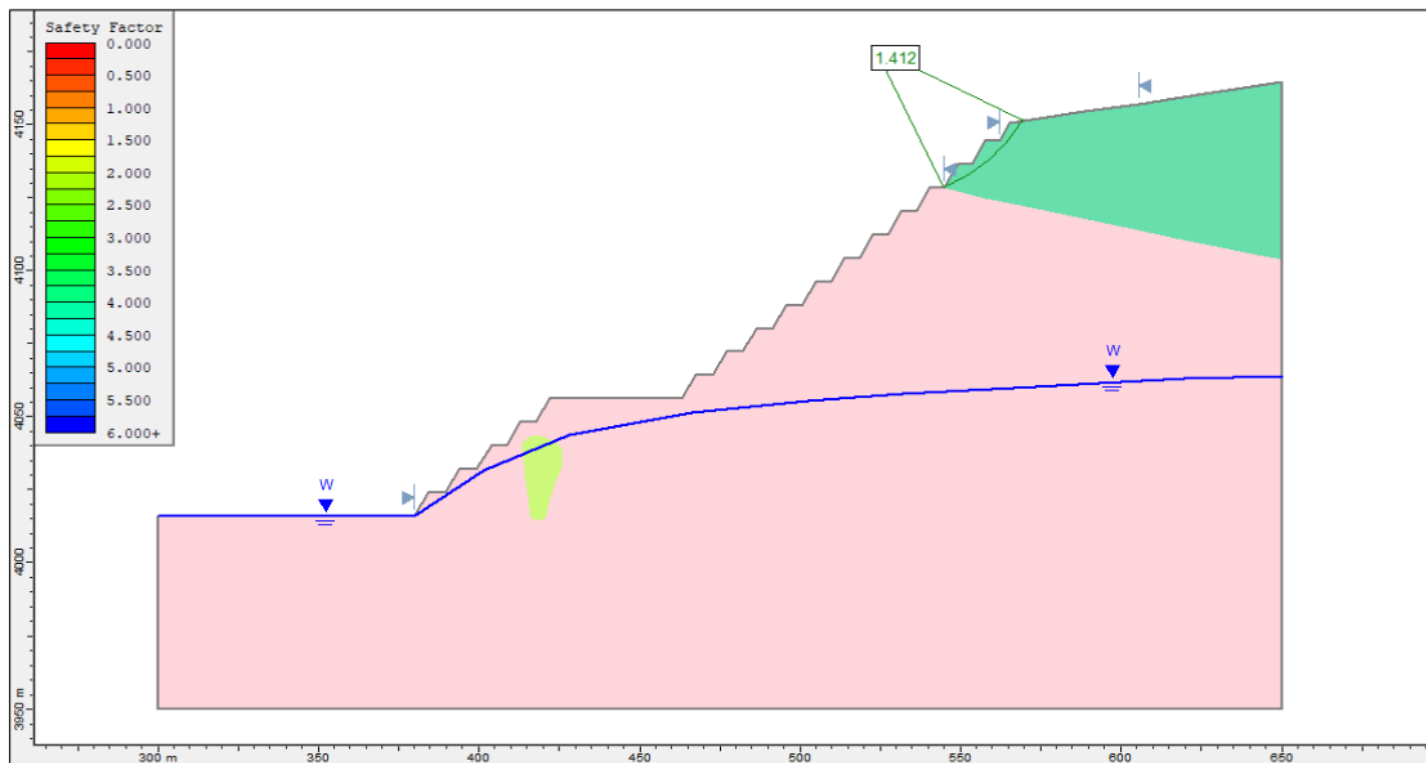




Descripción		Calidad	Densidad (kN/m ³)	σ_c (MPa)	GSI	mi
SM-SG compacta		IIIB	22.8	90	48	12
SM-SG moderada		IVA	22.8	30	34	
SG deleznable		IV B	20.0	10	30	
Alteracion clay		IV B	21.2	< 5	27	11
SA-SC *		IV B	21.2	<5	27	

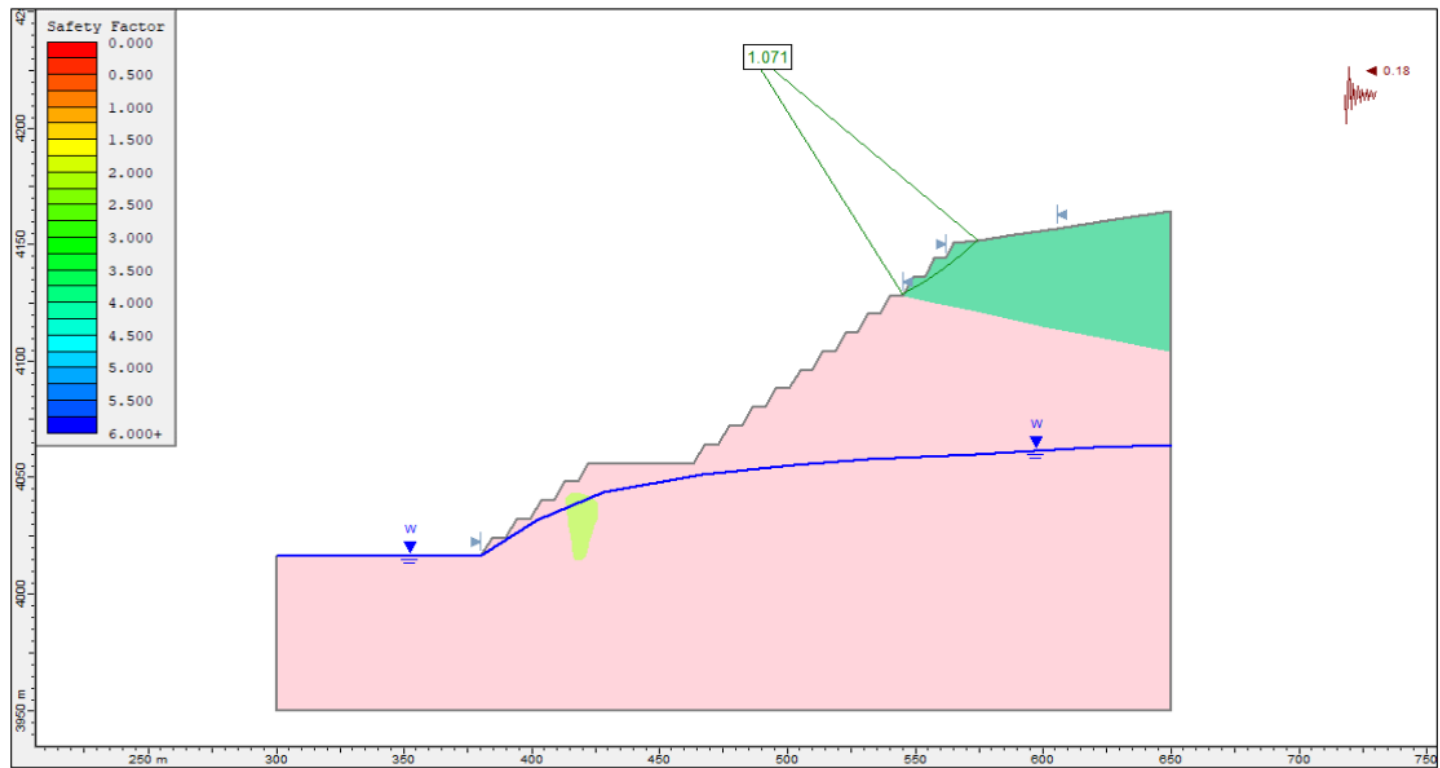
UNIDAD MINERA APUMAYO	TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL		
	CONDICION SEUDOESTATICA NO DRENADA		
	Talud Global - Sector Diseño SD-1 - Sección A-A		
	Tajo Ayahuanca	FECHA 30/01/2025	REV. B





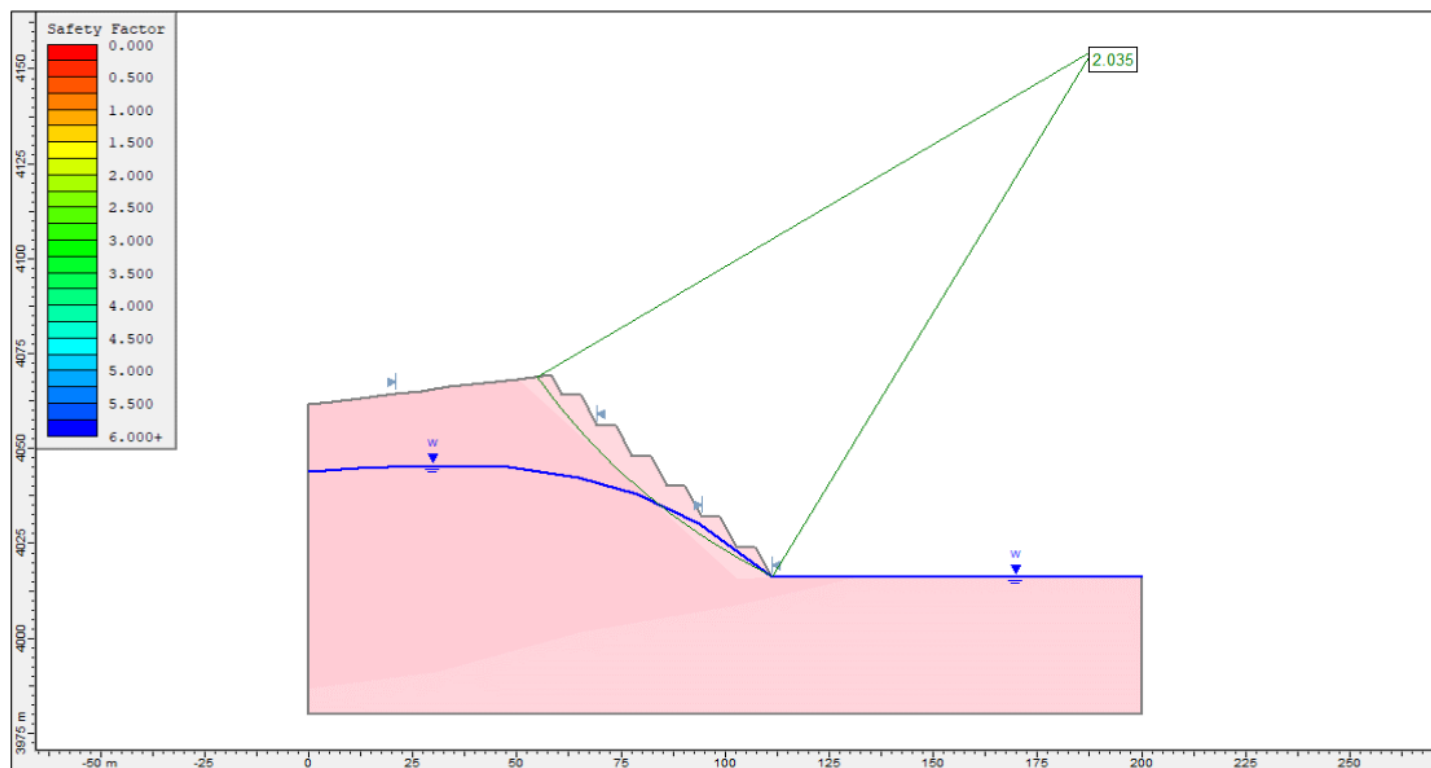
Descripción	Calidad	Densidad (kN/m ³)	σ_c (MPa)	GSI	mi
SM-SG compacta	IIIB	22.8	90	48	12
SM-SG moderada	IVA	22.8	30	34	
SG deleznable	IV B	20.0	10	30	
Alteracion clay	IV B	21.2	< 5	27	11
SA-SC *	IV B	21.2	<5	27	

UNIDAD MINERA APUMAYO	TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL			
	CONDICION ESTATICA NO DRENADA			
	Talud Global - Sector Diseño SD-2 - Sección B-B			
	Tajo Ayahuanca	FECHA 30/01/2025	REV. B	



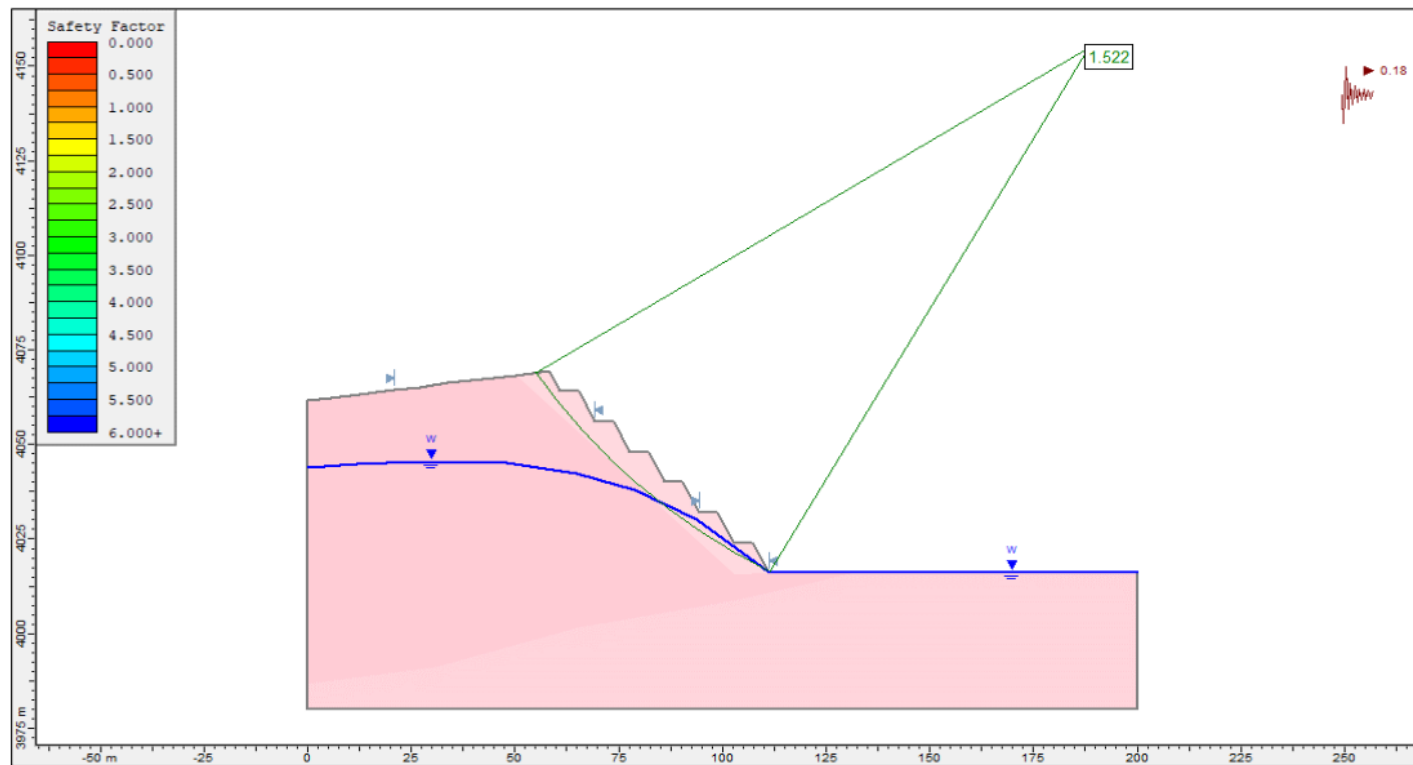
Descripción		Calidad	Densidad (kN/m ³)	σ_c (MPa)	GSI	mi
SM-SG compacta		IIIB	22.8	90	48	12
SM-SG moderada		IVA	22.8	30	34	
SG deleznable		IV B	20.0	10	30	
Alteración clay		IV B	21.2	< 5	27	11
SA-SC *		IV B	21.2	<5	27	

UNIDAD MINERA APUMAYO	TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL			
	CONDICION SEUDOESTATICA NO DRENADA			
	Talud Global - Sector Diseño SD-2 - Sección B-B			
	Tajo Ayahuanca	FECHA 30/01/2025	REV. B	



Descripción		Calidad	Densidad (kN/m ³)	σ_c (MPa)	GSI	mi
SM-SG compacta		IIIB	22.8	90	48	12
SM-SG moderada		IVA	22.8	30	34	
SG deleznable		IV B	20.0	10	30	
Alteracion clay		IV B	21.2	< 5	27	11
SA-SC *		IV B	21.2	<5	27	

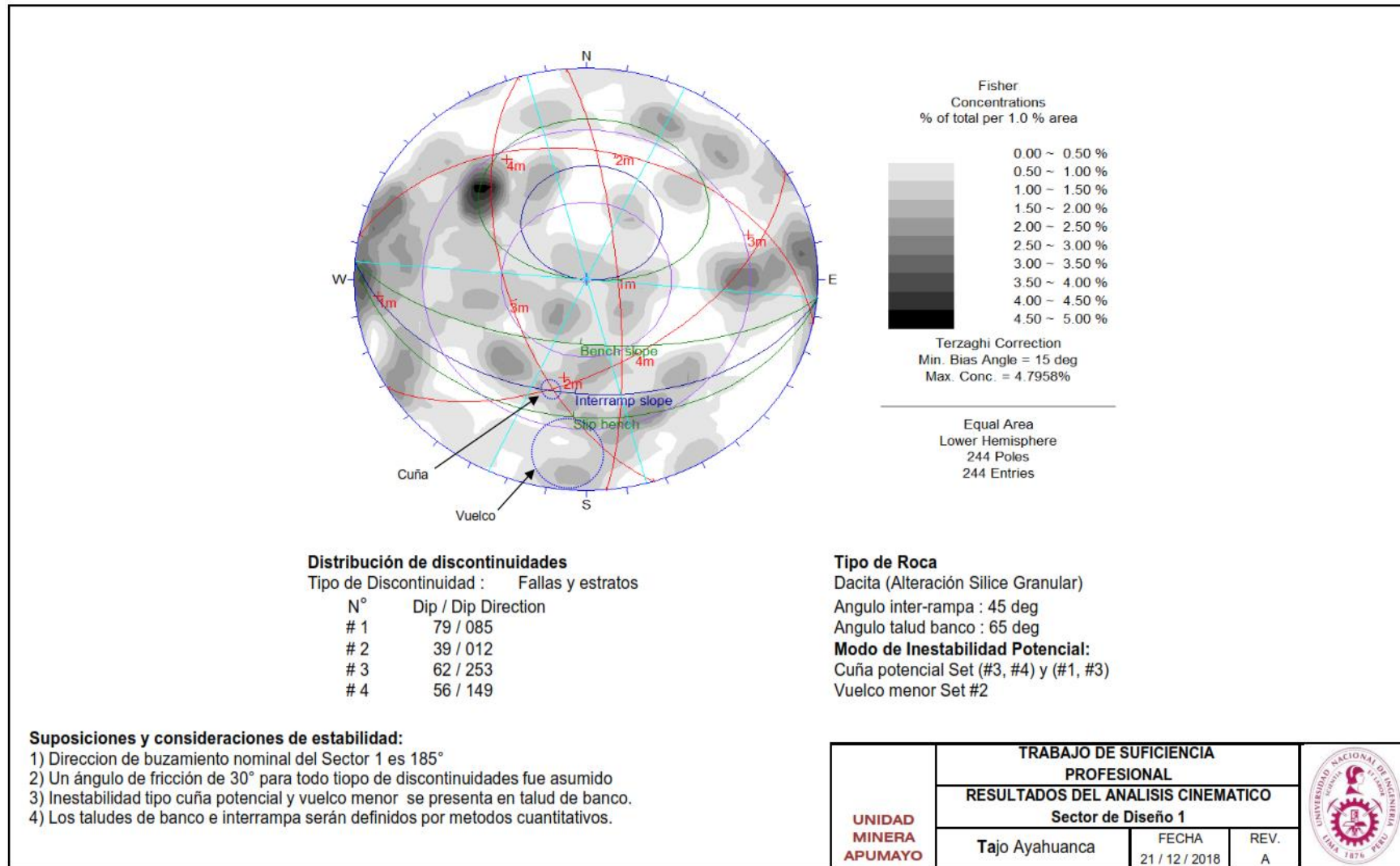
UNIDAD MINERA APUMAYO	TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL			
	CONDICION ESTATICA NO DRENADA			
	Talud Global - Sector Diseño SD-3 - Sección C-C			
	Tajo Ayahuanca	FECHA 30/01/2025	REV. B	

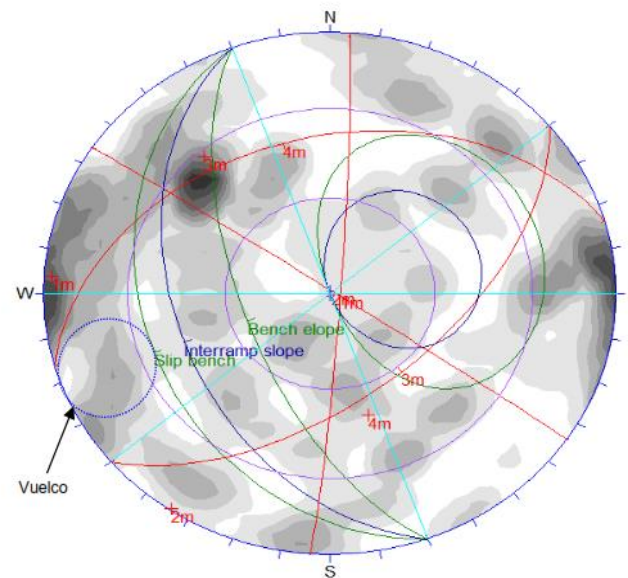


Descripción		Calidad	Densidad (kN/m ³)	σ_c (MPa)	GSI	mi
SM-SG compacta		IIIB	22.8	90	48	12
SM-SG moderada		IVA	22.8	30	34	
SG deleznable		IV B	20.0	10	30	
Alteracion clay		IV B	21.2	< 5	27	11
SA-SC *		IV B	21.2	<5	27	

UNIDAD MINERA APUMAYO	TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL			
	CONDICION SEUDOESTATICA NO DRENADA			
	Talud Global - Sector Diseño SD-3 - Sección C-C			
	Tajo Ayahuanca	FECHA 30/01/2025	REV. B	

Anexo 5: Análisis cinemático





Distribución de discontinuidades

Tipo de Discontinuidad : Fallas y estratos

N°	Dip / Dip Direction
# 1	87 / 094
# 2	89 / 034
# 3	58 / 140
# 4	40 / 334

Tipo de Roca

Dacita (Alteración Silíce Granular)

Angulo inter-rampa : 45 deg

Angulo talud banco : 65 deg

Modo de Inestabilidad Potencial:

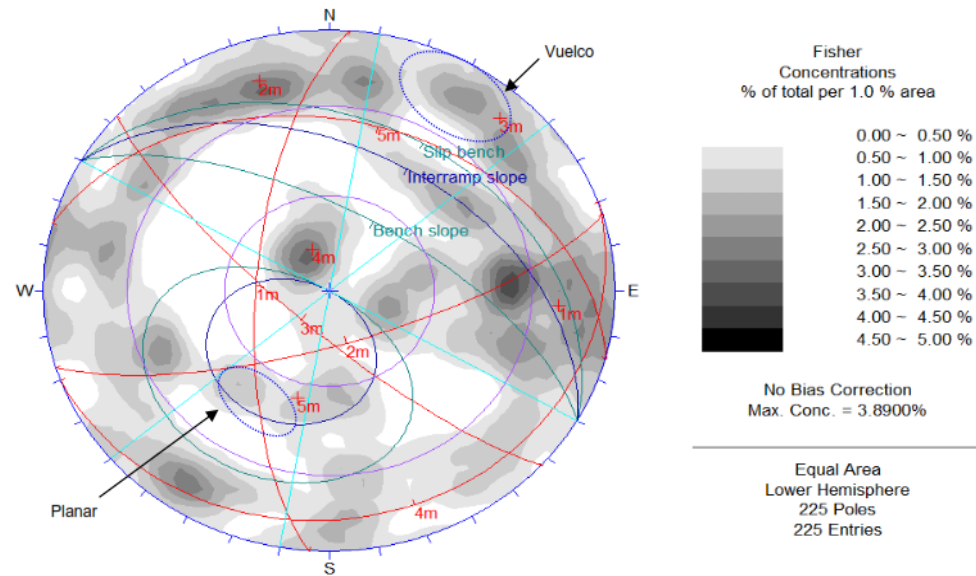
Vuelco potencial Set #1

Suposiciones y consideraciones de estabilidad:

- 1) Dirección de buzamiento nominal del Sector 2 es 250°
- 2) Un ángulo de fricción de 30° para todo tipo de discontinuidades fue asumido
- 3) Inestabilidad tipo vuelco potencial se presenta en los taludes de este sector.
- 4) Los taludes de banco e interrampa serán definidos por métodos cuantitativos..

UNIDAD MINERA APUMAYO	TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL		
	RESULTADOS DEL ANALISIS CINEMATICO		
	Sector de Diseño 2		
	Tajo Ayahuanca	FECHA 21 / 12 / 2018	REV. A





Distribución de discontinuidades

Tipo de Discontinuidad : Fallas y estratos

N°	Dip / Dip Direction
# 1	69 / 274
# 2	73 / 163
# 3	78 / 222
# 4	14 / 160
# 5	35 / 015

Tipo de Roca

Dacita (Alteración Silíce Granular)

Angulo inter-rampa : 45 deg

Angulo talud banco : 65 deg

Modo de Inestabilidad Potencial:

Vuelco potencial Set #1

Falla planar menor Set #5

Suposiciones y consideraciones de estabilidad:

- 1) Dirección de buzamiento nominal del Sector 3 es 030°
- 2) Un ángulo de fricción de 30° para todo tipo de discontinuidades fue asumido
- 3) Inestabilidad tipo vuelco potencial mas falla planar menor se presenta en los taludes de banco e interrampa.
- 4) Los taludes de banco e interrampa serán definidos por metodos cuantitativos.

UNIDAD MINERA APUMAYO	TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL		
	RESULTADOS DEL ANALISIS CINEMATICO Sector de Diseño 3		
	Tajo Ayahuanca	FECHA 21 / 12 / 2018	REV. A

