

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**Estudio de la estabilidad del macizo rocoso, medidas de mejora y protección
del Cerro Colorado de la provincia de Bagua, departamento de Amazonas -
2022**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Lider David Collazos Palomino

ASESOR

Juan Merino Roncero

<https://orcid.org/0000-0002-5753-7664>

Chiclayo, 2024

**Estudio de la estabilidad del macizo rocoso, medidas de mejora y
protección del Cerro Colorado de la provincia de Bagua,
departamento de Amazonas – 2022**

PRESENTADO POR
Lider David Collazos Palomino

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Ludeña Gutierrez Lucas
PRESIDENTE

Angel Alberto Lorren Palomino
SECRETARIO

Juan Merino Roncero
VOCAL

Dedicatoria

A mis amados padres, por ser la fuente inagotable de amor, apoyo y sacrificio. Gracias por su incansable aliento, por creer en mí cuando dudaba y por ser mi faro en los momentos oscuros. Este logro es tanto de ustedes como mío. A mi estimado asesor, por su guía experta, paciencia infinita y dedicación constante. Su sabiduría y orientación fueron fundamentales para dar forma a este trabajo. Aprecio enormemente su compromiso con mi crecimiento académico y profesional. A mis leales amigos, quienes compartieron risas, desafíos y momentos de distracción necesarios para mantener el equilibrio. Su amistad ha sido mi roca, recordándome que la vida va más allá de los estudios y que cada paso cuenta. Gracias a todos por formar parte de este viaje, sus contribuciones han dejado una huella imborrable en mi corazón.

Agradecimientos









Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mis padres, asesor, y todas las personas involucradas en este trabajo de investigación, por su orientación y apoyo durante este proyecto. También agradezco a mi amiga Yesica Judith Vasquez Soto por su valiosa contribución. Agradezco el apoyo de mis amigos Fernando Montenegro Valle, Diego Delgado Soto y familiares, así como el acceso a recursos bibliográficos y bases de datos. Su ayuda fue fundamental para el éxito de este trabajo de investigación.

ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO, MEDIDAS DE MEJORA Y PROTECCION DEL CERRO COLORADO DE LA PROVINCIA DE BAGUA, DEPARTAMENTO DE AMAZONAS - 2022

IN ORMEOEORIGINAUDAD



FUENTES PRJMARIAS

	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	4%
	docslide.us Fuente de Internet	1%
	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
	fdocuments.es Fuente de Internet	1%
	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
	idoc.pub Fuente de Internet	1%
	docplayer.es Fuente de Internet	<1%
	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%

Índice

RESUMEN.....	10
Abstract	11
Introducción	12
Realidad problemática	13
Formulación del problemaProblema general.....	16
Problemas específicos.....	16
Justificación	16
Objetivos Objetivo General	17
objetivos específicos.....	17
Antecedentes.....	17
Bases teóricas	19
Descripción y caracterización de macizos rocosos en afloramientos	19
Definición de roca y suelo.....	19
Matriz rocosa, discontinuidad y macizo rocoso.....	20
Matriz rocosa.....	20
Discontinuidad.....	20
Macizo Rocosos	20
Procedimiento para la descripción de afloramientos.....	20
Clasificación de Barton	20
Tipos de taludes	21
Colapso	21
Factor de seguridad vs probabilidad de rotura.....	21
Material del talud.....	21
Medio rocoso	21
Suelo.....	22
Rellenos	22

Análisis de estabilidad de talud	22
Análisis de equilibrio limite.....	22
Pesos unitarios y presión de poros.....	22
Superficie freática.....	22
Datos piezométricos.....	23
Relación de presión de poros	23
Superficie piezométrica	23
Peso específico	23
Grado de absorción	24
Porcentaje de humedad	24
Grado de saturación S_s	25
Índice de poros.....	25
Porosidad.....	26
Metodología	26
Tipo de estudio y diseño de contrastación de hipótesis	26
Población, muestra de estudio y muestreo.....	26
Hipótesis	28
Variables-Operacionalización	28
Técnicas.....	33
Instrumentos	33
Datos de entrada Swedge	33
Estrategia metodológica para la demostración de la hipótesis.....	35
Metodología para la obtención de datos insitu.....	36
Descripción general del afloramiento y división de estaciones o zonas.....	36
Descripción a detalle por estación o Zona.....	37
Descripción del macizo rocoso.....	38
Descripción de las discontinuidades	39

Orientación	39
Espaciamiento.....	40
Persistencia o continuidad	40
Rugosidad	41
Resistencia de las paredes de la discontinuidad.....	42
Abertura.....	43
Relleno.....	43
Flujo o filtraciones	44
Clasificación Geo-mecánica del macizo rocoso.	44
Clasificación de Bieniawski o RMR(Rock Mass Rating)	44
Obtención del Índice RMR.....	44
1. Resistencia a compresión Simple de la matriz Rocosa;	44
2. RQD (Rock Quality Designation)	45
3. Espaciado de las juntas.....	45
4. Naturaleza de la junta	46
5. Presencia de agua	46
6. Orientación de las discontinuidades	46
Geografía Regional.....	46
Relieve.....	46
Hidrografía.....	47
Clima y vegetación	48
Perfil Geológico de la Zona de estudio.....	53
topografía de la zona de estudio	55
Estudio Geomecánica	<u>57</u>
descripción general de zonas	57
Cuadro de coordenadas UTM.....	69
Cuadro de coordenadas geográficas	69

Descripción de los planos Estereográficos en el Afloramiento “B”	70
Descripción de los planos Estereográficos en el Afloramiento “A”	74
Estaciones geomecánicas en el Afloramiento “B” “con presencia de Carbonato cálcico	81
Rugosidad con peine de Barton en campo.....	82
Espaciamiento y longitud de las discontinuidades	83
Ensayos de laboratorio.....	84
Resultados y discusión	<u>86</u>
Ensayo de laboratorio	86
Propiedades físicas y mecánicas del macizo rocoso.....	86
Peso específico	86
Porcentaje de absorción	86
Contenido de humedad	87
Porcentaje de poros.....	87
Índice de poros.....	88
Ensayo a compresión simple	89
Ensayo triaxial	90
Proyección estereográfica del macizo rocoso.....	91
Simulación de caída en bloques del afloramiento rocoso.....	93
Datos para planos estereográficos, Dips y dip direction.....	96
Índices de Bieniawski (Rock Mass Rating. R.M.R- evaluación de la masa rocosa)	98
Rqd (Rock Quality Designation-Índice de calidad de la roca)	100
índice Q Barton.....	101
Cuadro Resumen de Índices del macizo rocoso	102
Análisis de prefactibilidad de costo-beneficio de las medidas de estabilización del talud.....	103
Medidas de solución	104
Conclusiones	106
Recomendaciones.....	107

Discuciones.....	107
REFERENCIAS	108
Anexos.....	110

Resumen

La presente tesis analizó la calidad de la roca mediante los principales índices geológicos como son el RMR índice de Bianowski y el índice de Q de Barton. Esto se dividió en 8 zonas, desde la zona I a zona IV que tiene una meteorización muy alta, la meteorización disminuye hasta llegar a la zona 8 donde es un macizo más consolidado, esto se refleja en los índices geológicos, para la zona I se obtuvo un RMR de 31% y un índice de Q de Barton de 0.194 mientras que en la zona 7 se obtuvo un RMR de 57% un índice de Q de Barton de 7.433 siendo estas las zonas con valores mínimos y máximos respectivamente.

Se obtuvieron en campo el dip y el dip direction de todo el macizo, dividiéndose en 8 zonas como se mencionó anteriormente, del análisis mediante el software dips se obtuvo que existe deslizamientos planares, por lo tanto, se optó por analizar todo el macizo por el programa lo rocfall 3, el cual se obtuvo los resultados con una gran similitud a lo real en campo.

Además de la clasificación geológica también se ensayaron muestras de roca para conocer sus propiedades físicas y mecánicas, entre los ensayos está el ensayo triaxial, el ensayo de compresión simple, ensayo de peso específico, ensayo de porcentaje de humedad y ensayo de porcentaje de absorción, el resultado del ensayo triaxial se obtuvo el ángulo de fricción interna de 45.7° con una cohesión de 134.04 kg/cm^2 datos importantes que serán usados como datos de entrada en el programa rocfall 3.

Para la zona que presenta desprendimientos de bloques de roca analizadas en el programa rocfall3 se empleara el sistema de BARRERA DE PROTECCIÓN CONTRA CAÍDAS DE ROCAS GBE-500^a, son mallas de triple torsión esta medida de mejora soporta la capacidad de hasta 500KJ De energía a comparación del resultado que se obtuvo el software que es de 88.97 KJ con una distancia de salida de 80.83 m.

Abstract

This thesis analyzed the quality of the rock using the main geological indices such as the Bianowski RMR index and the Barton Q index. This was divided into 8 zones, from zone I to zone IV which has a very high weathering, the weathering decreases until it reaches zone 8 where it is a more consolidated massif, this is reflected in the geological indices, for zone I it is obtained an RMR of 31% and a Barton's Q index of 0.194, while in zone 7 an RMR of 57% and a Barton's Q index of 7.433 were obtained, these being the areas with minimum and maximum values respectively.

The dip and dip direction of the entire massif were obtained in the field, dividing it into 8 zones as mentioned above. From the analysis using the dips software it was obtained that there are gradually planes, therefore, it was decided to analyze the entire massif by the rocfall 3 program, which obtained the results with great similarity to what is real in the field.

In addition to the geological classification, rock samples were also tested to know their physical and mechanical properties, among the tests are the triaxial test, the simple compression test, specific weight test, humidity percentage test and absorption percentage test, The result of the triaxial test was the internal friction angle of 45.7° with a cohesion of 134.04 kg/cm², important data that will be used as input data in the Rocfall 3 program.

For the area that presents rock block detachments analyzed in the rocfall3 program, the GBE-500^a ROCK FALL PROTECTION BARRIER system will be used, they are triple twist meshes, this improvement measure supports the capacity of up to 500KJ Energy compared From the result obtained by the software, it is 88.97 KJ with an exit distance of 80.83 m.

Introducción

En la actualidad el cerro colorado de la provincia de Bagua, presenta desprendimientos del macizo rocoso debido a la abrasión, erosión y algunos movimientos telúricos en la zona, esto causa la interrupción de la carretera Fernando Belaunde Terry, puesto que muchas veces interrumpe el paso y es un riesgo que puede producir accidente accidentes de tránsito, por lo tanto se plantea la siguiente pregunta ¿Con que medidas de mejora y protección, los taludes de los afloramientos rocosos presentes en el cerro Colorado de la provincia de Bagua, departamento de Amazonas son estables?

Para responder esta pregunta se determinara la medida de mejora y protección del macizo rocoso mediante el análisis que se realizara se evaluará los factores de seguridad mediante las ecuaciones de equilibrio límite por el método exacto, de los taludes de los afloramientos rocosos presentes en el cerro Colorado, para conocer su estabilidad.

La recolección de datos que servirán como dato de entrada en los software será, el RMR índice de Bianowski, el índice de Q de Barton, el peso específico del material, el volumen del deslizamiento y resistencia a la compresión de la roca, algunos datos son obtenidos directamente en cambio mientras que otros son obtenidos mediante ensayos de laboratorio.

Realidad problemática

La carretera Fernando Belaunde Terry es una de las principales vías de acceso hacia la selva del distrito de Imaza, cerca del pongo de Rentema, se observa de roca meteorizada y degradada que aflora.

Durante los últimos años el cerro colorado o llamado también el cerro de los dinosaurios es una de las carreteras más importantes de la selva peruana, teniendo algunos puntos críticos como el que se presenta en la curva que rodea el macizo rocoso del cerro Colorado, en los últimos años hubieron desprendimientos del macizo de volumen considerable, interrumpiendo el tránsito de la vía, y poniendo en-riesgo la vida de las personas, porque los desprendimientos son tanto grandes como pequeños, lo pequeños pueden generar accidentes de moto lineal que suelen ir a gran velocidad



Fotografía 1. Foto panorámica del macizo rocoso del cerro Colorado

AMAZONAS

Bagua: comunidades campesinas sin agua por deslizamiento en carretera

En la parte alta de Bagua se desprendieron montículos de tierra que interrumpieron el tránsito y rompieron una tubería.

Redacción RPP 18 de junio del 2017 11:50 AM | Actualizado el 18 de junio del 2017 11:50 AM [Síguenos en Google News](#)



Deslizamiento en carretera de Bagua. | Fuente: RPP / Imagen referencial

Historias RPP [Ver Más >](#)

-  Deado Junio solo se...
-  Jorge Muñoz: "N..."
-  Putin advierte...
-  Rusia asegura...

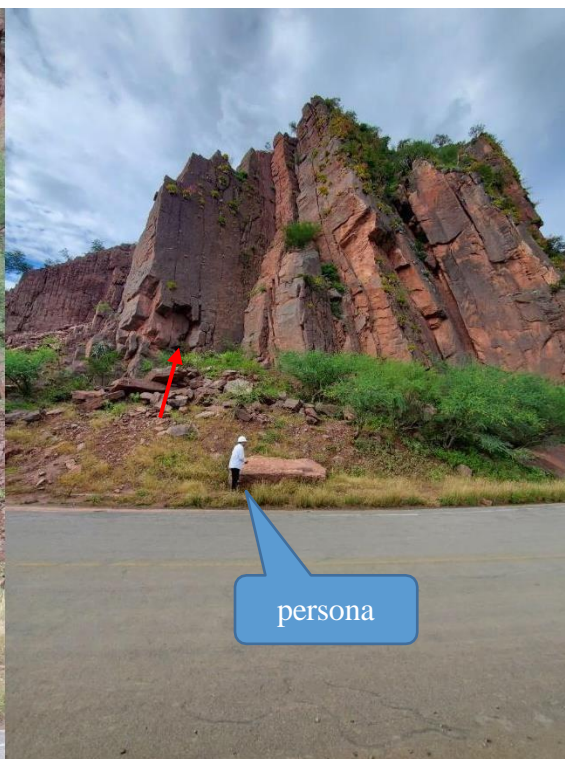
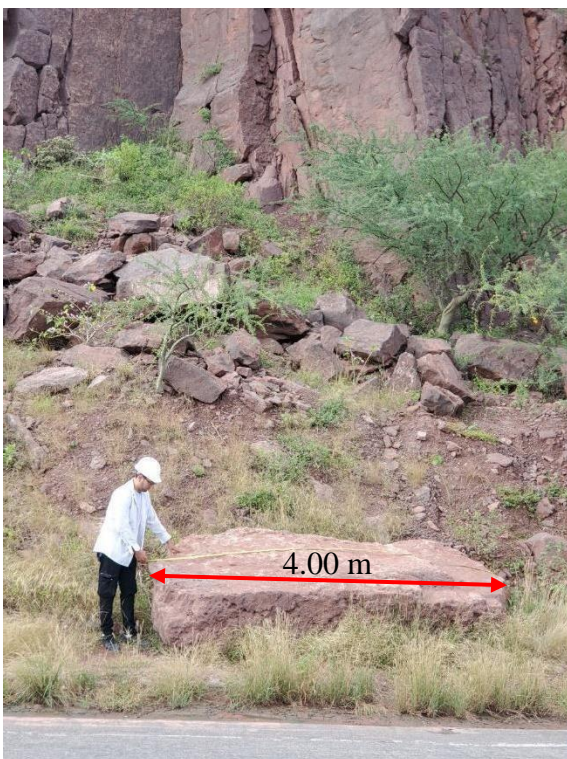
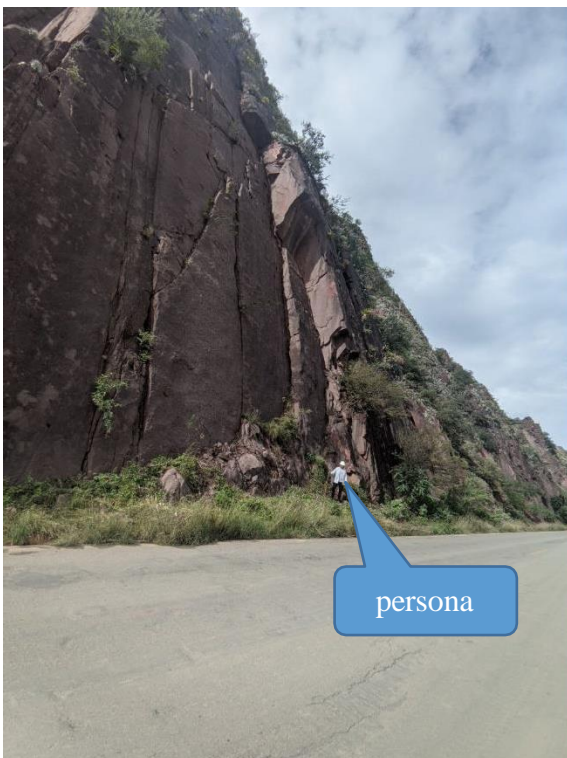
Más en Amazonas

 Amazonas: Al menos dos niños muertos y dos mujeres desaparecidas en naufragio de peque peque en el río Marañón

[Gobierno decreta estado](#)

Ilustración 1. Recorte de noticia sobre los desprendimientos del macizo rocoso del cerro Colorado.





Formulación del problema

Problema general

¿Con que medidas de mejora y protección, los taludes de los afloramientos rocosos presentes en el cerro Colorado de la provincia de Bagua, departamento de Amazonas son estables?

Problemas específicos

- ¿Cuál es la calidad del macizo rocoso según los índices de Bieniawski (R.M.R) y Bartón (índice de calidad “Q”)?
- ¿Cuántas familias de discontinuidades tiene el macizo rocoso?
- ¿Cuál es el factor de seguridad actual del talud según la ecuación de equilibrio por el método exacto?
- ¿Cuáles serían las medidas de mejora y protección para estabilizar el talud y obtener factores de seguridad mayores a 1.5?
- ¿Qué tipo de roturas puede presentar el macizo rocoso, rotura planar o rotura por cuña?
- ¿Cuál es la mayor aceleración sísmica que puede soportar el talud sin desestabilizarse?
- ¿Cuáles de las 3 opciones: pernos de anclaje, geomallas o gaviones da mayor estabilidad al talud?

Justificación

La carretera Fernando Belaunde Terry es una de las principales vías de acceso hacia la selva del distrito de Imaza, cerca del pongo de Rentema, se ubica la zona paleontológica del cerro Colorado de la provincia de Bagua, donde se observa de roca, producto de la meteorización y degradación de las rocas que aflora.

En el aspecto ambiental, este sector pertenece a una zona protegida, o sea no se puede eliminar o hacer una excavación con movimiento de tierra, porque cualquier modificación al cerro es prohibida.

En el aspecto social, mejorará la vía de acceso, puesto que este trabajo servirá como base para una estabilización del talud en el futuro y así evitar desprendimientos de la roca aflorada.

En el aspecto económico, al haber mayor tránsito continuo, las actividades comerciales no se verán restringidas por el bloqueo de la vía debido al desprendimiento de la roca que aflora, además este estudio servirá como base para un futuro proyecto de estabilización del talud del cerro Colorado.

En el aspecto científico, dará una visión general del tipo de macizo rocoso, se analizará la estabilidad además se pospondrá algunos criterios de solución para generar la estabilidad de las diaclasas.

Objetivos

Objetivo General

Determinar las medidas de mejora y protección para estabilizar el talud en el cerro Colorado provincia de Bagua, departamento de Amazonas.

objetivos específicos.

- Clasificar y caracterizar del macizo rocoso mediante los índices de Bieniawski (R.M.R) y Bartón (índice de calidad “Q”).
- Determinar los grupos de las principales familias de discontinuidades.
- Evaluar la estabilidad del talud mediante las ecuaciones de equilibrio limite por el Método exacto
- Proponer la estabilización del talud del macizo rocoso para un factor de seguridad mayor a 1.5. y medidas de protección para las caídas de rocas en la carretera.
- Analizar la aceleración sísmica en la que falla del macizo rocoso.
- Evaluar la estabilidad del talud con la utilización de pernos de anclaje, geomallas o gaviones.
- Análisis de prefactibilidad de costo-beneficio de las medidas de estabilización del talud.

Antecedentes

Wang & Lin (2021), en Colombia los estudiantes elaboraron un análisis mediante el método estadística difusa la estabilidad de un talud y se dieron cuenta que los parámetros de cálculo suelen ser muy difusos, puesto que las pendientes en rocas no son muy claras, sin embargo el método de elementos finitos fortalece la comprensión integral del desplazamiento.

Aguilar & Zuñiga (2015), los investigadores colombianos realizaron un análisis comparativo de los métodos de equilibrio límite para laderas, encontraron que para diferentes taludes se pueden aplicar diferentes métodos, por ejemplo, en la Loma el diamante será mejor usar el método de Spencer, en Amador será mejor el método de Bishop simplificado y en Salto del Cabrón es mejor el método de Spencer., todos estos arrojan mayor factor de seguridad a comparación de los otros.

Rosabal Domínguez, Rodríguez Infante, & Zapata Balanqué (2021), el sur oriental de Cuba en la zona más sísmica debido a su cercanía con la zona de falla Bartlett - Caimán. El objetivo de esta investigación es evaluar las zonas más propensas a deslizamientos y licuefacción de suelos a través de factores antropizados, caracterización morfotectónica resultando nuevos mapas susceptibles a deslizamientos además de identificar bloques que provocan esto.

Prieto, Cantor, & Rodríguez (2020), en esta investigación se aplica un modelo bidimensional deslizante - discretizado, en la cual permite analizar la conducta cinemática del deslizamiento. Se hizo uso del modelo Coulomb - Viscoso y el software Matlab, dónde resultó que falta más investigación para pronosticar el comportamiento de este.

Peña Rincón C. (2017), en esta investigación se basa en la estabilidad de taludes lo cual se hace uso de la ecuación diferencial HSB (Hillslope-Storage Boussinesq), para resolver está ecuación se utilizó métodos de diferencias finitas también se aplicó un factor de seguridad y una zona teórica tomando en cuenta 5 periodos seguidos de precipitación. Se obtuvo como resultado el monitoreo de la estabilidad mediante el factor de seguridad en un período de 30 minutos, lo que permite monitorear una amenaza de deslizamiento por el factor de precipitación.

Almaguer Carmenates, Rodríguez Díaz, Rosario Moradas, & Aguilar Sánchez (2014), en este artículo se evaluó el yacimiento Punta Gorda que está propenso a deslizamientos. Se crearon 21 deslizamientos cada uno con determinadas características, resultando una alteración rotacional. Después de ello se concluyó que la zona es muy susceptible a deslizamientos.

Glas, y otros (2019), la mayoría de glaciares en el mundo se encuentran en la Cordillera Blanca del Perú. El conocimiento de los acuíferos pampa es necesario para ver cuánto de capacidad de agua subterránea drenable puede almacenar y el tiempo de residencia, para ello se hicieron varios métodos geofísicos cerca de las redes de afluentes dónde descargan los manantiales, llegando a la conclusión que el agua subterránea se descarga en un acuífero confinado de taludes enterrables cubiertos de arcilla lacustre, mientras que las porciones de 10 a 15 m de profundidad no necesitan arcilla y son conductivos hidráulicamente.

Lei, Wu, & Qian (2023) en su investigación para encontrar la interacción del talud en un túnel usando la transformación del método Hilber-Huang, donde mencionan que este metodo es altamente sensible a las fuerzas sísmicas o cualquier vibración, por lo tanto, su rápida construcción del túnel da condiciones geológicas y topográficas complicadas que podrían generar algún desastre. Al proponer el diseño mediante este método aseguran la estabilidad del talud, mitigando riesgo de desastres.

Bases teóricas

Descripción y caracterización de macizos rocosos en afloramientos

Los afloramientos en el desarrollo de la construcción de vías dentro de la zona urbana tienen como objetivo el conocimiento y de características y propiedades de los materiales que forman parte del macizo rocoso, Esta actividad forma parte del inicio de cualquier obra de ingeniería y se realiza in situ. Por las diversas propiedades y condiciones de los macizos rocosos esta actividad puede ser complicada. mucho más aún cuando hay mezcla de materiales rocosos con suelos Incluso se puede llegar a complicar más cuando las rocas son fracturadas. meteorizadas o tectonizadas. (Gonzales, 2002)

Definición de roca y suelo

Las rocas se componen de partículas minerales duras y compactas, unidas de forma permanente mediante fuertes vínculos cohesivos. Se consideran un sistema continuo, y su clasificación geológica se basa en la proporción de minerales diferentes, la estructura granular, la textura y el origen de la roca. Por otro lado, los suelos, desde una perspectiva de ingeniería geológica, son agrupaciones naturales de granos minerales unidos por

fuerzas de contacto normales y tangenciales a las superficies de las partículas adyacentes. Estos suelos se pueden separar fácilmente mediante métodos mecánicos de baja energía o mediante la agitación en agua. (Gonzales, 2002, pág. 121)

Matriz rocosa, discontinuidad y macizo rocoso

Matriz rocosa

La matriz rocosa se refiere al material rocoso que no tiene fracturas o discontinuidades, o sea, los bloques de roca intacta que se encuentran entre ellas. Aunque se considera que la matriz rocosa es continua, su comportamiento presenta heterogeneidad y anisotropía debido a su estructura interna y la composición mineral. Mecánicamente, se caracteriza por su densidad, resistencia y capacidad de deformación. (Gonzales, 2002, pág. 123)

Discontinuidad

Una discontinuidad es un plano, ya sea de origen mecánico o sedimentario, que separa o divide los bloques de matriz rocosa en un cuerpo rocoso. Por lo general, estos planos de discontinuidad tienen una resistencia a la tracción muy baja o nula. El comportamiento mecánico de las discontinuidades se caracteriza por su resistencia al corte o, en algunos casos, por la resistencia del material de relleno presente en ellas. (Gonzales, 2002, pág. 123)

Macizo Rocosos

El macizo rocoso se refiere a la combinación de los bloques de matriz rocosa y las diferentes discontinuidades que afectan al entorno rocoso. Desde una perspectiva mecánica, los macizos rocosos son medios discontinuos, anisótropos y heterogéneos. En términos prácticos, se puede considerar que presentan una resistencia a la tracción casi nula. (Gonzales, 2002, pág. 123)

Procedimiento para la descripción de afloramientos

La descripción y caracterización de los macizos rocosos expuestos en superficie es una tarea fundamental en todos los estudios de ingeniería geológica que buscan comprender las propiedades y características geotécnicas de los materiales rocosos. Estos trabajos se llevan a cabo durante las etapas iniciales de las investigaciones in situ, con el objetivo de obtener información detallada sobre el comportamiento y la calidad de los macizos rocosos. (Gonzales, 2002, pág. 238)

Clasificación de Barton

Tipos de taludes

Existe el talud global, el talud interrampa de Banco de los cuales podemos definir de la siguiente manera, el talud global es la pendiente del talud desde el pie hasta su coronación, el talud interrampa es la pendiente promedio entre dos o más rampas y el talud de banco es la pendiente con la que es excavada un banco . (Galera, 2017)

Colapso

Los colapsos usualmente están ligados a los factores climáticos o meteorológicos, por ejemplo, cambio de temperatura y precipitaciones generan erosión al pie de la ladera, esto hace que la ladera o talud pierda las propiedades de resistencia de materiales, generando desprendimientos en una trayectoria muy próxima a la vertical (Alonso, Crominas, & Hurlimann, 2017).

Factor de seguridad vs probabilidad de rotura

Es la probabilidad de rotura del talud. El factor de seguridad es el cociente de las fuerzas deslizadoras con las fuerzas resistentes, si el factor de seguridad es mayor a uno el talud es estable, si es menor el talud es inestable, para encontrar el factor de seguridad se emplean diferentes métodos de cálculo (Galera, 2017).

Material del talud

El material que compone el talud son básicamente 3 o sus combinaciones, los macizos rocosos, material de relleno y suelo. El macizo rocoso siempre presentará roturas o discontinuidades antes del deslizamiento, los suelos son partículas granulares sólidas y los materiales de relleno son cúmulos de material de obras o actividades (Ayala, Andreu, Fe, Ferrer, & Fernandez, 1986).

Medio rocoso

En las discontinuidades del macizo rocoso se analiza el tipo y origen, distribución espacial, tamaño y continuidad, espaciado, rugosidad, presencia entre otros.

del macizo se debe conocer las características resistentes, su origen, la meteorización y alterabilidad, por lo general la rotura del macizo rocoso ocurre por discontinuidades en áreas fracturadas preexistentes.

Suelo

Él suelo es un conjunto de partículas sólidas de diferentes densidades que pueden estar sueltas, consolidadas, cementadas.

Rellenos

Es material diferente a la naturaleza del ambiente, usualmente son escombros e actividades u obras.

Análisis de estabilidad de talud

La estabilidad del talud depende de las características del medio, es muy importante la resistencia del material, el área de Falla, el factor de seguridad, la topografía del terreno entre otras. A lo largo de los años se ha ido estudiando el comportamiento de los deslizamientos o colapsos, de estos estudios se propusieron distintos métodos como son los métodos dinámicos, métodos numéricos y el método de equilibrio límite.

Análisis de equilibrio limite

Este análisis se basa comparar las fuerzas resistentes, se entiende por fuerzas resistentes a aquellas que actúan sobre el talud o área de estudio, estas son dos: fuerzas estabilizadoras y fuerzas desestabilizadoras, cuando las fuerzas estabilizadoras son mayores que las fuerzas desestabilizadoras indica que el factor de seguridad es mayor a uno, esto significa que el talud es estable.

Pesos unitarios y presión de poros

Se debe considerar al suelo en diferentes condiciones, por lo tanto, el peso unitario vendría afectado tanto por los niveles freáticos, si el suelo está saturado, si el suelo está seco, si suelo está húmedo, ente otras. La presión de poros depende mucho de estas condiciones, de los niveles freáticos y escurrentía subterráneas, la presión de poros se calcula en condiciones Del Estado de régimen permanente, a continuación, se presentan algunas condiciones:

Superficie freática

Es los niveles freáticos, e por debajo de este nivel se calcula un diagrama de líneas

equipotenciales, qué simboliza la igualdad numérica de la presión de poros, si los niveles freáticos tienen mucha pendiente se deberá tener muy en cuenta las líneas equipotenciales puesto que tienden a ser curvas.

Datos piezométricos.

Se obtienen mediante software de confiabilidad alta, donde los resultados se acercan a los reales, la comprobación de esto se puede dar mediante la comparación de las medidas obtenidas en campo de los piezómetros, estos software vas en el cálculo en soluciones numéricas o redes de flujo mediante el análisis de elementos finitos.

Relación de presión de poros.

Es un factor dado por la proporción entre la presión de poros y el esfuerzo total vertical del suelo a una profundidad cualquiera, es común que dentro del área de estudio la relación de presión de poros no sea homogénea, por esa razón se particiona el área para obtener pequeñas áreas de características homogéneas.

Superficie piezométrica.

Es importante considerar que la superficie piezométrica no se equipara a la superficie freática, y el método para calcular la presión de poros difiere entre ambas. En la superficie piezométrica, la presión de poros se determina mediante la medición de la distancia vertical entre la superficie piezométrica señalada y el punto en cuestión.

Peso específico

Es la relación entre la densidad del material y la del agua, todos los materiales son porosos por lo tanto permite la entrada de agua en estos poros por ejemplo cuando hay precipitaciones, por lo tanto, se toma en cuenta el agua que contiene las partículas y el agua libre sobre la superficie del material húmedo que no entra en el cálculo del peso específico.

Continuación se muestra la fórmula para encontrar el peso específico:

$$\text{peso específico} = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen} * \text{peso específico del agua}}$$

Grado de absorción

Valor del porcentaje de humedad del material cuando todos sus poros están llenos de agua, pero su superficie se encuentra seca. Para el estudio de estabilidad de taludes es un factor importante puesto que cuando hay precipitaciones muy grandes los poros llegan a saturarse completamente y esto ocasiona un peso adicional por el agua absorbida por lo tanto en el análisis es muy importante.

A continuación, se muestra la fórmula para encontrar el porcentaje de absorción:

$$\% \text{ de absorción} = \frac{B - A}{A} * 100$$

Donde:

A (gr)=Peso de la muestra seca

B(gr)=Peso de la muestra saturada

Porcentaje de humedad

El porcentaje de humedad es el peso del agua que contiene el material de forma natural o en su estado natural sobre su peso seco. En el análisis de la estabilidad

del talud se usará para aumentar el peso específico, puesto que el peso específico es solo de la muestra seca, pero ningún material es totalmente seco cuando se encuentra en la naturaleza o en un ambiente natural como por qué siempre hay una humedad ambiental.

A continuación, se muestra la fórmula para encontrar el porcentaje de humedad:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{B - A}{A} * 100$$

Donde:

A (gr)=Peso de la muestra seca

B(gr)=Peso de la muestra húmeda

Grado de saturación S_s

Es la probabilidad de encontrar agua en los poros del material o del suelo, el grado de saturación se encuentra en un rango de 0% a 100%, donde cero es la muestra totalmente seca es 100% es la muestra totalmente saturada.

Se define por la relación del volumen de agua sobre el volumen de vacíos como se muestra a continuación:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{V_w}{V_v} * 100$$

Donde:

V_w (cm³) = Volumen de agua

V_v (cm³) = Volumen de vacíos

Índice de poros

Es el cociente entre el volumen que ocupan los poros y el volumen que ocupan las partículas sólidas.

A continuación, se muestra la fórmula del índice de poros:

$$e = \frac{V_v + V_w}{V_s}$$

Donde:

V_s (cm³) = Volumen del suelo

V_v (cm³) = Volumen de vacíos

V_w (cm³) = Volumen de agua

Porosidad

Es el porcentaje del volumen del suelo que no está ocupado por los sólidos o sea el espacio ocupado por el aire y el agua respecto al volumen total de la muestra que incluye volumen de agua, volumen de sólido y volumen de aire.

A continuación, se muestra la fórmula para la porosidad.

$$n = \frac{V_v + V_w}{V}$$

Donde:

V_s (cm³) = Volumen del suelo

V_w (cm³) = Volumen de agua

V (cm³) = Volumen total de la muestra (incluye las tres fases)

Metodología

Tipo de estudio y diseño de contrastación de hipótesis

De acuerdo al fin que persigue esta investigación es **aplicada**, busca conocer la realidad actual del talud y modificarla para solucionar posibles deslizamientos.

De acuerdo al tipo de datos analizados esta investigación **cuantitativa**, se obtendrá mediante índices de calificación de la roca, factores de seguridad y se describirán los afloramientos rocosos. Que permitirá validar las hipótesis, contestar la pregunta de investigación y establecer patrones de comportamiento del macizo rocoso.

De acuerdo a la metodología para demostrar la hipótesis esta investigación es **no experimental descriptiva**, se determinará las propiedades y características más representativas de los afloramientos, se detallará las familias de diaclasas, se describirá el macizo rocoso, esta investigación es no experimental porque no se probará relaciones causales directas entre dos variables o entre dos elementos.

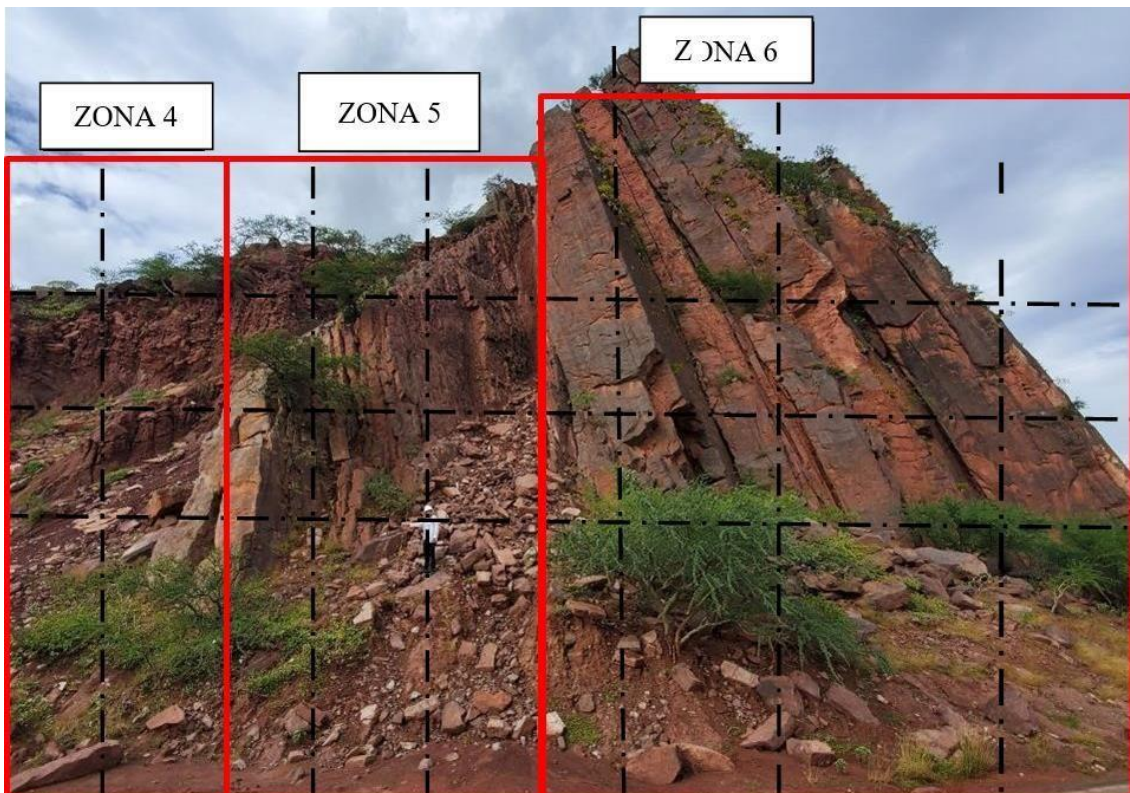
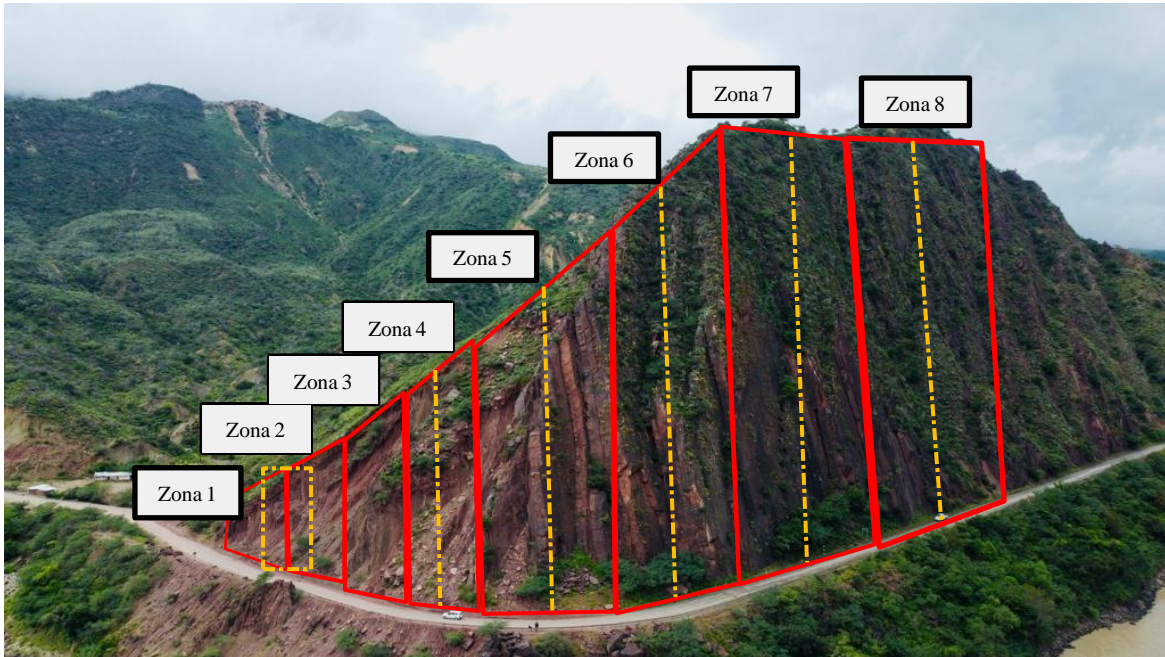
Población, muestra de estudio y muestreo.

Población: Es el macizo rocoso ubicado en el cerro Colorado, de la provincia de Bagua.

Muestra: Serán las estaciones de observación y recolección de datos.

la muestra se obtendrá mediante criterio del investigador. mediante el análisis visual obtenido se aprecia que el macizo rocoso es homogéneo, pero tiene aparentemente índice

de fracturación diferenciados en dos sectores por lo que se tomará 44 muestras o puntos de investigación, si se observa los resultados muy erógenos se aumentará el número de puntos de investigación.



ZONA	SUBZONA
Zona 1	1
Zona 2	1
Zona 3	1
Zona 4	1
Zona 5	1
Zona 6	1
Zona 7	2
Zona 8	3

Hipótesis

La utilización de pernos de anclaje, geomallas o gaviones, generara la estabilidad del talud según la caracterización del macizo rocoso.

Variables-Operacionalización

Variables independientes:

- Caracterización del macizo rocoso.

Variables dependientes:

- Sistema de protección.

Tabla 1. Operacionalización de variables

TÍTULO	VARIABLE	DIMENSION	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO, MEDIDAS DE MEJORA Y PROTECCION DEL CERRO COLORADO DE LA PROVINCIA DE BAGUA, DEPARTAMENTO DE AMAZONAS - 2022	VARIABLE INDEPENDIENTE: Caracterización del macizo rocoso	RMR Índice de Bianowski	Resistencia de la Roca Inalterada	MPA	Esclerómetro
			Espaciamiento de las discontinuidades	metros	wincha
			Fracturación de la roca RQD	0-100%	wincha
			Estado de las discontinuidades	Rugosidad, metros, textura, alteración	Wincha, tacto, observación
			Flujo de agua en las juntas	% Humedad, caudal	Observación, wincha, cronometro
		Índice de Q de Bartron	Número de familias	Numérico	Conteo.
			Coefficiente de rugosidad de la junta	Rugosidad, metros, textura.	Wincha, tacto, observación
			Coefficiente de alteración de las juntas	Alteración	Wincha, observación
			Coefficiente de agua	m ³ /s	Observación, cronometro, wincha, deposito para medir volumen.
		Peso especifico	Ensayo de peso especifico	kN/m ³	ASTM C127-88
	Volumen del deslizamiento	volumen	m ³	Software swedge y levantamiento topográfico.	
	Resistencia a la compresión de la roca	Resistencia a la compresión puntual.	Mpa	Instrumento esclerómetro	
	VARIABLES DEPENDIENTES Sistema de protección	Pernos de anclajes	Factor de seguridad	Numerico	Software swedge
		Geomallas	Factor de seguridad	Numerico	Software swedge
		Gaviones	Factor de seguridad	Numerico	Software swedge

Tabla 2. Matriz de consistencia

TITULO	VARIABLES	PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	METODOLOGIA
ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO, MEDIDAS DE MEJORA Y PROTECCION DEL CERRO COLORADO DE LA PROVINCIA DE BAGUA, DEPARTAMENTO DE AMAZONAS - 2022	VARIABLE INDEPENDIENTE: Caracterización del macizo rocoso	¿Con que medidas de mejora y protección, los taludes de los afloramientos rocosos presentes en el cerro Colorado de la provincia de Bagua, departamento de Amazonas son estables?	Determinar las medidas de mejora y protección para estabilizar el talud en el cerro Colorado provincia de Bagua, departamento de Amazonas	La utilización de pernos de anclaje, geomallas o gaviones, generara la estabilidad del talud según la caracterización del macizo rocoso.	i. Recopilación de la información bibliográfica. ii. Recopilación de información en campo iii. Procesamiento de la información. iv. Análisis de la información. v. Obtención de resultados vi. Discusión de los resultados.
	VARIABLE DEPENDIENTE Sistema de protección				Conclusiones y recomendaciones
	DIMENSIONES	PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVO ESPECIFICO		
	-RMR Índice de Bianowski	¿Cuál es la calidad del macizo rocoso según los índices de Bieniawski (R.M.R)	Clasificar el macizo rocoso mediante los índices de Bieniawski		

<ul style="list-style-type: none"> - Índice de Q de Bartron - Peso específico - Volumen del deslizamiento - Resistencia a la compresión de la roca - Estabilización con Pernos de anclajes - Estabilización con Geomallas - Estabilización con Gaviones 	<p>y Bartón (índice de calidad “Q”)?</p>	<p>(R.M.R) y Bartón (índice de calidad “Q”).</p>		
	<p>¿Cuántas familias de discontinuidades tiene el macizo rocoso?</p>	<p>Determinar los grupos de las principales familias de discontinuidades</p>		
	<p>¿Cuál es el factor de seguridad actual del talud según la ecuación de equilibrio por el método exacto?</p>	<p>Evaluarla estabilidad del talud mediante las ecuaciones de equilibrio límite por el Método exacto.</p>		
	<p>¿Cuáles serían las opciones para estabilizar el talud y obtener factores de seguridad mayores a 1.5?</p>	<p>Proponer la estabilización del talud del macizo rocoso para un factor de seguridad mayor a 1.5. y medidas de protección para las caídas de rocas en la carretera</p>		

		¿Qué tipo de roturas puede presentar el macizo rocoso, rotura planar o rotura por cuña?	Analizar los tipos posibles roturas o fallas del macizo rocoso.		
		¿Cuál es la mayor aceleración sísmica que puede soportar el talud sin desestabilizarse?	Analizar la aceleración sísmica en la que falla del macizo rocoso		
		¿Cuáles de las 3 opciones: pernos de anclaje, geomallas o gaviones da mayor estabilidad al talud?	Evaluar la estabilidad del talud con la utilización de pernos de anclaje, geomallas o gaviones		

Técnicas

En la presente tesis la técnica mas común, fue la observación plasmándose en fichas técnicas, además de hojas exceles, y ademas otra técnica es el uso de software.

Instrumentos

El dispositivo utilizado para recopilar datos en la técnica mencionada es una ficha de observación diseñada específicamente con el propósito de recabar información de campo. Se han incluido en los anexos tablas destinadas a la recopilación de datos y ciertos formatos para el manejo de la información. Además, se empleará el software Swedge en este proceso.

Datos de entrada Swedge:

Datos de entrada del talud: Buzamiento, Rumbo, altura del macizo rocoso, peso unitario

Datos de entrada de cara superior del talud: Buzamiento, Rumbo.

Deterministic Input Data

Slope Joints Forces Water

Joint 1

Dip (deg): 45

Dip Direction (deg): 125

Waviness (deg): 0

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb

$\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$

c [MPa]: 0 Phi [deg]: 35

Joint 2

Dip (deg): 70

Dip Direction (deg): 225

Waviness (deg): 0

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb

$\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$

c [MPa]: 0 Phi [deg]: 35

Import From Dips... Aplicar Aceptar Cancelar

Junta 1: Buzamiento, Rumbo, altura, ondulación(rmr), cohesión y ángulo de corte.

Junta 2: Buzamiento, Rumbo, altura, ondulación, cohesión y ángulo de corte.

Deterministic Input Data

Slope Joints Forces Water

Seismic

Seismic Coefficient: 0

Direction: Horiz. & Inters. Trend

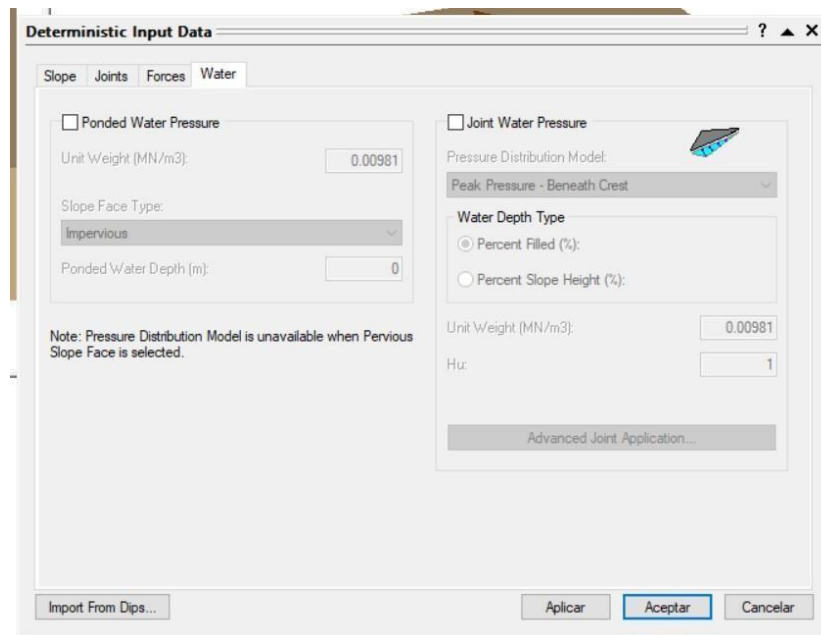
External Forces

Number of External Forces: 0

#	Trend°	Plunge°	Force (MN)

Import From Dips... Aplicar Aceptar Cancelar

Fuerza : coeficiente Sísmica.



Agua: presión intersticial si hubiese.

Estrategia metodológica para la demostración de la hipótesis

Para la demostración de la hipótesis, se realizarán los siguientes pasos:

- i. Recopilación de la información bibliográfica.
- ii. Recopilación de información en campo
- iii. Procesamiento de la información.
- iv. Análisis de la información.
- v. Obtención de resultados.
- vi. Discusión de los resultados.
- vii. Conclusiones y recomendaciones.

Metodología para la obtención de datos insitu

Descripción general del afloramiento y división de estaciones o zonas

La descripción y análisis de un afloramiento deben abarcar la descripción y las características tanto del propio afloramiento como de cada uno de sus elementos constituyentes, como las rocas, los suelos, las zonas con agua y las discontinuidades particulares. Esta información detallada permitirá comprender mejor la composición y las condiciones del afloramiento, así como las propiedades y comportamiento de los diferentes componentes presentes en él.

La subdivisión en zonas más o menos homogéneas se realiza utilizando principalmente criterios litológicos y estructurales. El número y la extensión de estas zonas dependerán del nivel de heterogeneidad de los materiales y estructuras que conforman el macizo rocoso, así como de la extensión del afloramiento y del nivel de detalle y objetivos de la investigación.. (Gonzales, 2002, pág. 239) para ello hay que seguir estos pasos:

1. Observar e identificar el macizo rocoso
2. Equematizar el afloramiento rocoso
3. Describir cada zona del macizo rocoso
4. Clasificar las zonas dependiendo de la igualdad características

Es importante describir las características generales de cada una de estas zonas, como se muestra en la Ilustración 1 Estadillo para la descripción y división en Zonas del macizo rocoso

Ilustración 1 Estadillo para la descripción y división en Zonas del macizo rocoso

Trabajo:			
Fase de estudio:		Elemento investigado:	
Localización y accesos:		Autor:	Fecha:
Observaciones:			
DESCRIPCION GEOLOGICA GENERAL:			
DESCRIPCION BASICA DE CADA ZONA:			
Zona I			
Zona II			

fuelle 1: Ingeniería Geológica, pag 238 (Luis Gonzales de Vallejo)

Descripción a detalle por estación o Zona.

La descripción se realiza de manera individual y minuciosa, con el objetivo de ser lo más objetiva y clara posible. Se usa en términos estandarizados para garantizar que diferentes observaciones tengan igual descripción sí están en una misma zona y con unas mismas características. (Gonzales, 2002, pág. 239). Durante este proceso, se realiza la descripción de las características y propiedades físicas y mecánicas de la matriz rocosa como de las discontinuidades. Se deben tener en cuenta los aspectos y factores detallados en la Ilustración 2. características y propiedades para describir en campo para la caracterización del macizo rocoso al llevar a cabo esta descripción.

Ilustración 2. características y propiedades para describir en campo para la caracterización del macizo rocoso

Características y propiedades a describir en campo para la caracterización del macizo rocoso			
Ámbito de estudio	Característica o propiedad	Método	Clasificación
Matriz rocosa	Identificación.	Observaciones de visu y con lupa.	Clasificación geológica y geotécnica.
	Meteorización.	Observaciones de visu.	Índices estándar.
	Resistencia.	Índices y ensayos de campo.	Clasificaciones empíricas de resistencia.
Discontinuidades	Orientación.	Medida directa con brújula de geólogo.	
	Espaciado.	Medidas de campo.	Índices y clasificaciones estándar.
	Continuidad.		
	Rugosidad.	Observaciones y medidas de campo.	Comparación con perfiles estándar.
	Resistencia de las paredes.	Martillo Schdmít. Índices de campo.	Clasificaciones empíricas de resistencia.
	Abertura.	Observaciones y medidas de campo.	Índices estándar.
	Relleno.		
Filtraciones.			
Macizo rocoso	Número de familias de discontinuidades.	Medidas de campo.	Índices y clasificaciones estándar.
	Tamaño de bloque.		
	Intensidad de fracturación.		
	Grado de meteorización.	Observaciones de campo.	Clasificaciones estándar.

fuelle 1. Ingeniería Geológica, pag 240 (Luis Gonzales de Vallejo)

Descripción del macizo rocoso

La descripción del macizo rocoso debe realizarse de manera cualitativa para cada zona, y siempre que sea posible, también de forma cuantitativa. Esto se debe a que existen una serie de parámetros que definen y caracterizan el macizo rocoso en su totalidad. (Gonzales, 2002, pág. 242). Los parámetros son los siguientes:

- Numero de familias de discontinuidades
- Tamaño de bloque
- Intensidad de fracturación
- Meteorización
- Resistencia

La cuantificación es de gran importancia, ya que a partir de ella se determinarán valores objetivos que se utilizarán como base de trabajo. Además, es esencial para poder integrar estos datos en las clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos. (Gonzales, 2002, pág. 242)

De esta manera, se destaca la importancia de llevar a cabo de manera precisa la recolección de datos de

campo, procurando minimizar la cantidad de errores. Esto se logra mediante un registro exhaustivo y detallado de los datos, así como utilizando adecuadamente esta información. Es decir, es fundamental obtener la mayor cantidad posible de datos estructurales relevantes para el tipo de trabajo que se va a realizar, y describirlos de manera precisa. (Gonzales, 2002, pág. 242)

Descripción de las discontinuidades

Las discontinuidades tienen un impacto significativo en las propiedades y el comportamiento resistente, deformaciones e hidráulico de los macizos rocosos. La resistencia al corte de las discontinuidades es el factor más relevante para determinar la resistencia de los macizos rocosos fracturados. Para estimar esta resistencia, es necesario definir las características y propiedades de los planos de discontinuidad. Estos aspectos son fundamentales para comprender y evaluar el comportamiento de los macizos rocosos duros con fracturas. (Gonzales, 2002, pág. 246).

A las discontinuidades más comunes que se encontraron en esta investigación son las que se muestran en el siguiente cuadro

Cuadro 2. Principales tipos de discontinuidades.		
DISCONTINUIDADES	SINGULARES	SISTEMÁTICAS
Planares	Fallas	Planos de estratificación Diaclasas o juntas Micro fallas
	Diques	Planos de esquistosidad Contactos litológicos kinkbands y Planos axiales
Lineales	Ejes de pliegues	Intersección de discontinuidades planares Lineaciones

fuentes 2. Manual de campo para la descripción y caracterización de macizos rocosos en afloramientos. Luis I. González de Vallejo.

Describir adecuadamente las familias de diaclasas permite definir datos relevantes como el espaciamiento, orientación, desplazamiento como flujo de agua, abertura de las diaclasas como relleno. Estos aspectos son fundamentales para comprender y caracterizar de manera precisa las propiedades de las discontinuidades en el macizo rocoso

Orientación

La orientación espacial de un plano de discontinuidad se determina mediante su rumbo (dirección horizontal del plano), su buzamiento (inclinación perpendicular al rumbo) y la dirección de buzamiento. Estos parámetros se miden con una brújula geológica. La importancia de estos datos radica en que su correcta medición permite clasificar los planos de discontinuidad con características similares y, al

mismo tiempo, cuantificar juntas con espacios pequeños y ángulos de rozamiento bajos. Imagen 1 Imagen 1. orientación (dip y dip direction)



Imagen 1. orientación (dip y dip direction)

Espaciamiento

La separación entre dos discontinuidades de la misma familia se refiere a la distancia perpendicular que las separa. Imagen 2. Espaciado entre discontinuidades de igual familia



Imagen 2. Espaciado entre discontinuidades de igual familia

Persistencia o continuidad

La longitud de una discontinuidad en un afloramiento se define como la distancia que abarca el plano de dicha discontinuidad. La presencia de esta continuidad garantiza el flujo de agua a través de la estructura

rocosa subyacente. Medir esta longitud es un procedimiento fácil que involucra emplear una cinta métrica para determinar su extensión a lo largo del afloramiento. Imagen 3



Imagen 3. Continuidad línea roja, del plano de discontinuidad marcado de rojo

Rugosidad

La rugosidad de una discontinuidad se refiere a la textura áspera y a la presencia de ondulaciones en su superficie, lo cual influye en la resistencia del macizo rocoso. Una rugosidad elevada aumenta la resistencia a la fricción y puede indicar una mayor resistencia al corte de la discontinuidad. Para medir la rugosidad, se utilizan tres categorías de superficies: plana, escalonada y ondulada. Imagen 4

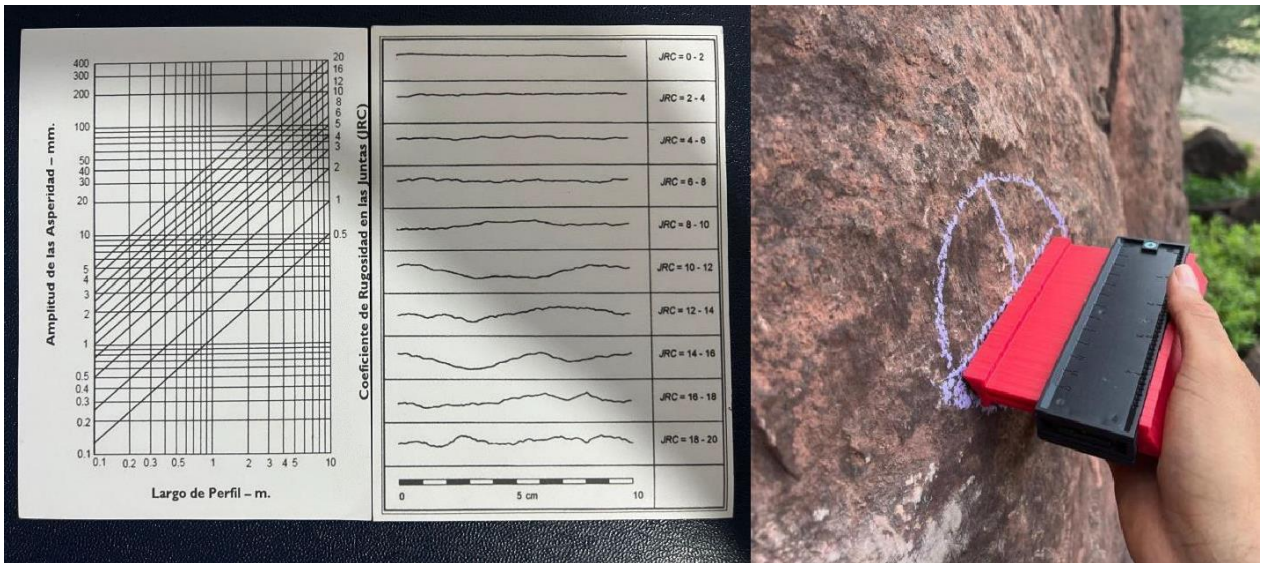


Imagen 4. perfiles de rugosidad y peine de Barton. para determinar la rugosidad en campo

Resistencia de las paredes de la discontinuidad

Por lo general, la resistencia de las paredes de las discontinuidades se evalúa mediante la resistencia a la compresión confinada, ya que proporciona una buena indicación de su alteración. La presencia de protuberancias o dientes de roca entre los planos de la discontinuidad puede aumentar su resistencia. Para medir esta resistencia, se utiliza el martillo de Schmidt. Es importante tener en cuenta que la resistencia de las paredes de las discontinuidades se ve fuertemente afectada por la meteorización, siendo este el factor que más influye en su resistencia. Imagen 5



Imagen 5. Martillo de Schmidt o esclerómetro

Abertura

La apertura de las discontinuidades se refiere a la distancia perpendicular entre las paredes de las mismas, como las diaclasas, juntas, fallas o superficies de estratificación. Es importante tener en cuenta si estas discontinuidades están rellenas de agua o aire, ya que esto puede influir en su descripción. Algunas diaclasas pueden estar cerradas, es decir, sin apertura visible en la superficie, pero esta apertura puede disminuir a medida que se profundiza hasta llegar a cerrarse completamente. Imagen 6



Imagen 6. Abertura entre paredes de discontinuidades de la misma familia de

Relleno

El material con el que está rellena los espaciamientos de las discontinuidades generalmente es más suave que el macizo rocoso circundante, el relleno tiene 1° de segmentación que es muy importante, los rellenos pueden ser material de la descomposición o de la degradación de un macizo rocoso.



Imagen 7. Relleno entre plano de discontinuidades

Flujo o filtraciones

El agua en una discontinuidad puede estar presente de forma libre o en movimiento. Se caracteriza por su caudal, y es importante evaluar si el agua brota o no con presión. La descripción de este parámetro dependerá de si las juntas o discontinuidades tienen algún tipo de relleno o no.

Clasificación Geo-mecánica del macizo rocoso.

Existen varias metodologías disponibles para categorizar macizos rocosos, y la elección de la metodología apropiada depende de las necesidades específicas de la tarea, como la construcción de túneles, minería subterránea, minería a cielo abierto, construcción de carreteras, presas, entre otros. Actualmente, dos clasificaciones ampliamente utilizadas para evaluar la estabilidad de los taludes en macizos rocosos expuestos son: la clasificación geo-mecánica conocida como el índice RMR de Bieniawski (1973), y la clasificación basada en el índice Q de Barton, Lien y Lunde (1974). Estas clasificaciones proporcionan criterios y puntuaciones que permiten evaluar la calidad y la estabilidad del macizo rocoso en función de varios parámetros geotécnicos. (Oyanguren & Leandro, 2004, pág. 147).

Clasificación de Bieniawski o RMR(Rock Mass Rating)

La clasificación mencionada fue originariamente desarrollada con base en experiencias en obras llevadas a cabo en Sudáfrica. En general, esta clasificación es ampliamente aplicable y no tiene muchas limitaciones, excepto en el caso de rocas expansivas y fluyentes, donde su uso no es recomendado (Oyanguren & Leandro, 2004, pág. 149)

Obtención del Índice RMR

Para evaluar la calidad del macizo rocoso, se realiza una subdivisión en dominios estructurales, que corresponden a zonas delimitadas por discontinuidades geológicas donde la estructura es homogénea en su totalidad. El índice RMR se determina mediante la suma de varios parámetros, que incluyen:

1. Resistencia a compresión Simple de la matriz Rocosa;

La resistencia a la compresión es la carga aplicada a una muestra de roca (testigo) hasta que se produce su fractura. En trabajos de campo y afloramientos, es común utilizar tablas que registran los valores de resistencia a la compresión para diferentes litologías. Tabla 1

Tabla 1 estimación de las resistencias medias de ciertas rocas según Bieniawski

Tipo de roca	Resistencia a compresión simple (MPa)		
	Mínima	Máxima	Media
Creta	1	2	1,5
Sal	15	29	22
Carbón	13	41	31
Limolita	25	38	32
Esquisto	31	70	43
Pizarra	33	150	70
Lutita	36	172	95
Arenisca	40	179	95
Marga	52	152	99
Mármol	60	140	112
Caliza	69	180	121
Dolomía	83	165	127
Andesita	127	138	128
Granito	153	233	188
Gneis	159	256	195
Basalto	168	359	252
Cuarcita	200	304	252
Dolerita	227	319	280
Gabro	290	326	298
Taconita	425	475	450
Sílice	587	683	635

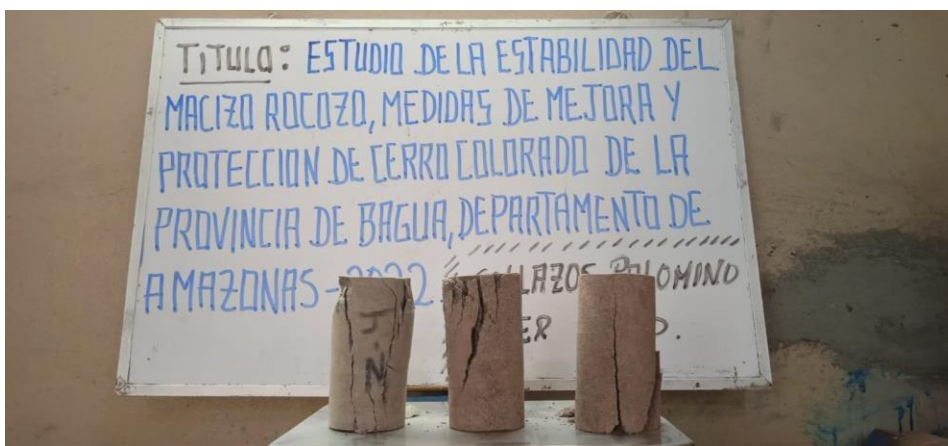


Imagen 8. testigos ensayados a compresión simple.

2. RQD (Rock Quality Designation)

El Índice de Calidad del RQD se calcula utilizando el porcentaje de fragmentos de testigo recuperados en un sondeo que tienen una longitud mayor a 10 cm. En ausencia de sondeos, en ocasiones es necesario estimar el RQD utilizando datos de afloramientos. En tales casos, se puede utilizar la siguiente ecuación (Palmstrom, 2005) para su cálculo:

$$RQD = 110 - 2,5 \cdot J_v$$

3. Espaciado de las juntas

Es la distancia promedio entre los planos de discontinuidad que pertenecen a una misma familia

4. Naturaleza de la junta

Cuando se describe la condición de las juntas, es fundamental considerar sus propiedades inherentes, tales como la separación, la coherencia, la aspereza, la fortaleza y la existencia de material de relleno en su interior

5. Presencia de agua

El agua desempeña un papel significativo en el comportamiento de un macizo rocoso, y su descripción se puede realizar de manera sencilla, indicando si el macizo está seco, húmedo, presenta goteo o estimando el caudal de agua presente.

6. Orientación de las discontinuidades

se refiere: al rumbo, el buzamiento, y dirección de buzamiento de los planos de discontinuidades.

Nota: El índice RMR se calcula sumando los valores de los cinco parámetros mencionados anteriormente, y a ese resultado se le aplica una corrección basada en las orientaciones de las discontinuidades.

Geografía Regional.

Relieve

El cuadrángulo de Jaén se encuentra en la región septentrional de Perú, al este de la Cordillera Occidental, y forma parte de la zona interandina que desciende en altitud hacia el este. Su punto más alto se ubica en el Cerro Chunchuca, a una elevación de 3,150 metros sobre el nivel del mar, mientras que su punto más bajo, a 300 metros sobre el nivel del mar, está en el río Marañón, cerca del inicio del Pongo de Rentema.

El paisaje en esta área es diverso, con características geográficas notables, como una cadena de montañas en el sector occidental. Los puntos más elevados de esta cadena incluyen los cerros Colapon, Alto Coronga, Chunchuca, Señal Anro, Chorrera y Calabozo. Estos picos están intercalados con quebradas y valles que presentan diferencias de elevación de hasta

1,800 metros.

En contraste, la región oriental del cuadrángulo tiene una altitud más baja y generalmente se encuentra por debajo de los 1,000 metros sobre el nivel del mar. Excepcionalmente, el área alrededor de los cerros Huayanshe, Las Punas y Cerro San Antonio (en la esquina sureste del cuadrángulo) forma parte de las estribaciones septentrionales de la Cordillera Oriental, que separa los valles de los ríos Marañón y Utcubamba. En esta área, se pueden observar colinas y montes con pendientes moderadas a suaves, que se vuelven abruptas en las zonas donde las quebradas y los ríos principales cortan el terreno.

Algunas partes del cuadrángulo consisten en áreas bajas con terreno llano, rodeadas por elevaciones que crean depresiones morfológicas. Un ejemplo de esto es la ubicación de la ciudad de Jaén, el pueblo de Shumba y gran parte del valle del Marañón. En general, el área entre Jaén y Bagua es una zona baja que contrasta con las áreas circundantes.

. (Sanchez, Davila, & De la Cruz, 1996)

Hidrografía

En la región, el río Marañón es el sistema de drenaje principal, fluyendo de sur a norte y adoptando dos direcciones preferentes: hacia el sureste-noroeste en las áreas de Cumba, Charos y Almendral, y desde el suroeste hasta el noreste desde Corral Quemado hasta Rentema. Su curso es algo sinuoso y tiende a mostrar cierta ramificación hacia el norte en la zona de Bellavista.

Los afluentes principales del río Marañón incluyen los ríos Chamaya, Utcubamba y Chinchipe, los cuales atraviesan la región en direcciones suroeste-noreste, sureste-noroeste y noroeste-sureste, respectivamente. Sin embargo, en el cuadrángulo de Jaén, los cursos de estos dos últimos ríos son relativamente cortos.

Los demás ríos y quebradas que son tributarios de la región tienen tamaños diversos y, en conjunto, forman una red de drenaje con patrones variados. Al sur de Corral Quemado y en la margen derecha del río Marañón, el drenaje sigue una dirección radial a subparalela, caracterizado por quebradas como Limones, Naranjos, Puquio, Purga, El Pintor y Seca. Por otro lado, entre los cerros Colorado, San Antonio y Punta del Este, al norte de Bellavista, el patrón de drenaje es concéntrico, con quebradas como Sanora, La Hoyada, Sanara Lisa y Sanora Tejas.

En las áreas restantes del cuadrángulo, la red de drenaje generalmente sigue direcciones subparalelas a paralelas, y en las zonas de mayor altitud, muestra una estructura dendriforme con cursos de agua de mayor tamaño, como las quebradas La Palma, Miraflores, Jaén,

Shumba, Anchuma, entre otras.

La densidad de la red de drenaje aumenta en las áreas donde se encuentran rocas del Paleógeno-Neógeno, lo que da lugar a un sistema de drenaje con cursos de agua más finos (Ilustración 4. red hidrográfica y diseño de avenamiento del área de estudio).

Los ríos que transportan la mayor cantidad de agua en términos de volumen son el Marañón, Chinchipe, Utcubamba y Huancabamba-Chamaya. Además, hay otros ríos con caudal constante pero de menor caudal, como el Huayllabamba, que se une al Huancabamba para formar el río Chamaya, y la quebrada Jaén, que desemboca en el río Marañón cerca de Bellavista. (Sanchez, Davila, & De la Cruz, 1996)

Clima y vegetación

Tanto el clima como la vegetación en la región varían según la altitud. Algunas cimas del sector occidental superan los 3,000 metros sobre el nivel del mar, mientras que la mayor parte del sector oriental se sitúa entre los 1,500 y los 400 metros de altitud.

La temperatura media anual máxima en la zona oscila entre 22°C y 27°C, con un promedio de 24.9°C en la región comprendida entre Jaén y Bagua. Hacia el oeste, este promedio es ligeramente más bajo. Las variaciones de temperatura entre las estaciones son mínimas, pero durante el día pueden haber diferencias de hasta 10°C entre las temperaturas máximas y mínimas.

El promedio anual máximo de precipitación en la región es de 1,000 mm, siendo Jaén una de las zonas representativas. Las lluvias se distribuyen a lo largo de todo el año, con la época más lluviosa entre enero y marzo y una estación relativamente seca en julio y agosto. La precipitación aumenta ligeramente en el sector occidental, específicamente entre San Lorenzo y El Huaco. La humedad se ha estimado en un promedio del 70.3%.

Según el mapa de Distribución Climática basado en la clasificación de W. Köppen elaborado por el Instituto Geográfico Nacional en 1989, el área de estudio presenta una variedad de climas.

(Ilustración 3 mapa de distribución climática del área de estudio.) está comprendida en los siguientes tipos de clima:

- Se describe un clima templado moderado lluvioso (Cw) en el que el invierno es seco, y la cantidad de lluvias en el mes más lluvioso es diez veces mayor que en el mes más seco. En el cuadrángulo de Jaén, este tipo de clima se caracteriza por variaciones de temperatura, donde el mes más frío presenta temperaturas que oscilan entre 12°C y 18°C, principalmente en las zonas más elevadas.

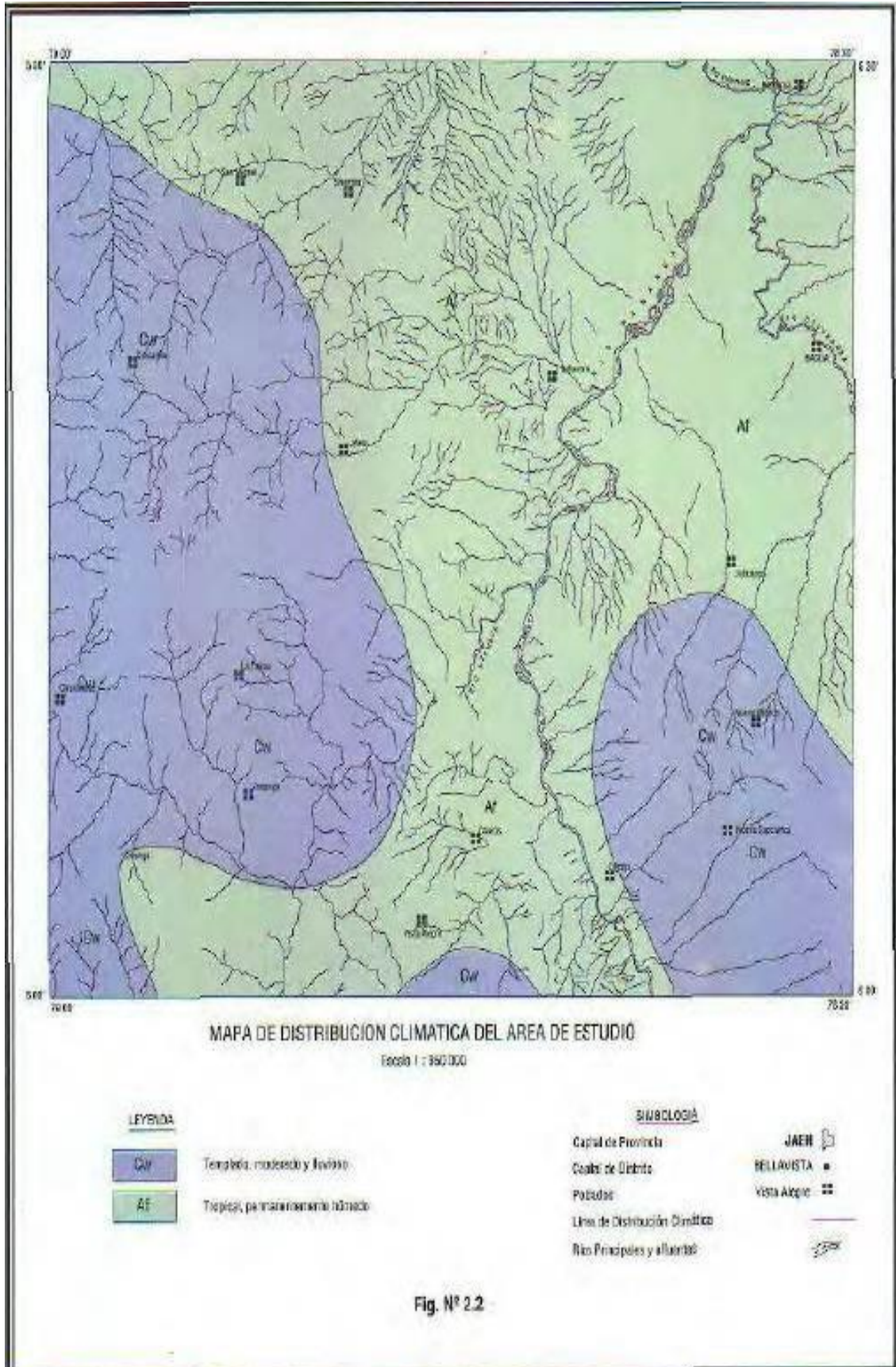


Ilustración 3 mapa de distribución climática del área de estudio.

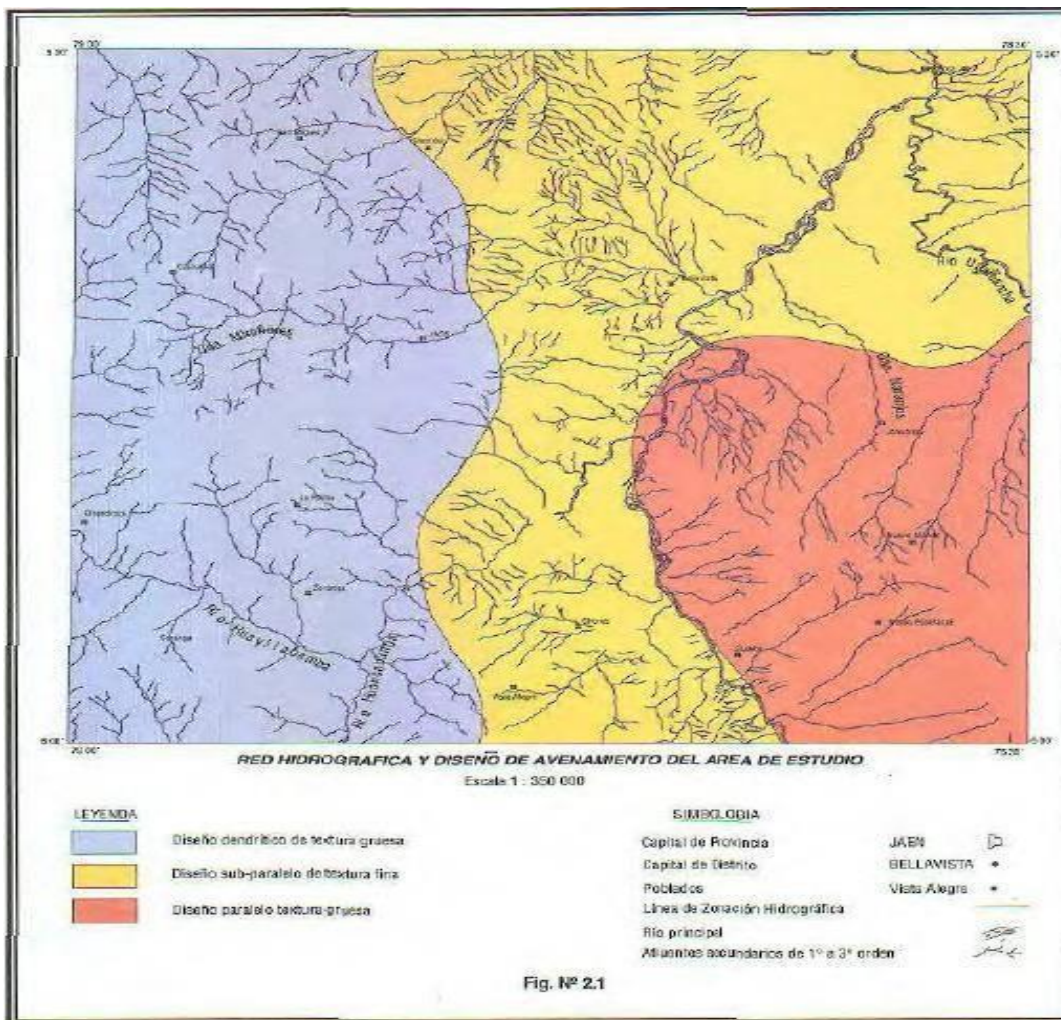
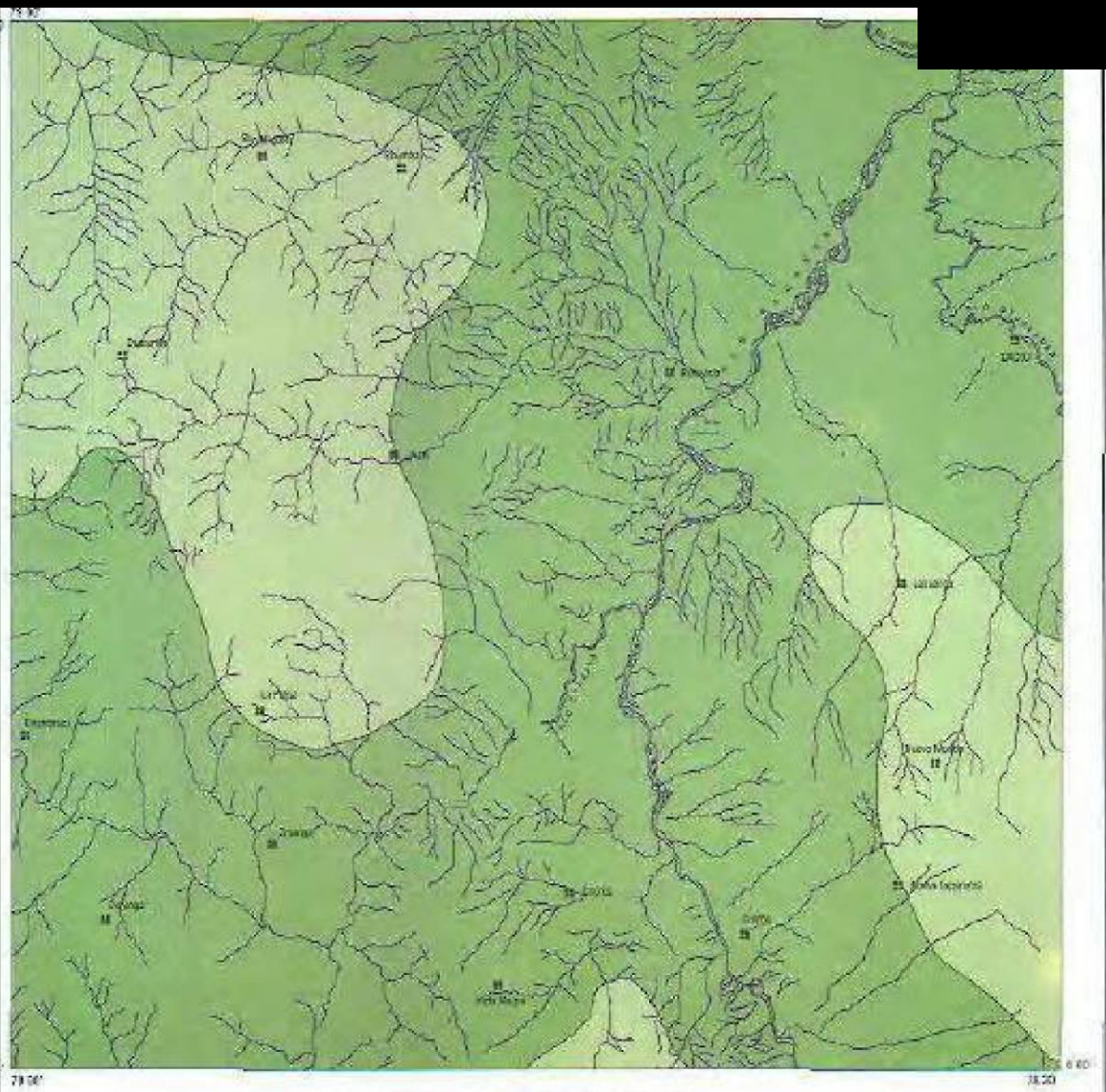


Ilustración 4. red hidrográfica y diseño de avenamiento del área de estudio

- El clima de la zona de estudio es húmedo puesto que está en la ceja de selva, con una temperatura media de 24 °C, las lluvias tienen una precipitación promedio anual de 750mm. La vegetación la conforma árboles cactáceas y arbustos
- En la Ilustración 5. Ecorregiones del área de estudio) se ha separado las áreas según el tipo de vegetación que las caracteriza. (Sanchez, Davila, & De la Cruz, 1996)

Geomorfología

Unidades geomorfológicas



REGIÓN DE ESTUDIO

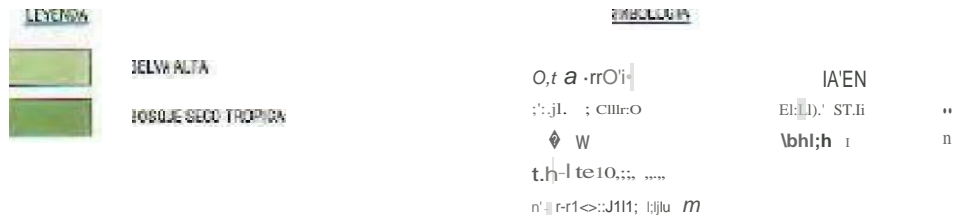


Fig. Nº 23

Ilustración 5. Ecorregiones del área de estudio

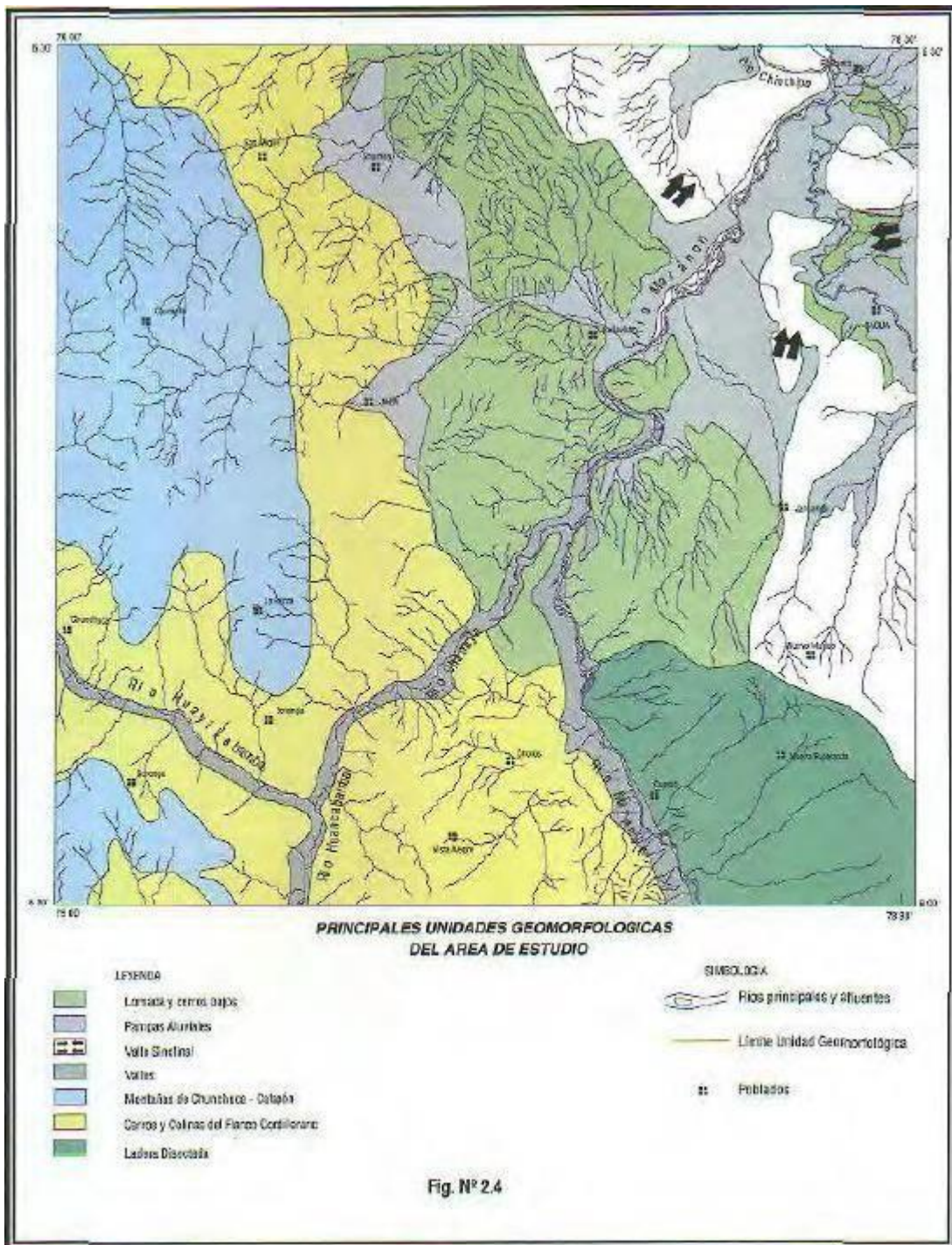


Ilustración 6. Principales unidades geomorfológicas.

Perfil Geológico de la Zona de estudio

Según la zona geológica esta en el cuadrángulo de Jaén, está situado en la región norte de Perú, al este de la Cordillera Occidental y parte de la cordillera oriental, además de estar ubicado entre los ríos cubana y Marañón la orografía y topografía presenta montañas colinas en la zona occidental coma y mientras que en el sector oriental el cuadrángulo concepción de la esquina suroeste (Sanchez, Davila, & De la Cruz, 1996)

El afloramiento se encuentra dentro del mapa geológico del cuadrángulo de Jaén, hoja 12 F, perteneciente a la era Mesozoica, en el sistema Cretácico. Se ubica en la serie superior con una edad de aproximadamente 100.0 millones de años (M.A). La lito estratigrafía identificada es la Formación Chota, compuesta por intercalaciones de limo arcillas y lodolitas rojas, areniscas y conglomerados. Esta formación contiene fósiles de peces, carófitas y huesos de dinosaurio.

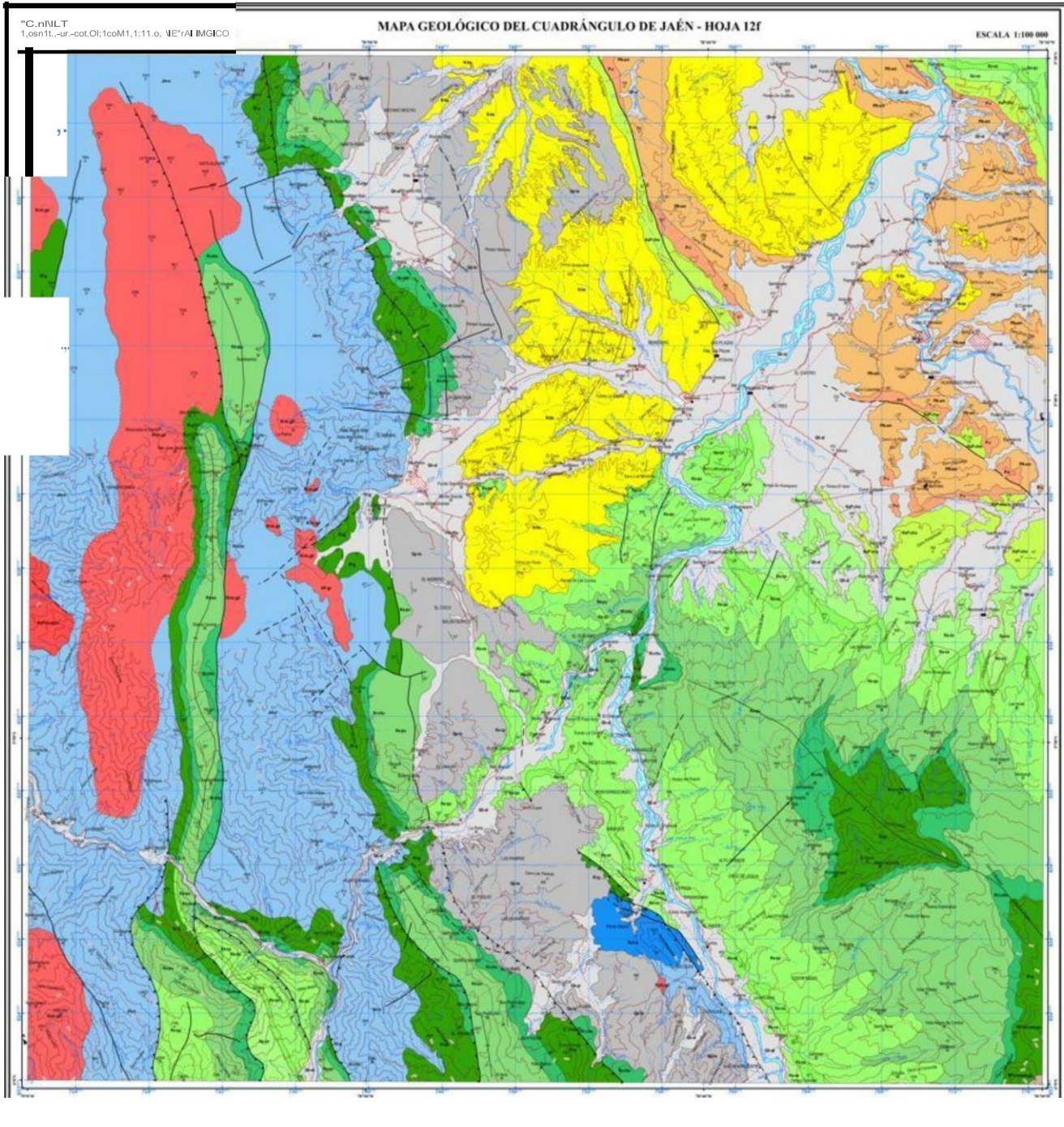


Ilustración 7. Mapa geológico del cuadrángulo de Jaén - HOJA 12f

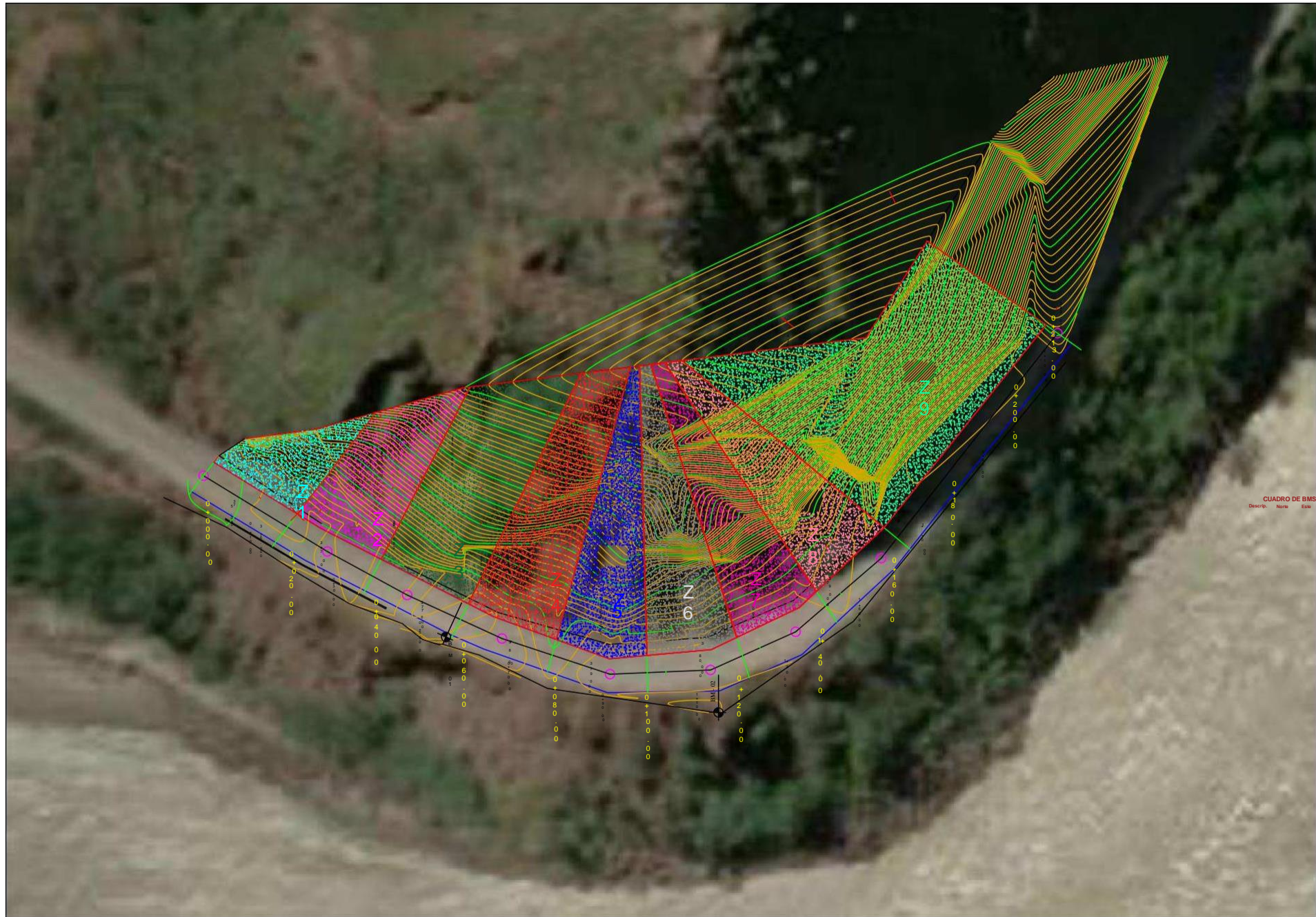
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	EDAD (MA)	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	ROCAS INTRUSIVAS Y SUBVOLCÁNICAS		
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	0.01	Depósito fluvial (Q-fl)	Gravas gruesas y finas, arenas sueltas y depósitos limoarcillosos de color gris	Plutón Rumpite KP-gr Granito KsP-ru-dl.tn Diorita, tonalita K-tn.grt Granodiorita, tonalita	
		PLEISTOCENA	2.5	Depósito aluvial (Qh-al)	Gravas, arenas redondeadas y limos que se localizan en los meandros y cauces abandonados de los ríos,		
		NEÓGENO	MIOCENA	5.3	Formación Tamborapa (Qp-ta)		Conglomerados poco consolidados con matriz limoarenosa, mal clasificados y estratificación poco desarrollada
			EOCENA	33.9	Formación Bellavista (N-be)		Conglomerados polimicticos, areniscas, limolitas y limoarcillitas pardo amarillento y pardo grisáceo, intercalada con
	PALEÓGENO	PALEOCENA	56.0	Formación El Milagro (PN-em)	Limoarcillitas rojas y areniscas de grano fino a grueso con estratificación sesgada, conglomerados y tobas		
		CRETÁCEO	SUPERIOR	Formación Cajaruro (P-c)	Limoarcillitas, areniscas y calizas gris claras a blancas		
				Formación Chota (KsP-cho)	Limoarcillitas y lodolitas rojas intercaladas con areniscas y conglomerados, contienen fósiles de peces, carofitas y huesos de dinosaurios		
			Formación Celendin (Ks-ce)	Margas intercaladas con limoarcillitas y calizas en estratos delgados			
			Formación Cajamarca (Ks-ca)	Calizas en estratos gruesos, grano fino con algunas intercalaciones de margas			
			INFERIOR	Grupo Quilquiñán (Ks-qu)	Margas nodulosas y fosilíferas con intercalaciones de delgados niveles de calizas, limoarcillitas gris verdoso		
Grupo Pulluciana (Ks-pu)	Calizas en estratos gruesos con intercalaciones de delgados niveles de magas, con estratificación sesgada						
Formación Inca, Chulec (Kl-chu)	Margas con intercalaciones de calizas de grano fino y fosilíferas						
MESOZOICA	JURÁSICO	SUPERIOR	Grupo Goyfarisquizga (Kl-g)	Calizas gruesas ferruginosas, calizas finas fosilíferas, areniscas cuarzosas y limoarcillitas grises			
			Formación Sarayaquillo (Js-s)	Areniscas rojizas conglomerádicas, areniscas de grano fino a medio de color rojizo a verdusco			
	TRIÁSICO	SUPERIOR	Formación Oyotún (Jm-o)	Lavas andesíticas gris verdoso, afaníticos y porfídicos, con niveles de tobas y sedimentarios			
			Grupo Pucará (Tsj-g)	Calizas micríticas, con estratos medios a gruesos con nódulos de chert y fósiles			
NEOPROTEROZOICA	Complejo del Marañón (NP-cm-esq.gn)			Esquistos y micaesquistos gris verdosos con algunas vetas de cuarzo			

Ilustración 8. Leyenda de mapa geológico



Ilustración 9. Perfil y sección geológica del cuadrángulo de Jaén(12f)

topografía de la zona de estudio



PLANTEAMIENTO GENERAL ESC: 1/500



LEYENDA

[Symbol]	
[Symbol]	
[Symbol]	
[Symbol]	
[Symbol]	
[Symbol]	
[Symbol]	
[Symbol]	

CUADRO DE BMS DE PLANTAS

Descripción	Norte	Este	Elaboración	Ubicación

TESISTA:
LIDER DAVID COLLAZOS PALOMINO

UBICACION
 DEPARTAMENTO: AMAZONAS
 PROVINCIA: BAGUA
 DISTRITO: BAGUA
 SECTOR: CENTRO POBLADO RENTEMA
 CARRETERA: MARGINAL DE LA SELVA 5N

TESIS:
 ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO, MEDIDAS DE MEJORA Y PROTECCION DEL CERRO COLORADO DE LA PROVINCIA DE BAGUA, DEPARTAMENTO DE AMAZONAS - 2022

PLANO:
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

FECHA: JUNIO 2023

ESCALA: 1/500

ASESOR:
ING. MERINO RONCERO, JUAN

LAMINA:
LV-01

Estudio Geomecánica
descripción general de zonas

Descripción geológica del Afloramiento “A”.

Trabajo: ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO, DESCRIPCION GENERAL

Fase de estudio: Campo

Elemento investigado: Afloramiento rocoso

Localización y accesos: Coordenadas
UTM WGS-84 **771286 E / 9390329 N**

Autor: Collazos Palomino
Lider David

Fecha: 16/04/23

Observaciones: EST. Z-1 RENTEMA



DESCRIPCION GEOLOGICA GENERAL:


El afloramiento en cuestión presenta una potencia aproximada de 140 metros y exhibe zonas de inestabilidad debido al comportamiento mecánico de las estructuras geológicas, como las diaclasas, que se pueden observar a lo largo de todo el macizo rocoso. A grandes rasgos, se puede distinguir una tonalidad que sugiere la posible presencia de roca arenisca o argilita. Desde la base hasta unos 40 metros de altura, está compuesto principalmente por el macizo rocoso, mientras que la porción restante está conformada por suelo producto de la meteorización, el cual muestra una extensa cobertura vegetal.

Además, se ha clasificado el área en cinco zonas distintas, que se describirán a continuación en la carta geológica. Se encuentra dentro del mapa geológico del cuadrángulo de Jaén, hoja 12 F, perteneciente a la era Mesozoica, en el sistema Cretácico. Se ubica en la serie superior con una edad de aproximadamente 100.0 millones de años (M.A). La litoestratigrafía identificada es la Formación Chota, compuesta por intercalaciones de limoarcillas y lodolitas rojas, areniscas y conglomerados. Esta formación contiene fósiles de peces, carófitas y huesos de dinosaurio.

DESCRIPCION BASICA DE CADA ZONA:


Zona I

Se pueden observar desprendimientos rocosos de color rojizo con evidencia de escorrentía de agua, producto de las precipitaciones. Existe una baja presencia de vegetación en la zona. Se puede apreciar la presencia de una secuencia rocosa compuesta por cuatro estratos, con texturas que varían entre rojizas, moradas y plomizas.

Trabajo: ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO, DESCRIPCION GENERAL		
Fase de estudio: Campo		Elemento investigado: Afloramiento rocoso
Localizacion y accesos: Coordenadas UTM WGS-84 771276 E / 9390312 N		Autor: Collazos Palomino Lider David
Fecha: 16/04/23		
Observaciones: EST. Z-2 RENTEMA		
		
DESCRIPCION BASICA DE CADA ZONA:		
<p>Zona II</p> <p>Se puede constatar una vegetación de baja densidad en el área estudiada, donde se identificaron tres estratos distintos de color rojizo que exhiben una erosión notable debido a la acción de la escorrentía. En la parte inferior, se observa una alta incidencia de desprendimientos rocosos, lo cual puede representar un factor de riesgo geológico significativo.</p>		

Trabajo: ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO, DESCRIPCION GENERAL		
Fase de estudio: Campo		Elemento investigado: Afloramiento rocoso
Localizacion y accesos: Coordenadas UTM WGS-84 771262 E / 9390286 N		Autor: Collazos Palomino Lider David
Fecha: 16/04/23		
Observaciones: EST. Z-3 RENTEMA		
		
DESCRIPCION BASICA DE CADA ZONA:		
<p>Zona III</p> <p>Se puede apreciar una vegetación escasa en conjunto con la presencia de escorrentía en la base del afloramiento rocoso, resultado de la acumulación de agua durante las temporadas de lluvia. Se observan seis tipos de estratos con colores distintos, lo que sugiere la posible presencia de diferentes tipos de roca. Además, se nota una alta probabilidad de desprendimiento de rocas en un rango de tamaño que oscila entre los 10 cm y los 70 cm, causado por procesos de meteorización.</p>		

Trabajo: ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO, DESCRIPCION GENERAL		
Fase de estudio: Campo	Elemento investigado: Afloramiento rocoso	
Localizacion y accesos: Coordenadas UTM WGS-84 771255 E / 9390268 N	Autor: Collazos Palomino Lider David	Fecha: 16/04/23
Observaciones: EST. Z-4 RENTEMA		
		
DESCRIPCION BASICA DE CADA ZONA:		
<p>Zona IV</p> <p>Se evidencia una zona crítica donde ocurren desprendimientos a gran escala del afloramiento rocoso, acompañados de acumulación de sedimentos tanto en la parte superior como en la inferior. En términos de vegetación, se registra una baja presencia de flora en la zona. Se puede observar la presencia de escorrentía en la base del afloramiento, así como la existencia de rocas de considerable tamaño que oscilan entre 0.60 y 1.20 metros.</p>		

Trabajo: ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO, DESCRIPCION GENERAL		
Fase de estudio: Campo		Elemento investigado: Afloramiento rocoso
Localizacion y accesos: Coordenadas UTM WGS-84 771248 E / 9390250 N		Autor: Collazos Palomino Lider David
Fecha: 17/04/23		
Observaciones: EST. Z-5 RENTEMA		
		
DESCRIPCION BASICA DE CADA ZONA:		
<p>Zona V</p> <p>Se pueden distinguir dos tipos de estratos verticales con diferentes inclinaciones, cada uno mostrando una tonalidad distinta que sugiere la presencia de dos tipos de roca. También se puede observar la existencia de escorrentía en la parte inferior, resultado de las precipitaciones. Dentro de esta área, se pueden identificar dos subzonas diferentes. En una de ellas, se nota una zona crítica con una alta incidencia de desprendimientos rocosos, mientras que en la otra se encuentra un estrato compacto con grandes bloques de roca.</p>		

Descripción geológica del Afloramiento “B”.

Trabajo: ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO, DESCRIPCION GENERAL		
Fase de estudio: Campo	Elemento investigado: Afloramiento rocoso	
Localización y accesos: Coordenadas UTM WGS-84 771252 E / 9390228 N	Autor: Collazos Palomino Lider David	Fecha: 17/04/23
Observaciones: EST. Z-6 RENTEMA		



DESCRIPCION GEOLOGICA GENERAL:


Afloramiento de aproximadamente 113 metros de potencia, presenta zonas de inestabilidad producto del comportamiento mecánico de las estructuras geológicas (diaclasas) que se logran observar en toda la extensión del macizo rocoso, a grosso modo se puede identificar una tonalidad lo cual nos indica que nos podemos encontrar con una roca arenisca. desde su base hasta unos 60 metros de altura aproximadamente esta comprendido por macizo rocoso y lo que falta para completar su potencia es suelo producto de la meteorización el cual presenta una amplia cobertura vegetal. También se ha podido clasificar en 8 zonas las cuales serán descritas a continuación en su carta geológica nos encontramos en el mapa geológico del cuadrángulo de Jaen- hoja 12 f, perteneciente a la era mesozoica, en el sistema cretácico ubicada en la serie superior en la edad (M.A) 100.0, con una litoestratigrafía [ksP - cho] - formación chota, con presencia de limoarcillas y lodolitas rojas intercaladas con areniscas y conglomerados, que contienen fósiles de peces, carofitas y huesos de Dinosaurio.


DESCRIPCION BASICA DE CADA ZONA:

Zona VI

Se puede apreciar una sucesión de estratos uniformes y homogéneos de color rojizo, con una vegetación escasa en la parte inferior del afloramiento rocoso debido a las temporadas de lluvia. Se observa la continuidad del afloramiento a lo largo de los estratos, con discontinuidades que se presentan cada 3 a 5 metros, con un espaciado aproximado de 40 cm.

Trabajo: ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO, DESCRIPCION GENERAL		
Fase de estudio: Campo	Elemento investigado: Afloramiento rocoso	
Localización y accesos: Coordenadas UTM WGS-84 771260 E / 9390211 N	Autor: Collazos Palomino Lider David	Fecha: 17/04/23
Observaciones: EST. Z-7 RENTEMA		
		
DESCRIPCION BASICA DE CADA ZONA:		
<p>Zona VII</p> <p>En esta fachada del afloramiento se puede observar una mayor concentración de estratos de color rojizo intenso, compuestos por bloques de roca de gran tamaño, con dimensiones aproximadas de 15 metros, y con grietas presentes en cada unión de los estratos. Existe una vegetación escasa en esta zona. Además, se registra una alta probabilidad de fractura debido a agentes meteorológicos como lluvias, sismos y corrientes de aire, especialmente durante las épocas de precipitaciones. En la parte inferior del afloramiento, se pueden observar desprendimientos rocosos como resultado de los procesos de meteorización</p>		

Trabajo: ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO, DESCRIPCION GENERAL		
Fase de estudio: Campo	Elemento investigado: Afloramiento rocoso	
Localizacion y accesos: Coordenadas UTM WGS-84 771275 E / 9390195 N	Autor: Collazos Palomino Lider David	Fecha: 17/04/23
Observaciones: EST. Z-8 RENTEMA		
		
DESCRIPCION BASICA DE CADA ZONA:		
<p>Zona VIII</p> <p>Se evidencia una abundante deposición de bloques rocosos en la base del afloramiento, resultado de procesos de meteorización. Esta acumulación de bloques sugiere una alta tasa de desprendimiento y caída de material rocoso. Por otro lado, se observa la existencia de vegetación que ha logrado colonizar los afloramientos rocosos, lo cual indica cierta adaptación de la flora a estas condiciones geológicas.</p>		

Trabajo: ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO, DESCRIPCION GENERAL		
Fase de estudio: Campo		Elemento investigado: Afloramiento rocoso
Localizacion y accesos: Coordenadas UTM WGS-84 771317E / 9390166 N		Autor: Collazos Palomino Lider David
Fecha: 17/04/23		
Observaciones: EST. Z-9 RENTEMA		
		
DESCRIPCION BASICA DE CADA ZONA:		
<p>Zona IX</p> <p>Esta ubicación corresponde al núcleo del afloramiento, donde se observa un cambio en la tonalidad de la roca, que adquiere un color rojizo oscuro, sugiriendo la posible presencia de arenisca. No se aprecia una acumulación significativa de grandes bloques rocosos caídos en esta zona. Sin embargo, se pueden notar bloques de roca en los bordes que muestran signos de inminente colapso o desprendimiento.</p>		

Se recopiló muestras inalteradas de cada zona para realizar los ensayos en laboratorio de sus propiedades físicas y mecánicas en laboratorio, la cual se muestra en la siguiente foto.

la muestra 1 pertenece a la zona 1. que pertenece al afloramiento A la cual presenta un color rojizo.

Ilustración 10. A. Imagen general de la zona 1. B. Imagen de la muestra de la zona 1



la muestra 2 pertenece a la zona 2. que pertenece al afloramiento A la cual presenta un color rojizo

Ilustración 11. A Imagen general de la zona 2. B. imagen de la muestra de la zona 2



la muestra 3 pertenece a la zona 3. que pertenece al afloramiento A la cual presenta un color rojizo

Ilustración 12 A Imagen general de la zona 3. B. imagen de la muestra de la zona 3



la muestra 4 pertenece a la zona 4. que pertenece al afloramiento A la cual presenta un color gris

Ilustración 13 la muestra 4 pertenece a la zona 3. que pertenece al afloramiento A la cual presenta un color gris



la muestra 5 pertenece a la zona 5. que pertenece al afloramiento A la cual presenta un color rojizo

Ilustración 14. la muestra 5 pertenece a la zona 5. que pertenece al afloramiento A la cual presenta un color rojizo



la muestra 6 pertenece a la zona 6. que pertenece al afloramiento A la cual presenta un color crema

Ilustración 15 la muestra 6 pertenece a la zona 6. que pertenece al afloramiento A la cual presenta un color crema



la muestra 7 pertenece a la zona 7. que pertenece al afloramiento A la cual presenta un color crema

Ilustración 16 la muestra 7 pertenece a la zona 7. que pertenece al afloramiento A la cual presenta un color rojizo



la muestra 8 pertenece a la zona 8. que pertenece al afloramiento A la cual presenta un color crema

Ilustración 17 la muestra 8 pertenece a la zona 8. que pertenece al afloramiento A la cual presenta un color rojizo



Cuadro de coordenadas UTM

UTM			
ESTACIONES	ESTE	NORTE	Z
COOR. INICIAL	771286	9390329	394
ZONA 1	771276	9390312	394
ZONA 2	771269	9390299	396
ZONA 3	771262	9390286	396
ZONA 4	771255	9390268	398
ZONA 5	771248	9390250	397
ZONA 6	771252	9390228	400
ZONA 7	771260	9390211	395
ZONA 8	771275	9390195	397
ZONA 9	771317	9390166	395

Cuadro de coordenadas geográficas

GEOGRAFICAS			
ESTACIONES	ESTE	NORTE	Z
COOR. INICIAL	-78.55151369772270	-5.510675927994450	394
ZONA 1	-78.55160326706320	-5.510829947893330	394
ZONA 2	-78.55166592487980	-5.510947703805690	396
ZONA 3	-78.55172858271380	-5.511065459722000	396
ZONA 4	-78.55179105537330	-5.511228406461490	398
ZONA 5	-78.55185352805020	-5.511391353208750	397
ZONA 6	-78.55181663352640	-5.511590044359700	400
ZONA 7	-78.55174384449590	-5.511743396208760	395
ZONA 8	-78.55160795303540	-5.511887450027390	397
ZONA 9	-78.55122804203710	-5.512147997472370	395

Descripción de los planos Estereográficos en el Afloramiento “B”

Estación geomecánica: “Est. Z9-01 P1”

En la siguiente imagen podemos observar las discontinuidades que se presentan en el afloramiento rocoso en la estación geomecánica “Est. Z9-01 P1” Fotografía A, en las líneas punteadas de rojo podemos observar como la continuidad se proyecta hasta lo alto del macizo rocoso dejando visible las familias de diaclasas que se presentan e identifican en dicha estación como familia 1, familia 2 y Familia 3. En la fotografía B realizamos las mediciones de dirección (dip direction) y Buzamiento(dip) de cada familia de discontinuidad identificada en dicha estación el instrumento que se utilizó para realizar la toma de datos fue con la brújula geológica BRUNTON truArc15. Siguiendo estos parámetros se realizaron de la misma forma para las siguientes estaciones geomecánicas.



Ilustración 18. Mapeo en celdas, para la toma de datos estructurales, Est. Z9-01 P1

Estación geomecánica: “Est. Z9-02 P2”

En la siguiente imagen como en la anterior se aprecia la identificación de 5 familias de diaclasas en las discontinuidades que presenta su geología estructural. Identificadas de la siguiente manera, familia 1, familia 2, familia 3, familia 4(verde) y familia 5

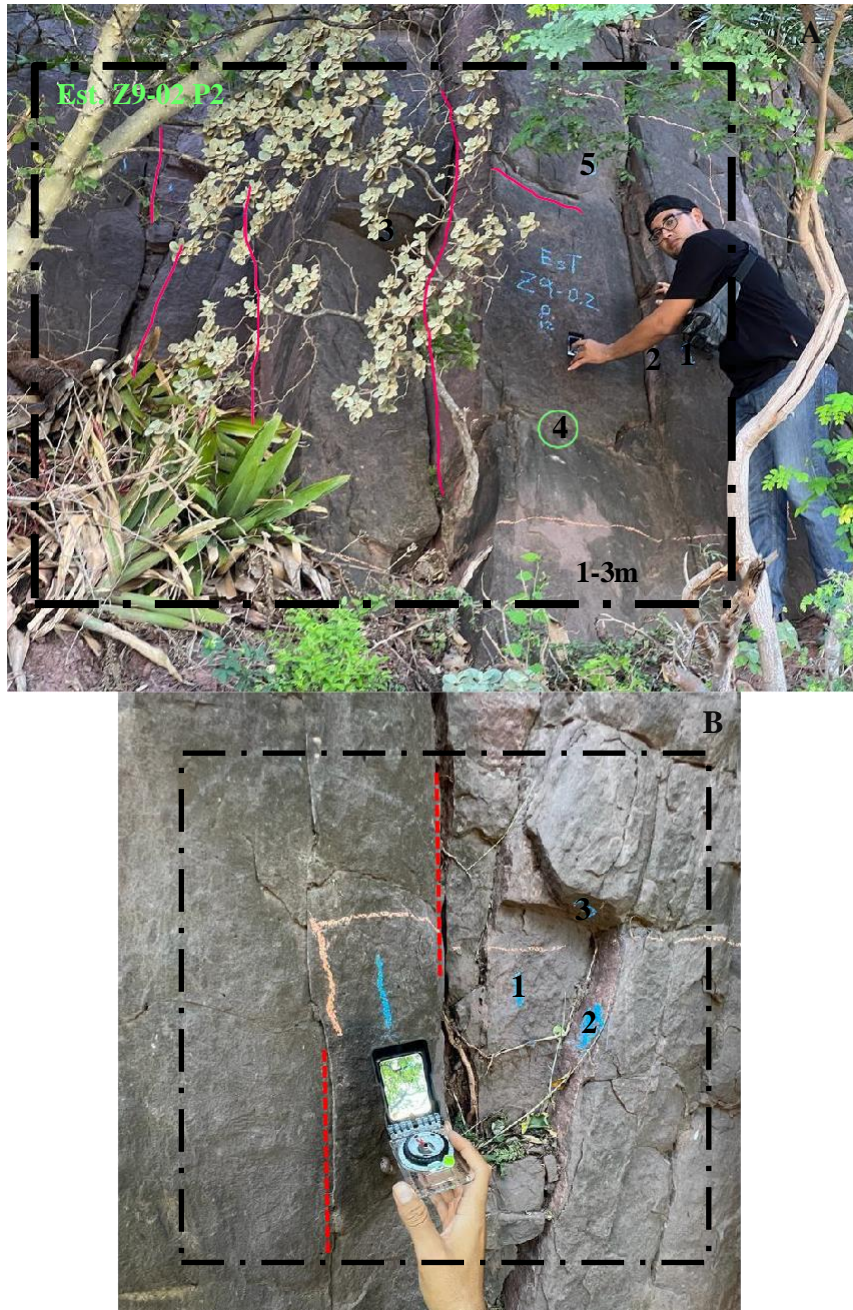


Ilustración 19. Mapeo en celdas, para la toma de datos estructurales, Est. Z9-02 P2

Estación geomecánica: “Est. Z9-03 P3”

En esta estación geomecánica ubicada en el afloramiento “B”, ubicamos las continuidades señaladas que se proyectan a lo largo del afloramiento, en dicha estación identificamos 5 familias de diaclasas, en la imagen C se registran los datos de dip y dip direction para la proyección de su estereografía.

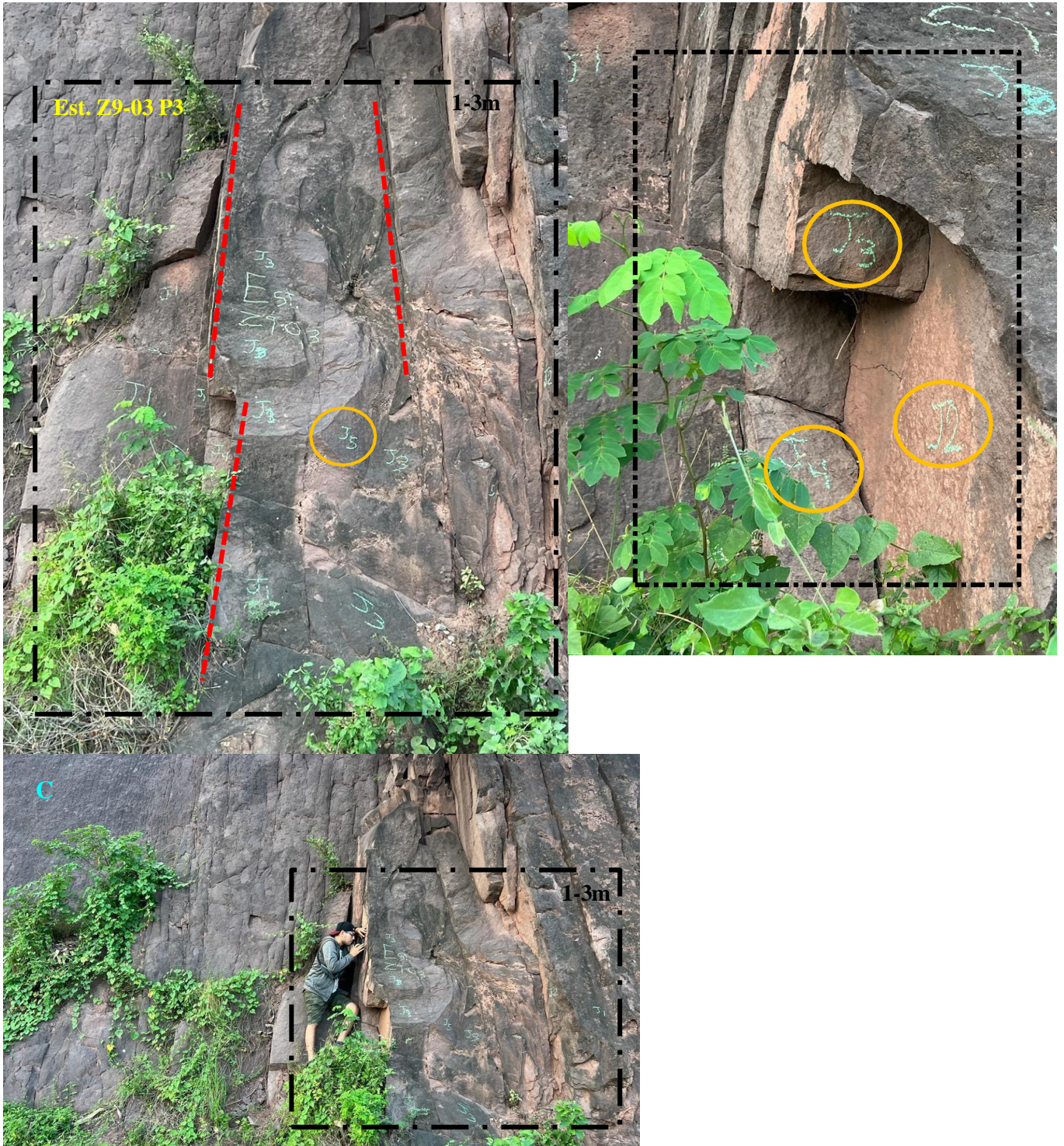


Ilustración 21 Mapeo en celdas, para la toma de datos estructurales, Est. Z9-03 P3

Estación geomecánica: “Est. Z8-01 P4”

Identificación de 5 familias de diaclasas fotografía “A” y “B” y la señalización de sus discontinuidades fotografía “C”.



Ilustración 22 Mapeo en celdas, para la toma de datos estructurales, Est. Z8-01 P4

Descripción de los planos Estereográficos en el Afloramiento “A”

Estación geomecánica: “Est. Z1-01 P5”

En la estación geomecánica Est. Z1-01 P5 se encontraron 5 familias de diaclasas (ilustración A), se ubicaron las discontinuidades, que están marcadas de rojo(imagen B) y en la ultima ilustración C se tomaron los datos de dip y dip direction, en este ocasión el dip.



Ilustración 23. Mapeo en celdas, para la toma de datos estructurales, Est. Z1-01 P5

Estación geomecánica: “Est. Z2-01 P6”

En esta estación geomecánica Est. Z2-01 P6 se tomó de 2m x 2m donde se pueda identificar el mayor número de familias de diaclasas (fotografía A), se ubicaron 5 familias de diaclasas como se aprecia en la ilustración “B”, en la siguiente ilustración observamos la potencia que presenta el afloramiento y su continuidad (líneas rojas)



Ilustración 24. Mapeo en celdas, para la toma de datos estructurales, Est. Z2-01 P6

Estación geomecánica: “Est. L.FER-01 P7”

La siguiente estación geomecánica se desarrollo a unos 531 metros aproximadamente de altitud como se logra a apreciar en la fotografía D, se observa la inclinación de toda la potencia del afloramiento rocoso siendo esta su parte final, se logran identificar 5 familias de diaclasas en este sector, observamos también la etapa final de la continuidad y sus discontinuidades.



Ilustración 25 Mapeo en celdas y altitud de la estación geomecánica para la toma de datos estructurales, Est. L.FER-01.P7

Estación geomecánica: “Est. L.FER-02 P8”

En este sector se identificaron 4 familias de diaclasas y su orientación en la que se encuentran sus principales discontinuidades, nos encontramos con una roca con presencia de carbonato cálcico.



Ilustración 26. Mapeo en celdas y altitud de la estación geomecánica para la toma de datos estructurales, Est. L.FER-02. P8

Estación geomecánica: “Est. Z3-01 P9”

En dicha estación se identificaron 4 familias de diaclasas con sus principales discontinuidades en la imagen C se observa como se obtiene el Dip .

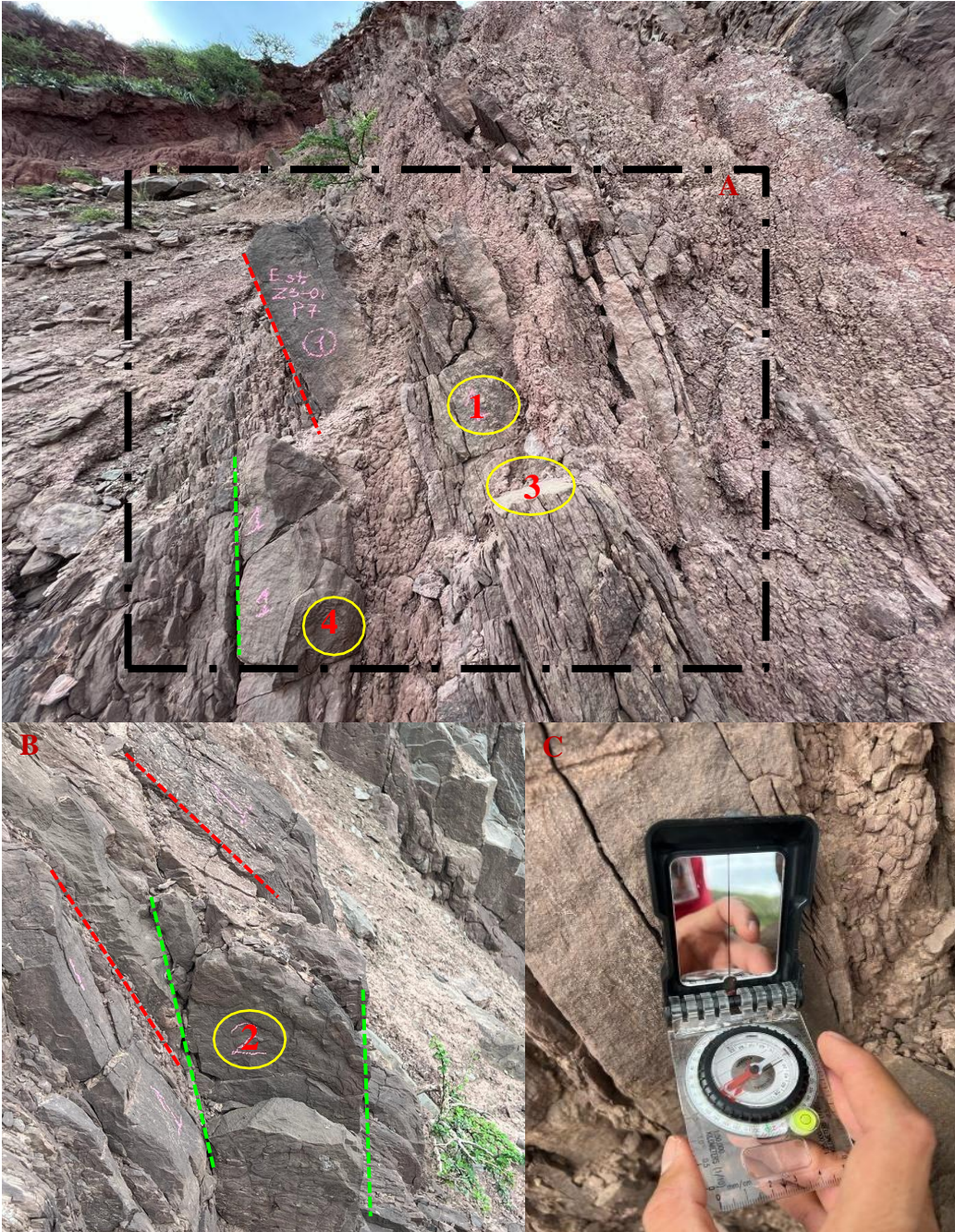


Ilustración 27. Mapeo en celdas para la toma de datos estructurales., Est. Est. Z3-01 P9

Estación geomecánica: “Est. Z4-01 P10”

De igual manera se identifican 5 familias de diaclasas y sus discontinuidades de dicha zona, caracterizando sus discontinuidades

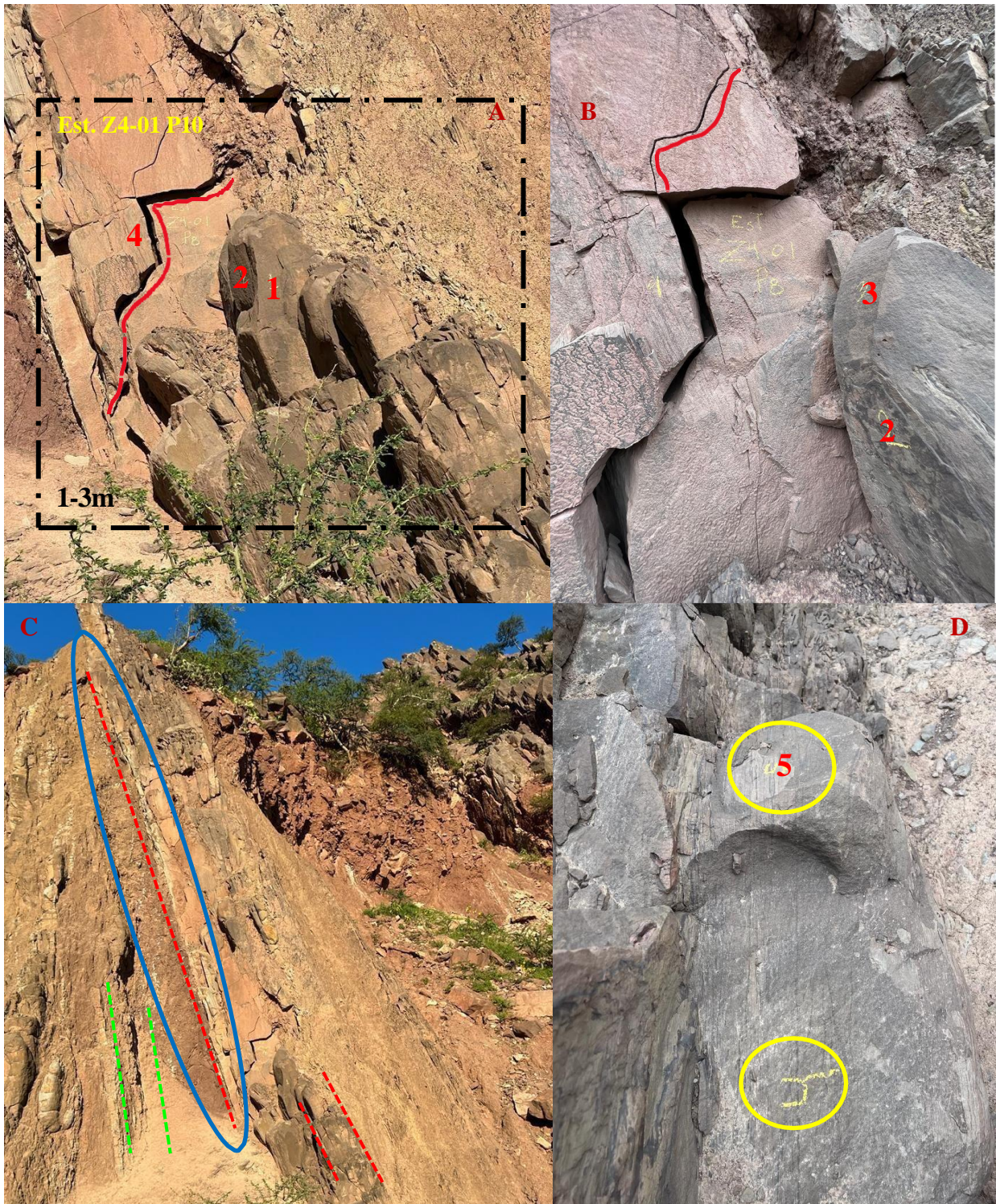


Ilustración 28. Mapeo en celdas para la toma de datos estructurales., Est. Est. Z4-01 P10

Estación geomecánica: “Est. Z6-01 P11”

Se identifico 4 familias de diaclasas como se observa en la fotografía B, en la fotografía A identificamos las discontinuidades, en la fotografía C y D la potencia del afloramiento rocoso en dicha zona 6 y su composición estructural.

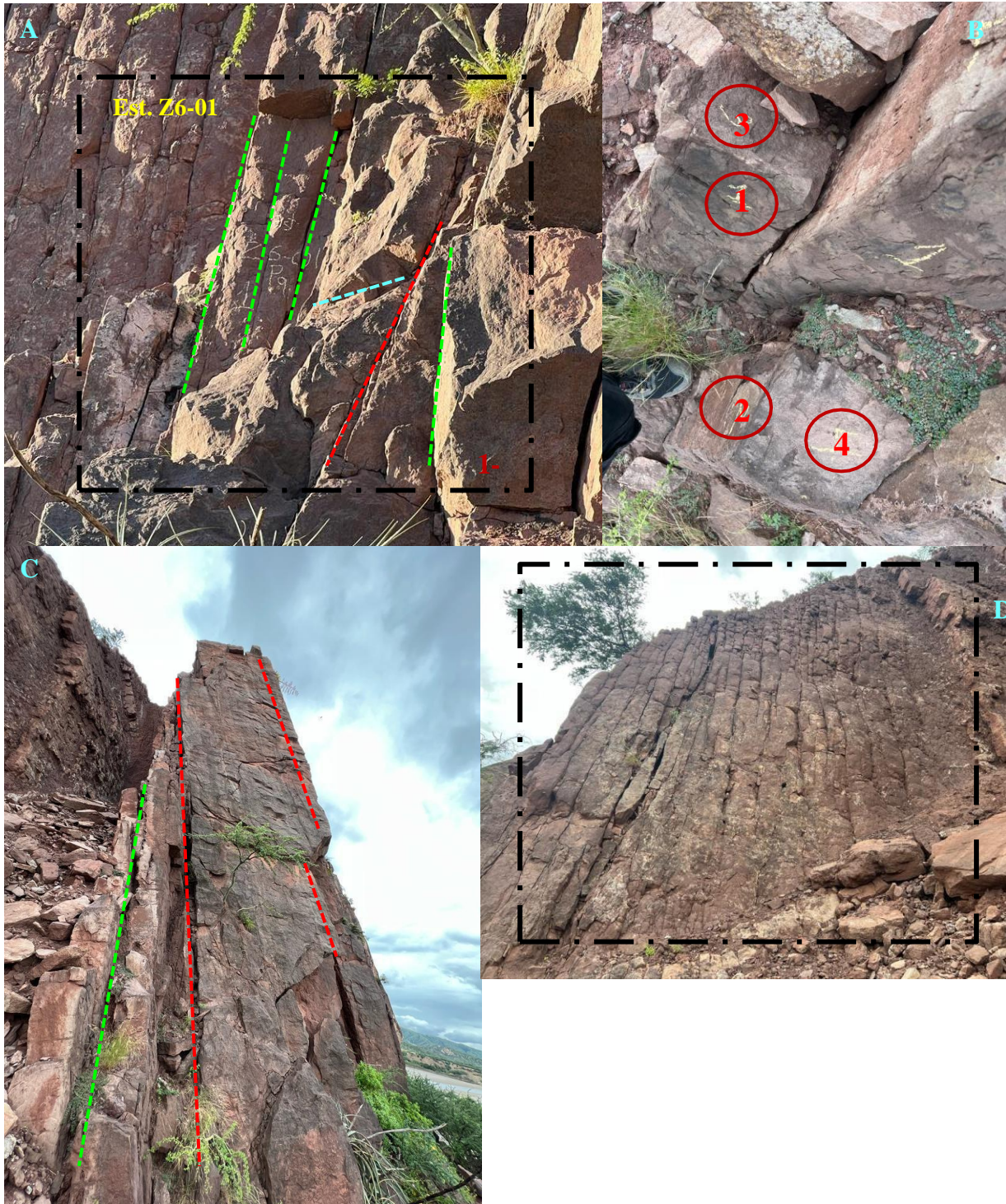


Ilustración 29. Mapeo en celdas para la toma de datos estructurales., Est. Est. Z6-01 P11

Estaciones geomecánicas en el Afloramiento “B” con presencia de Carbonato cálcico:

Est. Z9-01 P1, Est. Z9-02 P2, Est. Z9-03 P3, Est. Z8-01 P4, Est. L.FER-01 P7, Est. L.FER-02 P8.

Para realizar esta reacción química se utilizó HCl (ácido clorhídrico) la cual indica que una molécula de ácido clorhídrico está compuesta por un átomo de hidrógeno (H) y un átomo de cloro (Cl), lo que va a permitir observar la reacción que se aprecia en la fotografía “C”, haciendo que al gotear el elemento genere una separación del carbonato cálcico, entre el oxígeno, el calcio y el carbono.



Ilustración 30. Prueba de ácido clorhídrico.

Rugosidad con peine de Barton en campo.

Para esta prueba necesitamos un peine de Barton (fotografía A) su ábaco y sus parámetros de rugosidad (fotografía B).

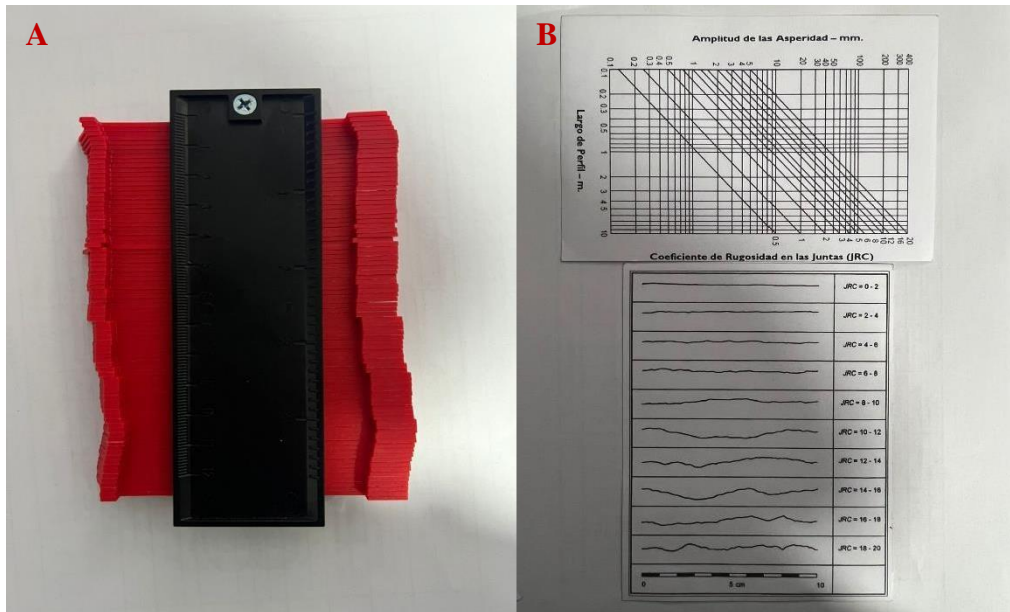


Ilustración 31. Materiales para rugosidad

Se apoya el peine en el sentido de la discontinuidad generando unos espacios que se pueden medir con un mm o un Bernier, este valor se observa en la escala del Abaco y se determina su JRC= Coeficiente. de rugosidad, para este caso nos encontramos en la estación geomecánica “Est. L.FER-01 P7” cuyo Jrc = 4 obteniendo una clasificación según su parámetro de ligeramente rugosa. Para la clasificación del RMR, de esta manera se realizo para las siguientes estaciones.



Ilustración 32. Rugosidad en campo.

Espaciamiento y longitud de las discontinuidades.

Para este parámetro necesitamos una wincha o flexómetro para medir el espaciamiento que se da en cada discontinuidad de dicha estación geomecánica, se identifica donde se encuentra la continuidad y con la ayuda de la wincha se mide de manera perpendicular el espaciamiento como se observa en las siguientes fotografías



Ilustración 33 Espaciamiento de discontinuidades

Para su longitud de esta discontinuidad se puede ayudar con el levantamiento topográfico para obtener una medida exacta ya que presenta una potencia mayor a 20 metros la que alcanza su máximo valor en el 4 parámetro del RMR y presenta la misma familia de diaclasas que se encuentran en la parte inferior como superior.



Ilustración 34. vista aérea, fuente propia.

Ensayos de laboratorio.

Para realizar los ensayos de laboratorio se extrajeron muestras inalteradas de casa zona (Ilustración 10.A.Imagen general de la zona 1.B. Imagen de la muestra de la zona 1) hasta (Ilustración 17 la muestra 8 pertenece a la zona 8. que pertenece al afloramiento A la cual presenta un color rojizo) de las cuales sirvieron para realizar el peso específico, porcentaje de absorción, contenido de humedad, porcentaje de poros, índice de poros. Para ello se separo en 2 tandas 1 para realizar la humedad (fotografía A) y la otra para la absorción (fotografía B). de las cuales se realizaron los siguientes ensayos mencionados.



Ilustración 35. muestras divididas

Se registraron los pesos superficialmente secos de cada muestra antes de ser sumergida en agua y ser puesta en el horno.



Ilustración 36.. muestra puesta en horno y sumergida.

Extracción de diamantina para ensayo a compresión simple y triaxial.

Para la extracción de las diamantinas se extrajeron muestras intactas de campo de aproximadamente 20 cm x 40 cm x 30 cm, la extracción de los núcleos se llevó a cabo en el laboratorio de la universidad Santo Toribio de Mogrovejo. Cumpliendo una serie de parámetros los núcleos extraídos fueron de 2" de diámetro por 4" de largo según la ASTM D7012-14 (Método A).



Ilustración 37. extracción de diamantina

En total se extrajeron 7 núcleos de 8" de largo cada uno codificado, para su ensayo a compresión simple y triaxial.



Ilustración 38. núcleos codificados

Resultados y discusión

Ensayo de laboratorio

Propiedades físicas y mecánicas del macizo rocoso

Peso específico

Este se elaboró según la norma técnica ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021, la cual se desarrolló en el campus de la universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Se obtuvieron los siguientes resultados por cada Zona.

	PESO ESPECIFICO DE LA MASA
	(g/cm ³)
Z1	2.400
Z2	2.632
Z3	2.522
Z4	2.595
Z5	2.471
Z6	2.494
Z7	2.521
Z8	2.574

Porcentaje de absorción

Para este caso se elaboró con la norma técnica ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021, dando como resultado los porcentajes de absorción de cada Zona obteniendo un mayor porcentaje de absorción en la Zona 1.

	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN
	%
Z1	3.47
Z2	0.56
Z3	1.78
Z4	1.04
Z5	1.34
Z6	0.94
Z7	1.27
Z8	1.27

Contenido de humedad

Este ensayo se elaboró según la Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185, donde también se desarrollo en las instalaciones del campus universitario.

CONTENIDO DE HUMEDAD	
%	
Z1	0.57
Z2	0.90
Z3	0.80
Z4	2.02
Z5	0.50
Z6	0.22
Z7	0.40
Z8	0.41

Porcentaje de poros

Se llevo a cabo según la Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185, dando como mayor resultado a la Zona 1

% DE POROS	
%	
Z1	3.47
Z2	0.56
Z3	1.78
Z4	1.04
Z5	1.34
Z6	0.94
Z7	1.04
Z8	1.34

Índice de poros

Se desarrollo según la Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185, dando como mayor índice a las Zonas 2, 1 y 4.

	INDICE DE POROS
	%
Z1	23.74
Z2	32.15
Z3	5.02
Z4	19.49
Z5	7.88
Z6	12.11
Z7	10.13
Z8	8.29

Ensayo a compresión simple

Este ensayo se llevó a cabo según la ASTM D7012 en el laboratorio VICAT-Lima, externo al campus universitario dando como valores los siguiente.



Ilustración 39. núcleos extraídos

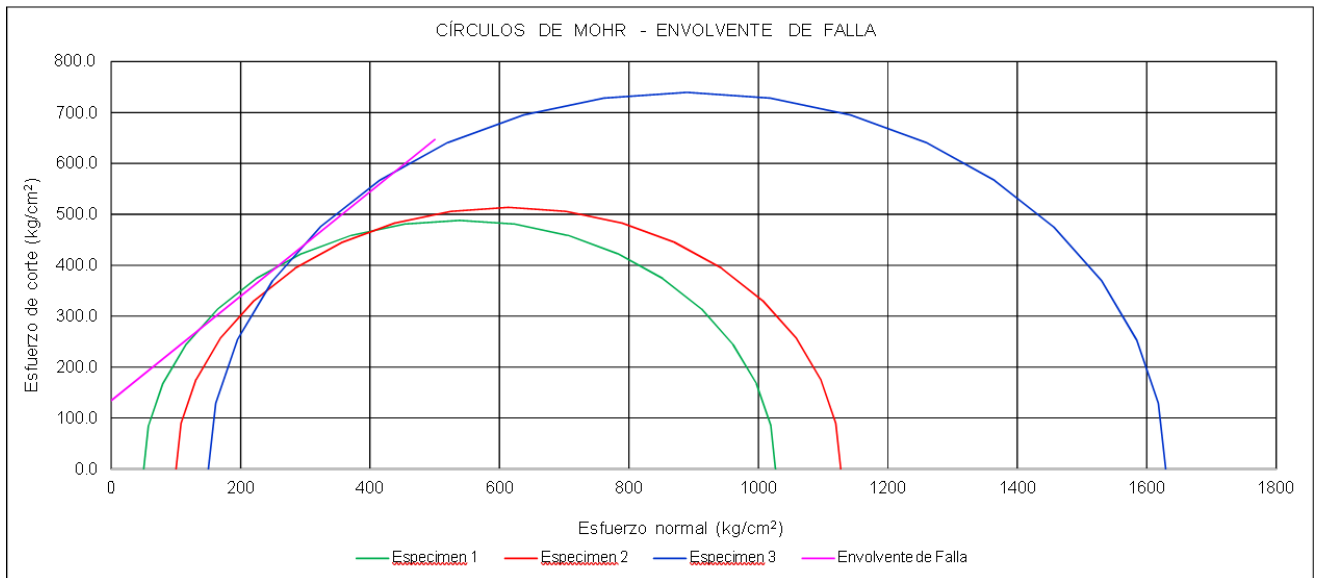
COMPRESIÓN UNIAXIAL EN MUESTRAS CILÍNDRICAS DE ROCA ASTM D7012						
Perforación N°	L (mm)	D (mm)	A (mm)	R L/D	F. máxima (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
Z-3-1	10.00	5.00	19.63	2.00	9286.41	473
Z-3-2	10.00	5.00	19.63	2.00	9047.98	460.8
Z-4	10.00	5.00	19.63	2.00	12258.8	624.3

- Para el ensayo a compresion simple se obtuvo una resistencia de 519.36 Kg/cm² para una roca arenizca.

Ensayo triaxial

**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAXIAL EN ROCAS
ASTM D7012-14 (Método A)**

Especimen	N°	1	2	3
Diámetro	(cm)	5.05	5.05	5.02
Altura	(cm)	10.13	10.19	10.09
Área	(cm ²)	20.01	20.06	19.78
Relación altura / diámetro	R h/Ø	2.01	2.02	2.01
Humedad de la muestra	(%)	0.5	0.5	0.5
Temperatura durante el ensayo	(°C)	25.3	25.3	25.7
Presión de Confinamiento	(kg/cm ²)	50	100	150
Velocidad de ensayo	(Mpa/min)	0.75	0.75	0.75
Tiempo hasta la falla	(seg)	135	145	206
Fuerza máxima	(kg)	19531	20602	29259
Esf. desviador de falla Ds	(kg/cm ²)	976.3	1026.9	1478.9



PARAMETROS DE RESISTENCIA

Ángulo de fricción interna	45.7°
Cohesión	134.04 kg/cm ²

- Se obtuvieron los siguientes resultados para el ensayo triaxial un ángulo de fricción de 45.7° y una cohesión de 134.04 kg/cm²

Proyección estereográfica del macizo rocoso

Este es el primer paso que se tomó para proyectar datos estructurales registrados en campo en una red estereográfica. Según la cantidad de datos, se puede proyectar en planos, polos o ambos. El programa Dips puede representar tanto planos de discontinuidades como polos de los planos de discontinuidades; en este trabajo se optó por representar los polos y planos. La representación estereográfica siguiente se obtuvo utilizando una base de 179 datos de estructuras geológicas (planos de diaclasas).

mediante la utilización del software Dips 7.0 se obtiene las siguientes proyecciones:

- Representación de polos en el programa dips para la identificación de familias de diaclasas

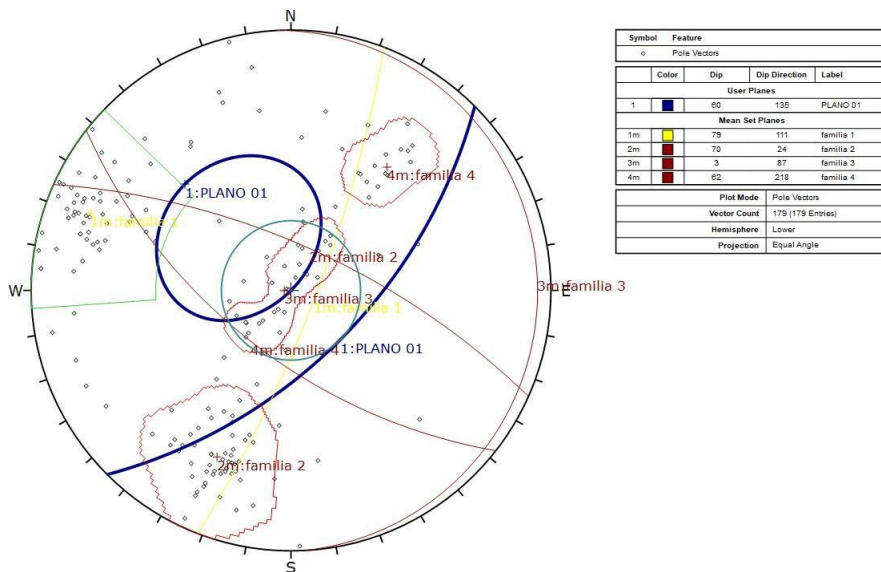


Ilustración 40. Proyección de polos, de los planos de discontinuidad del Afloramiento "A" y "B"

- Distribución de las concentraciones de polos, Identificación de familias de diaclasas y la proyección de su plano estereográficos.
El programa Dips permite realizar diagramas de distribución de polos de las discontinuidades mediante un conteo estadístico, las imágenes proyectadas, mediante el método de Schmidt. Este método tiene como objeto encontrar los dips y dip Direction del macizo. La estadística se aplica al estimar el número de direcciones más frecuentes (Sellés-Martínez, 1988)

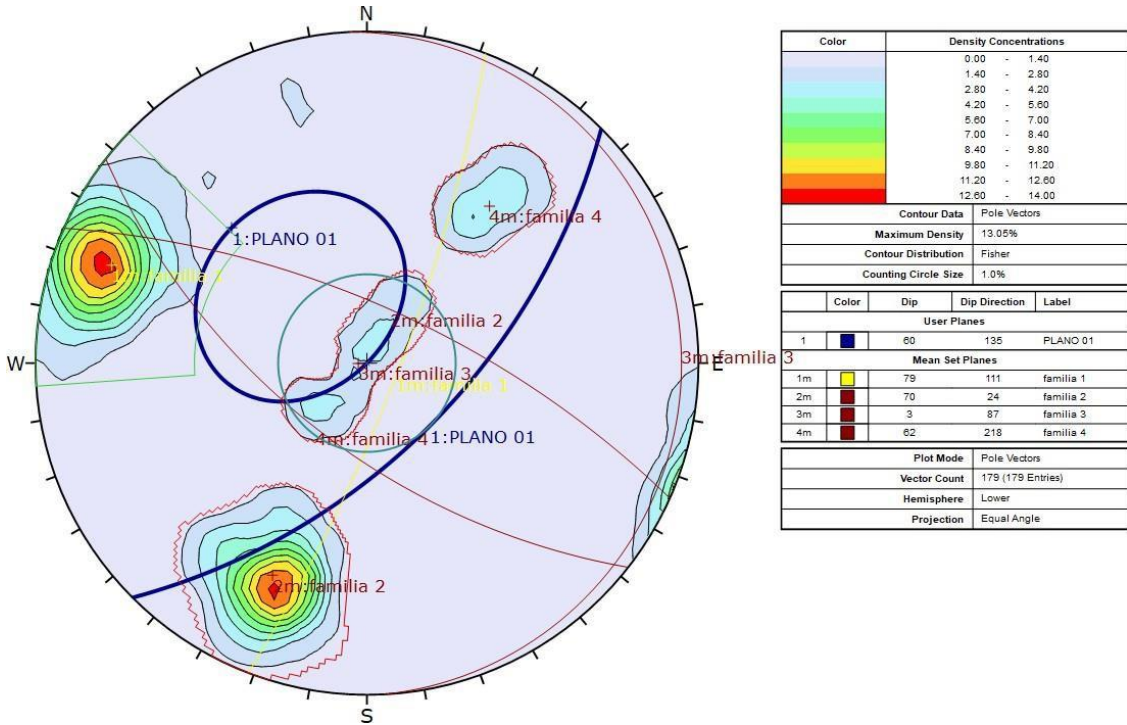


Ilustración 41. Concentración y distribución de Polos de los planos de discontinuidad del afloramiento.

Conseguir Concentración y distribución de todos los datos registrados permite eliminar discontinuidades que son menos frecuentes como así se llega a uniformizar y clasificar fácilmente las familias de discontinuidades. En el afloramiento existe cuatro familias de discontinuidad como se muestra en la Ilustración 41 en este afloramiento existen 4 familias de discontinuidades las cuales las más representativas son la familia 1 y 2 siendo las que se ubican en el hemisferio W-S y W-N. Las que representan mayor concentración de datos por área. Ilustración 41. Concentración y distribución de Polos de los planos de discontinuidad del afloramiento.

- Análisis cinemático y Zona crítica del afloramiento (desplazamiento planar)
Promedio de los planos de las familias de discontinuidad presentes en el afloramiento de las zonas de mayor concentración.

Mean Set Planes				
1m		79	111	familia 1
2m		70	24	familia 2
3m		3	87	familia 3
4m		62	218	familia 4

Ilustración 42. Promedio de dip dip direction de las principales familias de discontinuidades.

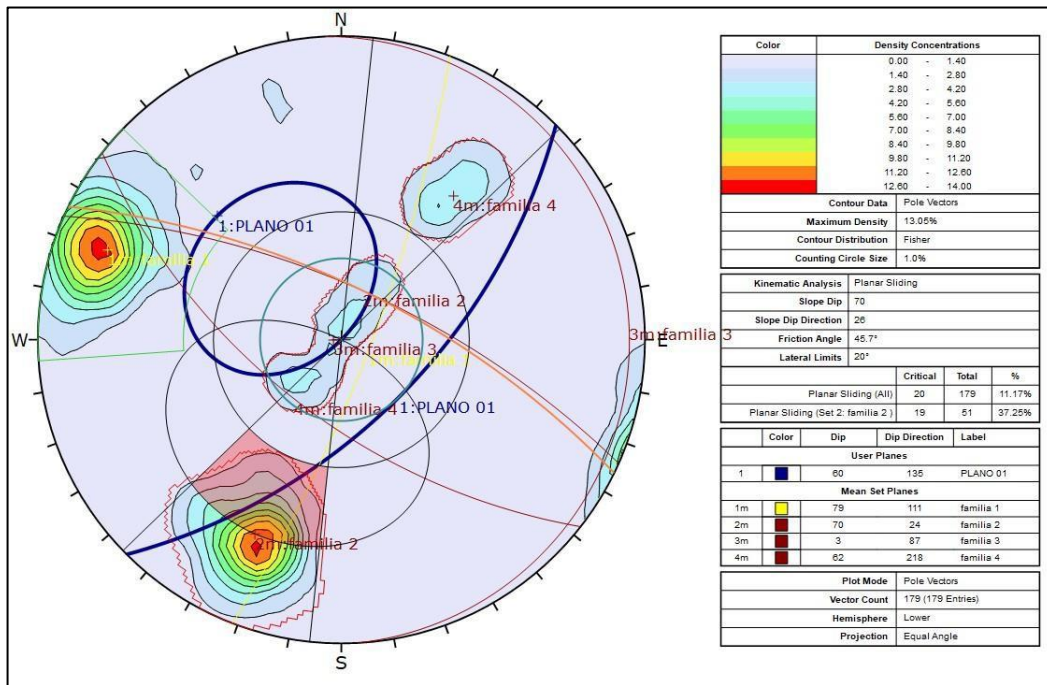


Ilustración 43. Analisis de ruptura planar.

Como se puede apreciar en la Ilustración 43 en el afloramiento la zona mas critica es la que se encuentra en la familia 2, con una probabilidad de ruptura de 37.25%, generando ciertas rupturas por cuña que atraviesan como una rebanada por la familia 3. según el analisis cinemático desarrollado por el software teniendo en cuenta la orientacion dip/dips direction, 70°/26° del talud y sus propiedades mecanicas (angulo de friccion y cohesion)

Simulacion de caida en bloques del afloramiento rocoso

Mediante la utilización del software Rocfall3 se analizo la caída de bloques de rocas, considerando que es un afloramiento de macizo rocoso de naturaleza arenisca con un Angulo de fricción interno de 45.7 grados, una cohesion de 134.04 kg/cm², resistencia a compresión simple de 624.3 kg/cm² y una aceleracion sísmica de la Zona de 0.25.

- Observamos el recorrido del desprendimiento de bloques de roca que se originaria en la Zona, ocasionadas por vibraciones, sismos o agentes ambientales, observamos que el recorrido de los bloques llegaria hacia la zona blanda que esta de color verde (asfalta-carretera marginal de la selva).

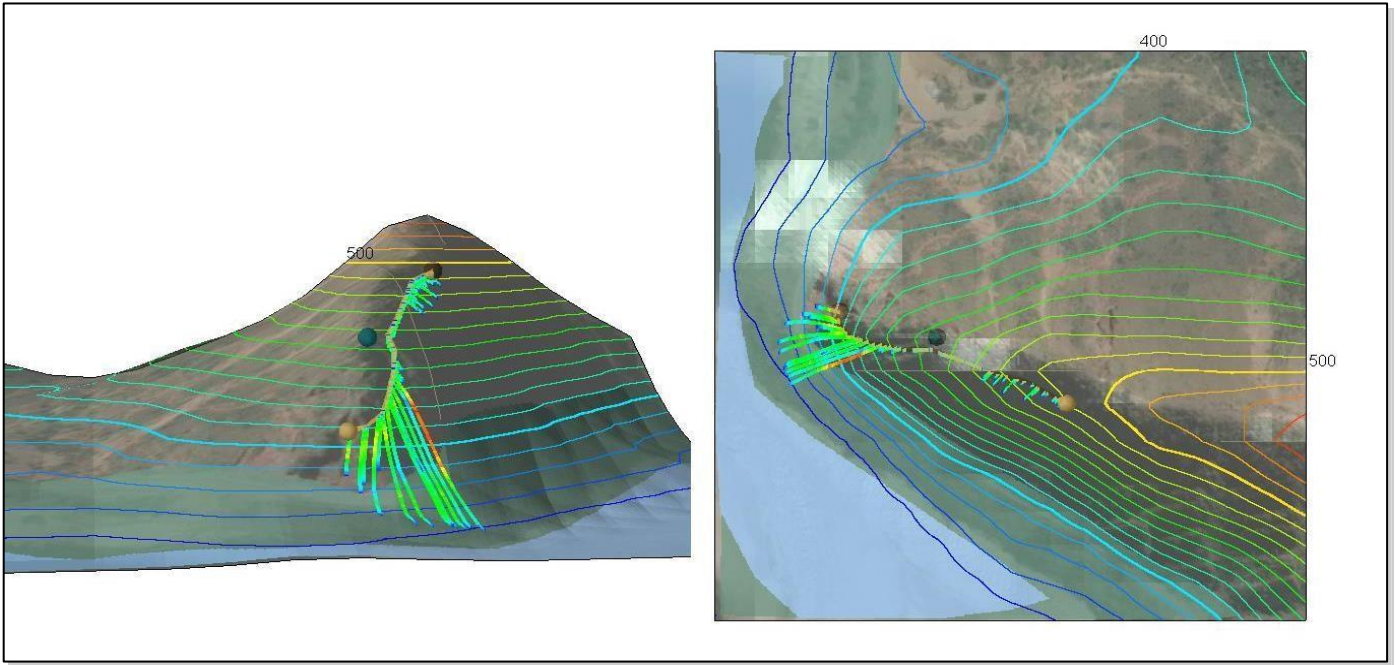


Ilustración 44. Recorrido de los bloques de roca

- A continuación se aprecia cual es el recorrido de los desprendimientos rocosos y hasta donde llegaría afectar considerando su volumen y capacidad de potencia.

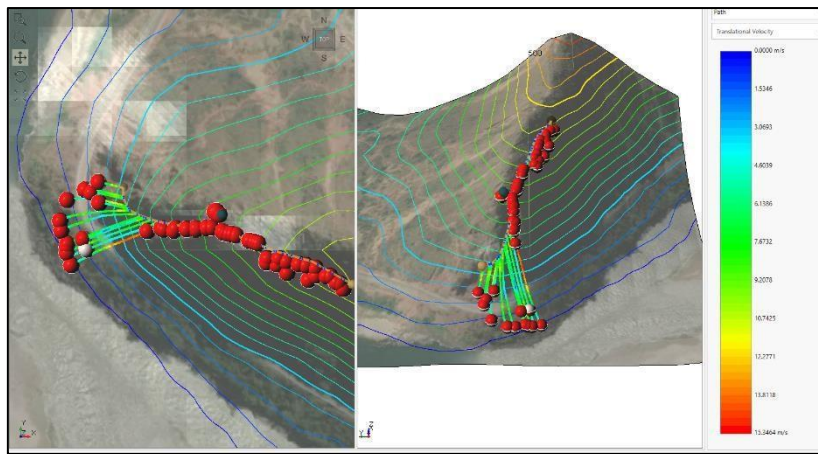


Ilustración 45. simulacion desprendimiento de bloques

- Se observa en la Ilustración 46 un histograma de puntos donde donde seria un mapeo donde terminaria cayendo los bloques de rocas

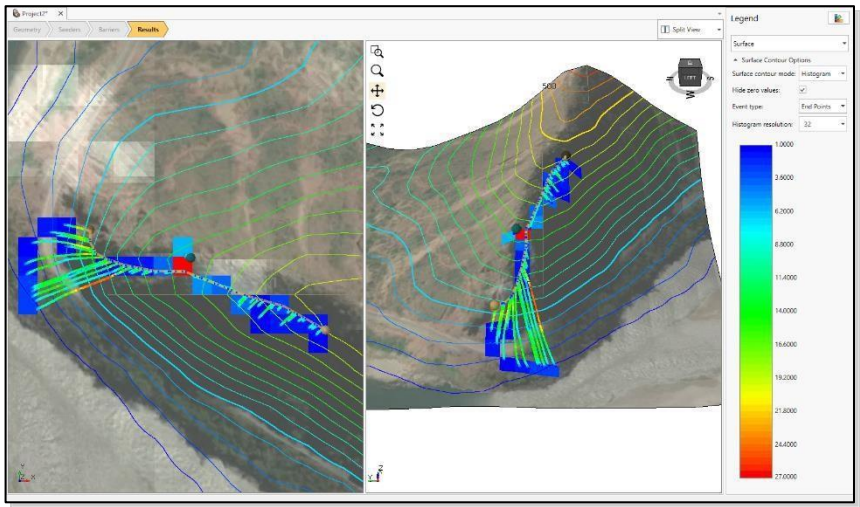


Ilustración 46. Histograma de puntos finales

- En la Ilustración 47 apreciamos la medida de mejora que se aplico con la ayuda del software Rocfall3 teniendo en cuenta que la energia cinetica maxima liberada es de 88.97 KJ y una distancia de salida de 80.83 m, se calculo que para dicha energia liberada se utilizara una barrera de proteccion contra caidas de rocas GBE-500.

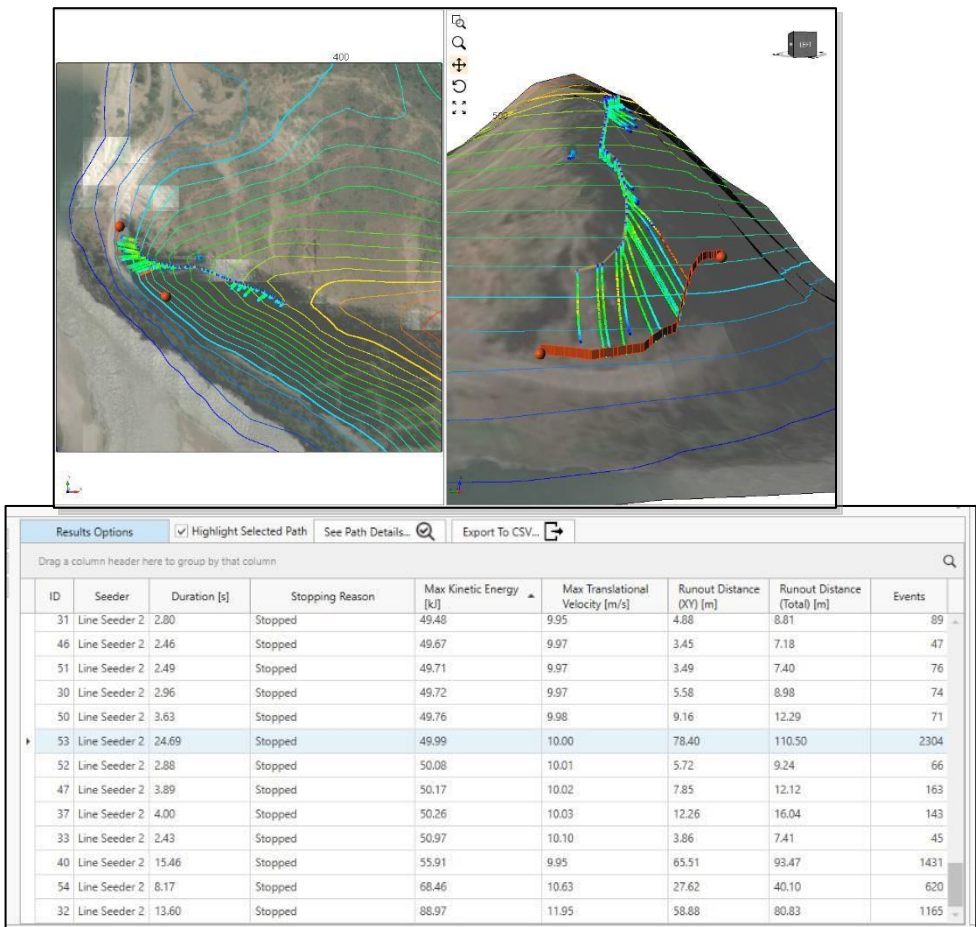


Ilustración 47. medida de mejora

Datos para planos estereográficos, Dips y dip direction.

Nombre del punto o Estación(codigo)	Familia de diaclasa	Lectura		Juntas por familia
		Dip	Dip Direction	
Z1-01 Est. 1	1	78°/73°/83°/74°/ 84°/85°/82°/80°	104°/105°/110°/117°/ 108°/110°/120°	8
	2	50°/81°/74°/75°/ 75°/70°/72°	10°/25°/25°/35°/ 25°/44°/19°	7
	3	12°/10°/29°/26°/ 26°/27°	220°/198°/219°/216°/ 221°/215°	6
	4	80°/82°/82°/76°	80°/58°/72°/65°	4
	5	50°/60°/55°/55°	215°/220°/220°/210°	4
Z2-01 Est. 2	1	84°/80°	108°/105°	2
	2	88°/72°/72°/75°/66°	25°/17°/38°/23°/45°	5
	3	18°/9°	144°/112°	2
	4	65°	119°	1
	5	75°	160°	1
Z3-01 Est. 3	1	76°/84°/80°/89°/ 68°/62°	103°/126°/95°/103°/ 115°/112°	6
	2	56°/69°/79°/70°/ 60°/60°	29°/218°/24°/205°/ 200°/214°	6
	3	40°/10°/13°	248°/225°/244°	3
	4	42°	134°	1
Z4-01 Est. 4	1	88°/80°	95°/84°	2
	2	74°/60°	23°/16°	2
	3	30°/35°	190°/188°	2
	4	11°	165°	1
	5	58°	110°	1
Z5-01 Est. 5	1	82°/73°/68°/72°/ 68°/67°/82°	14°/18°/22°/5°/20°/ 351°/25°	7
	2	80°/85°/82°/80°/78°/ /80°/82°/75°	108°/100°/113°/110°/106°/105°/110°/104°	8
	3	20°/19°/6°	189°/195°/200°	3
	4	26°	65°	1
Z6-01 Est. 6	1	62°/62°/70°/ 74°/70°/68°	35°/26°/15°/20°/17°/14°	6
	2	74°/78°/74°/86°/83°	109°/80°/110°/98°/102°	5
	3	68°/76°/78°	160°/112°/145°	3
	4	21/21/19	15/215/101	3
	5	40°	208°	1
Z7-01 Est. 7	1	73°/80°/74°/78°	25°/19°/21°/24°	4
	2	88°/89°/89°/78°	95°/129°/99°/136°	4
	3	02°/01°/01°	110°/108°/105°	3

Z7-02	1	70°/75°/60°/58°/72°/70°	18/30/32/35/20/32	5
-------	---	-------------------------	-------------------	---

Est. 8	2	84°/80°/79°	114°/126°/117°	3
	3	40°/18°/26°	45°/43°/45°	3
	4	69°/68°	146°/113°	2
	5	70°	191°	1
Z8-01 Est. 9	1	66°/69°/70°/74°/ 73°/72°/70°	20°/17°/26°/38°/ 20°/20°/22°	7
	2	86°/89°/86°/88°/82° 84°/74°/88°	115°/115°/119°/115°/ 114°/112°/124°/112°	8
	3	58°/62°/24°/89°	358°/54°/22°/24°	4
	4	48°/28°/10°/30°/26°	5°/25°/34°/44°/40°	5
	5	89°/82°	170°/166°	2
Z8-02 Est. 10	1	78°/72°/72°/80°	115°/120°/132°/115°	4
	2	55°/55°/60°	250°/220°/219°	3
	3	79°	110°	1
	4	78°/65°/72°/55°/56°	28°/34°/35°/5°/25°	5
	5	54°	215°	1
Z8-03 Est. 11	1	68°/69°/70°/65°	223°/230°/220°/215°	4
	2	42°/24°/10°/12°/20°	20°/55°/17°/38°/44°	5
	3	70°/70°	315°/170°	2
	4	61°	184°	1

Indices de Bieniawski (Rock Mass Rating. R.M.R- evaluación de la masa rocosa)

	Z1-01 Est. 1	Z2-01 Est. 2	Z3-01 Est. 3	Z4-01 Est. 4	Z5-01 Est. 5	Z6-01 Est. 6	Z7-01 Est. 7	Z7-02 Est. 8	Z8-01 Est. 9	Z8-02 Est. 10	Z8-03 Est. 11
	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo
1	4	4	4	7	4	7	4	4	4	4	4
2	8	17	13	17	13	13	17	13	8	13	17
3	10	10	10	15	15	8	8	15	15	8	10
4	2	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	6	5	3	3	5	3	5	5	3	3
	0	0	0	0	6	0	2	6	6	4	2
	0	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3
5	1	7	10	10	10	10	10	10	7	7	10
RMR(1+2+3+4+5)	31 %	45 %	44 %	53 %	55 %	46 %	47 %	57 %	48 %	42 %	49 %
clase	IV	III	III	III	III	III	III	III	III	II	III
Calidad	Mala	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Buena	Regular
C=5*RMR	155.00 KPa	225.00 KPa	220.00 KPa	265.00 KPa	275.00 KPa	230.00 KPa	235.00 KPa	285.00 KPa	240.00 KPa	210.00 KPa	245.00 KPa
Fi=5+(RMR/2)	21 °	28 °	27 °	32 °	33 °	28 °	29 °	34 °	29 °	26 °	30 °

Clase	Calidad de la roca	RMR		
I	Muy buena	81	-	100
II	Buena	61	-	80
III	Regular	41	-	60
IV	Mala	21	-	40
V	Muy mala	0	-	20

El índice RMR varía entre 0 i 100:

Clase	Calidad de roca	RMR
I	muy buena	81 – 100
II	buena	61 – 80
III	regular	41 – 60
IV	mala	21 – 40
V	muy mala	0 - 20

Relación entre RMR y propiedades geomecánicas:

$$c = 5 \cdot \text{RMR} \quad (\text{kPa})$$

$$f_i = 5 + (\text{RMR}/2) \quad (^\circ)$$

Rqd (Rock Quality Designation-Indice de calidad de la roca)

Estacion	Coordenada		Familia					total	RQD	Golpes
	x	y	1	2	3	4	5	Jv	110-2.5Jv	martillo
Z1-01 Est. 1	771276	9390327	8	7	6	4	4	29	38 %	0
Z2-01 Est. 2	771268	9390312	2	5	2	1	1	11	83 %	0
Z3-01 Est. 3	771271	9390288	6	6	3	1		16	70 %	0
Z4-01 Est. 4	771261	9390280	2	2	2	1	1	8	90 %	0
Z5-01 Est. 5	771258	9390236	7	8	3	1		19	63 %	0
Z6-01 Est. 6	771264	9390215	6	5	3	3	1	9	88 %	0
Z7-01 Est. 7	771302	9390179	4	4	4			12	80 %	0
Z7-02 Est. 8	771320	9390168	5	3	4	2	1	7.5	91 %	0
Z8-01 Est. 9	771369	9390137	7	8	4	5	2	13	78 %	0
Z8-02 Est. 10	771659.73	9390150.2	4	3	1	5	1	14	75 %	0
Z8-03 Est. 11	771484.14	9390183.01	1	5	1	4		11	83 %	0

Leyenda:

	Regular
	Malo

índice Q Barton .

	Z1-01 Est.1	Z2-01 Est.2	Z3-01 Est. 3	Z4-01 Est. 4	Z5-01 Est. 5	Z6-01 Est. 6	Z7-01 Est. 7	Z7-02 Est. 8	Z8-01 Est. 9	Z8-02 Est. 10	Z8-03 Est. 11
	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo
RQD	38 %	83 %	70 %	90 %	63 %	88 %	83 %	93 %	78 %	75 %	83 %
Jn	29	11	16	8	19	9	11	7	13	14	11
Jr	3	3	3	1,5	3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Ja	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2
Jw	1	1	1	1	1	0,66	0,75	0,75	1	1	1
SRF	5	1	0,75	0,75	0,5	1	1	1	1	1	1
Q de Barton	0,194	5,625	4,375	5,625	4,934	4,813	4,219	7,433	4,471	4,018	5,625
Calificacion	muy mala	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular

CAMPO		
Jrc	Puntos	Jr= según escala(ISRM, 1981)
20	Est. 1	3
15	Est. 2	3
16	Est. 3	3
4	Est. 4	1,5
20	Est. 5	3
15	Est. 6	1,5
4	Est. 7	1,5
4	Est. 8	1,5
4	Est. 9	1,5
4	Est. 10	1,5
15	Est. 11	1,5

Cuadro Resumen de Índices del macizo rocoso.

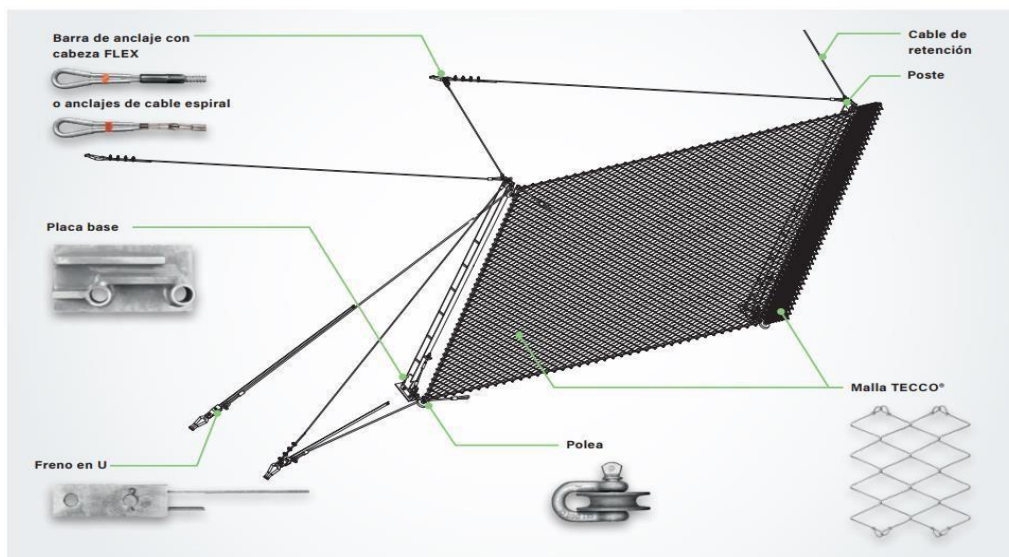
	Z1-01 Est. 1	Z2-01 Est. 2	Z3-01 Est. 3	Z4-01 Est. 4	Z5-01 Est. 5	Z6-01 Est. 6	Z7-01 Est. 7	Z7-02 Est. 8	Z8-01 Est. 9	Z8-02 Est. 10	Z8-03 Est. 11
Resumen	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo
RQD	38 %	83 %	70 %	90 %	63 %	88 %	80 %	91 %	78 %	75 %	83 %
RMR	31 %	45 %	44 %	53 %	55 %	46 %	47 %	57 %	48 %	42 %	49 %
Q Bartron	0,194	5,625	4,375	5,625	4,934	4,813	4,219	7,433	4,471 ^o	4,018	5,625

Análisis de prefactibilidad de costo-beneficio de las medidas de estabilización del talud

La solución más económica contra estos desprendimientos es la barrera GBE contra caídas de rocas, ya que cuentan con una capacidad de soportar 500 KJ de energía ya que son ligeras, robusta y rápidas de instalar, GBE están diseñadas para transmitir cargas muy bajas a los anclajes. Esto, combinado con una instalación fácil, convierten a la serie GBE en una solución de protección extremadamente fiable y económica

Los componentes de la barrera GBE 500-A son los siguientes:

Componentes de la barrera GBE-1000A



Comparación entre sistemas de protección contra caída de rocas

La solución más económica contra la caída de las rocas es la serie GBE debido a su eficiencia, además que cumple con las normas de seguridad, debido a su ligereza es de rápida instalación y por lo tanto de menor costo como los anclajes son fáciles de instalar y las mallas prefabricadas con alambre de acero de alta resistencia permite una relación menor entre peso y resistencia, además el beneficio es que se adaptan perfectamente al paisaje, recordemos que este macizo rocoso pertenece a una zona arqueológica y no se puede modificar su forma.

Sus principales ventajas comprenden:

El pre-ensamblado de los postes es entregado por la empresa cómo y consta de módulos con paquetes preinstalados de una red o malla, esto facilita el proceso de montaje.

Las bajas fuerzas de anclaje son para anclajes cortos, lo que reduce el tiempo de perforación durante la instalación y por consiguiente los costes del proyecto, estas fuerzas de anclaje son básicamente para contrarrestar pequeñas caídas o deslizamientos.

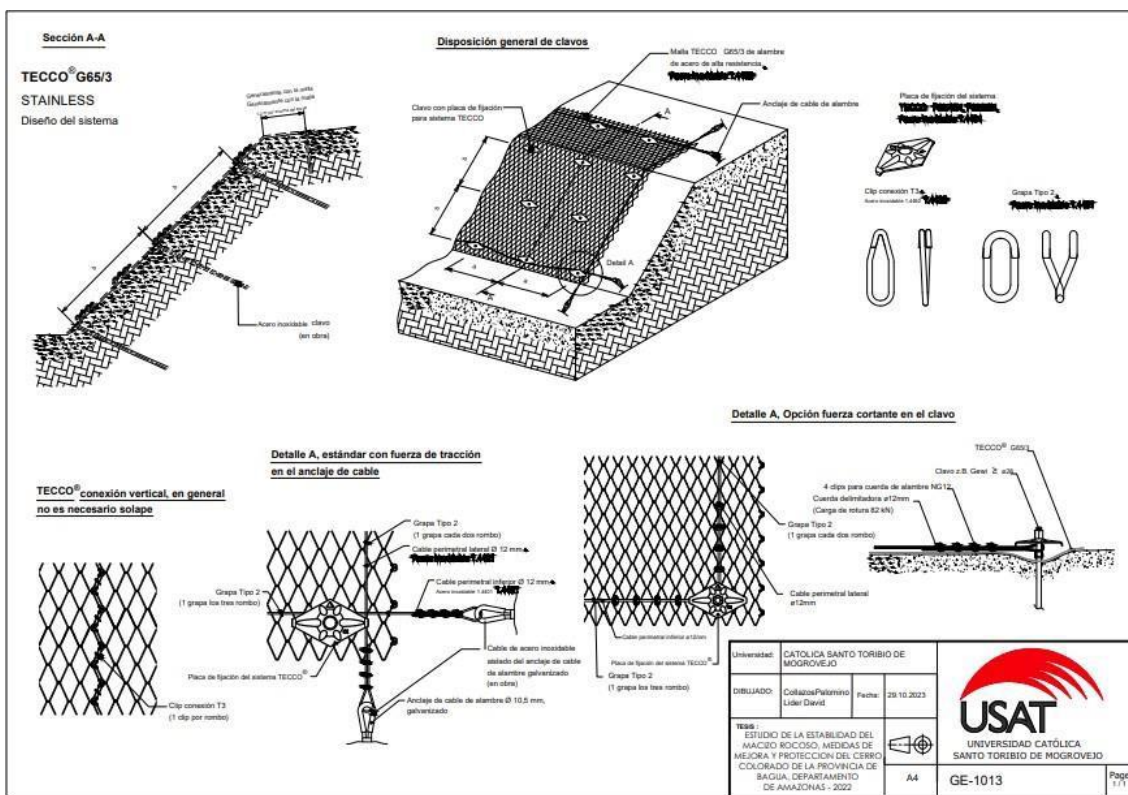
Es ligero y discreto debido al bajo peso de cada componente hace que se pueda instalar fácilmente y por ser de poco tamaño será menos visible o con menos ruido visual. El alambre de acero tiene una alta resistencia a la tracción y un diseño innovador, su principal ventaja es ahorrar en la solución y proteger el medio ambiente

Altos estándares de seguridad: Estas barreras cumplen las directrices EAD 340059-00-0106 (ETAG-027), lleva marcado CE, y se ensayan de acuerdo con el método más exigente en vertical (caída libre).

Medidas de solución:

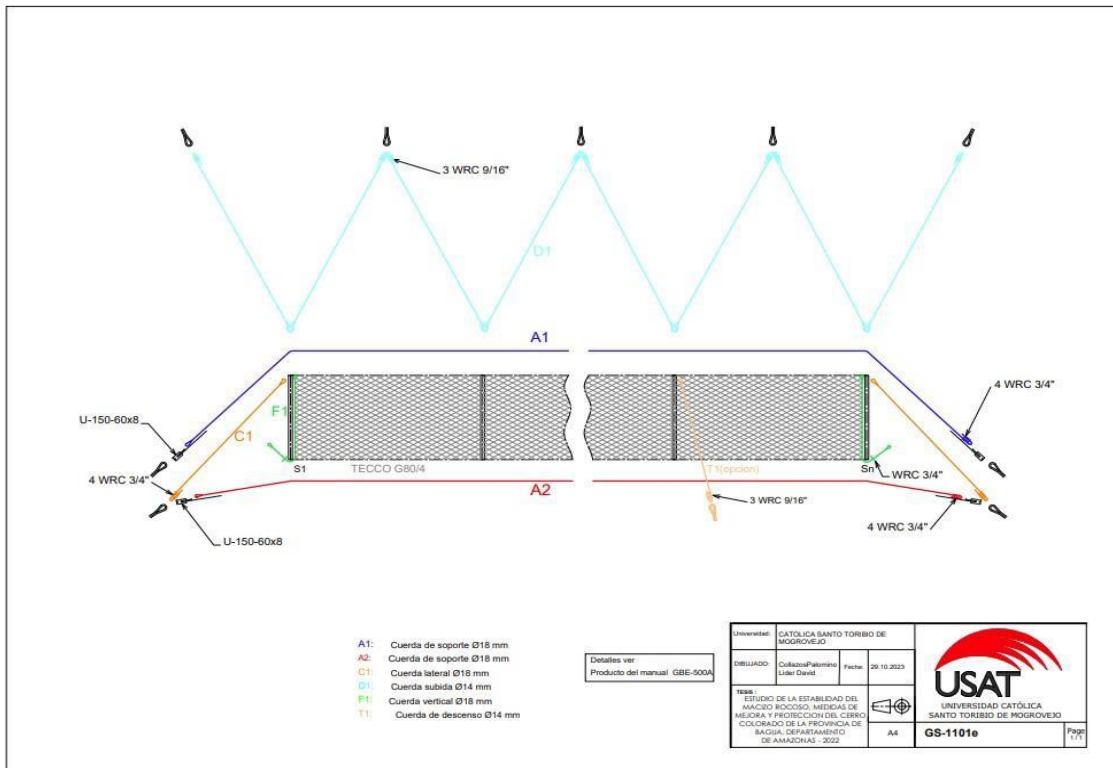
- De la Zona 1(coord. UTM 771286, 9390329) hasta la zona zona 4(coord. UTM 771255, 9390268) Se empleara el sistema de protección de Malla TECCO® G65/3 STAINLESS de alambre de acero de alta resistencia. Debido a que su capacidad de cargar es:


Capacidad de carga	
Resistencia a tracción de la malla:	$Z_k \geq 140 \text{ kN/m}^*$
Resistencia a punzonamiento:	$D_R \geq 170 \text{ kN}^*$
Capacidad de soporte a cortante:	$P_R \geq 85 \text{ kN}^*$
Capacidad de soporte frente a esfuerzos paralelos al talud:	$Z_R \geq 25 \text{ kN}^*$
Elongación longitudinal en ensayo a tracción directa:	$\delta < 6,0 \%$
Clasificación de acuerdo con EAD 230025-00-0106	grupo 3, clase A (P33)



Este sistema de protección se puede utilizar para estabilizar cualquier tipo de talud, ya sea roca o terreno suelto como es el caso de la zona 1, 2, 3, y 4. Garantizando su rentabilidad y sostenibilidad

- Para la zona que presenta desprendimientos de bloques de roca anilizadas en el programa rocfall3 se empleara el sistema de BARRERA DE PROTECCIÓN CONTRA CAÍDAS DE ROCAS GBE-500A . este medida de mejora soporta la capacidad de hasta 500KJ De energia a comparacion del resultado que nos arrojó el software que es de 88.97 KJ con una distancia de salida de 80.83 m.






Safety is our nature

TECHNICAL DATA SHEET

European Technical Assessment (ETA)
ROCKFALL PROTECTION BARRIER GBE-500A



CERTIFICATION DETAILS			
System Drawing No. / Rope Assembly No.	GS-1100 / GS-1101	Residual Height MEL / in % of tested height	1.96 m / 69%
Total absorbed energy until total stopping of the block	581 kJ	Residual Height SEL 33% / in % of tested height	2.03 m / 71%
Kinetic energy of the block	504 kJ	Elongation MEL (acc. to ETAG 027)	4.95 m
Energy Class acc. EAD-340059-00-0106	2	Braking Distance MEL (FOEN)	-
Energy Class acc. FOEN	-	Braking Distance SEL 50% (FOEN)	-
Swiss Guideline Certificate (FOEN)	-	Residual Height (category)	Cat. A (> 50%)
European Technical Assessment (ETA)	ETA 09/0085		
Certificate of constancy of performance	1301 - CPR - 0572	SYSTEM SPECIFICATION	
Certification Test Layout	vertical drop	Mesh Type / Net Type	TECCO® G80/4
Weight of test body	1600 kg	LATERAL Characteristic Anchor Force	130 kN
Tested Heights	3.0 m	UPSLOPE ANCHOR ROPES Characteristic Anchor Force	70 kN
Certified Heights acc. ETA	3.0 - 3.5 m	Available heights	2.0 / 3.0 / 3.5 / 4.0 / 4.5 / 5.0 m
Certified Heights acc. FOEN	-	Post Spacing (min. / max.)	6 - 12 m

Conclusiones

- El macizo rocoso en estudio es de tipo arenisca sedimentaria y además se comprobó con los ensayos geomecánicas en campo y laboratorio.
- El promedio de las propiedades física fue: peso específico 2.52 g/cm^3 , porcentaje de absorción 1.45 %, contenido de humedad 0.72%, porcentaje de poros 1.43%, índice de poros 14,85%.
- El promedio de la resistencia a la compresión fue 519 kg/m^2 y según el ensayo triaxial se tiene un ángulo de fricción interna de 45.7° y una cohesión de 134.04 kg/cm^2
- El índice de Q de Barton y RMR tiene mucha similitud, en los resultados, pero no es un índice de cuantitativa si no una clasificación cualitativa
- La zona más afectada es desde la zona 1 a la zona 5, porque tiene mayor fracturación y está afectada por la erosión.
- Las principales propiedades geomecánicas en la zona 1 fueron 31% en RMR , 38% en RQD, Q Barton de 0,194 siendo esta la zona más crítica de todo el afloramiento rocoso se confirmó en campo la veracidad de este resultado porque esta erosionado y meteorizado.
- En la zona que se obtuvo mejores resultados en las propiedades geomecánicas fue la zona 7 con un RMR de 57%, RQD de 91%, Q de Barton de 7,433 y en la zona 8 con un RMR de 49%, RQD de 83%, Q de Barton de 5,625.
- Según el programa Rocfall la zona más crítica para el desprendimiento de rocas son la zona 1, zona 2, zona 3, zona 4 y zona 5, con desprendimientos que liberan una energía cinética hasta de 88.97 KJ teniendo con una distancia de salida de 80.83 metros

Recomendaciones

- Se deberá tomar en cuenta no solo la inestabilidad que genera las diaclasas o superficies de rotura del macizo rocoso si no también la erosión por el viento y la meteorización debido a la escorrentía y pluviometría de la zona.
- Sea cual fuere el programa en el que se analice la caída de las rocas, no solamente se deberá comprobar la caída o desprendimiento de rocas si no también se debe hacer un previo visita de campo, por qué la erosión y meteorización es un factor difícil de medir y modelar la solución, por lo tanto siempre es recomendable tener a un especialista con experiencia en el proyecto.
- La factibilidad del proyecto, se tomó en cuenta basada en la necesidad de la estabilización y además teniendo en cuenta qué es este macizo es una zona protegida por el estado peruano, lo que dificulta cortar el terreno o incluso colocar muros de contención u hacer cualquier tipo de obra por lo tanto se opto por una solución que se adapte mejor a la forma del macizo y que no sea tan visible.
- La información para el presupuesto del proyecto fue obtenida de internet, se recomienda que al momento de ejecutar, cotizar en diferentes empresas para obtener un mejor precio, aunque la oferta para este tipo de proyectos es limitada
- La aceleración sísmica que se utilizó fue 0,2 comas según el reglamento E-030 sin embargo esto puede ser modificable, puesto que en la zona han habido registros decidimos con mayor aceleración.

Discuciones

- En principio se analizó el afloramiento del macizo mediante los principales índices geológicos para determinar la calidad de la roca, esta clasificación dio como resultado que el macizo rocoso está compuesto por una roca buena en ciertas zonas, para comprender mejor se planteó resolverlo mediante el programa Sweide, pero tuvo sus limitaciones puesto que solamente analiza la caída mediante cuña, por ello se obtuvo volver a analizar el macizo mediante el programa Rockfall, este programa analiza la caída de las rocas, lo resultados fueron lo más parecido a la realidad.
- Para el análisis mediante el programa rockfall los datos de entrada fueron el ángulo de fricción interna y la aceleración sísmica de la zona y la cohesión, el tipo de roca y la topografía de la zona, con estos datos lo que se obtiene como resultados son la magnitud de la roca que cae, la altura y la energía cinetica liberada debido a la caída.
- La zona del afloramiento A que corresponde a la zona IV, zona V se encuentra más meteorizada, aunque es el mismo macizo y en la zona VIII y IX no se presenta esta magnitud de meteorización, se debe tener en cuenta que esto pasa debido a la dirección del viento y además qué está fuerza de viento impacta con la cara perpendicular a la estratificación, por lo tanto es más fácil la meteorización.

REFERENCIAS

- Aguilar, O., & Zuñiga, C. (2015). *análisis comparativo de estabilidad de taludes mediante los métodos de equilibrio límite aplicado a taludes o laderas adenañas al cerro la Popa., casco urbano de Cartagena*. Cartagena: Universidad de Cartagena.
- Almaguer Carmenates, Y., Rodríguez Díaz, M., Rosario Moradas, M., & Aguilar Sánchez, A. (Junio de 2014). Evaluación de la susceptibilidad por deslizamientos en el yacimiento Punta Gorda, Moa, Cuba. *Minería y Geología.*, XXX(2), 19-41. Obtenido de <https://web.p.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=2&sid=423fb473-e3b3-45c3-ad7a-3c01bc7d2f6c%40redis&bdata=Jmxhbmc9ZXMMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=a9h&AN=97767706>
- Alonso, E., Crominas, J., & Hurlimann, M. (2017). *IX Simposio Nacional sobre Taludes y laderas inestables*. Santander, España: Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE). Obtenido de ISBN : 978-84-946909-5-2
- Ayala, F., Andreu, F., Fe, M., Ferrer, M., & Fernandez, I. (1986). *Manual de Taludes*. Institut geològic i minerol d'Espanya, Geologia, Madrid.
- Baquero, I., Silva, O., Melo, O., & Cuéllar, M. (Diciembre de 2012). DETERMINACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS GENERADOS POR EL DESLIZAMIENTO DEL LOTE B DE LA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, SEDE EL VIVERO, BOGOTÁ, D. C. *UD y la GEOMÁTICA*(6), 65-78. Obtenido de <https://web.p.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=5&sid=ec3ad7f6-ba16-4831-ba55-e9f60207de03%40redis&bdata=Jmxhbmc9ZXMMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=96451301&db=iih>
- Diaz, J. S. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos . Bucaramanga: Ingenieria de suelos Ltda.
- Dos Santos Neves, M., & Guardado Lacaba, R. (Setiembre de 2012). Evaluación de las propiedades geotécnicas de las rocas y suelos en el complejo minero kimberlítico de Catoca (Angola). *Minería y Geología.*, XXVIII(3), 1-17. Obtenido de <https://web.p.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=2&sid=ec3ad7f6-ba16-4831->

ba55- e9f60207de03%40redis&bdata=JmxhbmC9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=892
37840&db=a9h

- Galera, J. (2017). Aspectos determinantes para el diseño de los taludes de una corta minera. *IX Simposio Nacional sobre Taludes y laderas inestables* (págs. 121-130). Santander: Universidad Politécnica de Madrid.
- Glas, R., Lautz, L., McKenzie, J., Moucha, R., Chavez, D., Mark, & Bryan: Lane, J. (setiembre de 2019). Hydrogeology of an alpine talus aquifer: Cordillera Blanca, Peru. *Hydrogeology Journal.* , XXVII(6), 2137-2154. doi:10.1007/s10040-019-01982-5
- Leal Villamil, J., & Lozano Botache, L. .. (Junio de 2012). Niveles de fragilidad potencial para la erosión y el deslizamiento en los suelos del municipio de Ibagué (Tolima). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental.*, III(1), 67-76. doi:10.22490/21456453.937
- Peña Rincón, C. (Agosto de 2017). DATOS DE PRECIPITACIÓN CON EL MODELO HSB PARA PRONÓSTICO DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS SUPERFICIALES. *Boletín de Geología.*, XXXIX(2), 49-56. doi:10.18273/revbol.v39n2-2017003
- Peña Rincón, C., & Martínez, H. (2019). Tool for Monitoring Hillslope Stability Considering Precipitation Data. *Tecciencia.* , XIV(26), 1-7. doi:10.18180/tecciencia.2019.26.1
- Prieto, A., Cantor, L., & Rodríguez, C. (Junio de 2020). Modelo de bloque deslizante para analizar el comportamiento cinemático de deslizamientos en suelos a partir de las fuerzas resultantes de un modelo de equilibrio límite. *Obras y Proyectos*(27), 64-77. doi:10.4067/s0718-28132020000100064
- Rosabal Domínguez, S., Rodríguez Infante, A., & Zapata Balanqué, J. (Febrero de 2021). Metodología para evaluar la susceptibilidad a los deslizamientos y la licuefacción de suelos, inducidos por terremotos para Cuba suroriental. *Mapping (1131-9100).*, XXIX(204), 14-23.
Obtenido de <https://web.p.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=5&sid=14f394ae0157-4ea8-832f-6364c56fd668%40redis&bdata=JmxhbmC9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=155422897&db=a9h>
- Wang, Z., & Lin, M. (Marzo de 2021). Finite element analysis method of slope stability based on fuzzy statistics. *Earth Sciences Research Journal*, 25(1), 9. doi:https://doi.org/10.15446/esrj.v25n1.93320

Anexos

Anexo 1. Tabla de recolección de datos de Dip y Dip direction

UTM			
ESTACIONES	ESTE	NORTE	Z
COOR. INICIAL	771286	9390329	394
ZONA 1	771276	9390312	394
ZONA 2	771269	9390299	396
ZONA 3	771262	9390286	396
ZONA 4	771255	9390268	398
ZONA 5	771248	9390250	397
ZONA 6	771252	9390228	400
ZONA 7	771260	9390211	395
ZONA 8	771275	9390195	397
ZONA 9	771317	9390166	395
GEOGRAFICAS			
ESTACIONES	ESTE	NORTE	Z
COOR. INICIAL	-78.55151369772270	-5.510675927994450	394
ZONA 1	-78.55160326706320	-5.510829947893330	394
ZONA 2	-78.55166592487980	-5.510947703805690	396
ZONA 3	-78.55172858271380	-5.511065459722000	396
ZONA 4	-78.55179105537330	-5.511228406461490	398
ZONA 5	-78.55185352805020	-5.511391353208750	397
ZONA 6	-78.55181663352640	-5.511590044359700	400
ZONA 7	-78.55174384449590	-5.511743396208760	395
ZONA 8	-78.55160795303540	-5.511887450027390	397
ZONA 9	-78.55122804203710	-5.512147997472370	395

Nombre del punto o Estación(codigo)	Familia de diaclasa	Lectura		Juntas por familia
		Dip	Dip Direction	
Z9-01 Punto 1	1	73°/80°/74°/78°	25°/19°/21°/24°	4
	2	88°/89°/89°/78°	95°/129°/99°/136°	4
	3	02°/01°/01°	110°/108°/105°	3
Z9-02 Punto 2	1	70°/75°/60°/58°/72°/70°	18/30/32/35/20/32	5
	2	84°/80°/79°	114°/126°/117°	3
	3	40°/18°/26°	45°/43°/45°	3
	4	69°/68°	146°/113°	2
	5	70°	191°	1
Z9-03 Punto 3	1	66°/69°/70°/74°/ 73°/72°/70°	20°/17°/26°/38°/ 20°/20°/22°	7
	2	86°/89°/86°/88°/82° 84°/74°/88°	115°/115°/119°/115° /	8
	3	58°/62°/24°/89°	358°/54°/22°/24°	4
	4	48°/28°/10°/30°/26°	5°/25°/34°/44°/40°	5
	5	89°/82°	170°/166°	2
Z8-01 Punto 4	1	62°/62°/70°/ 74°/70°/68°	35°/26°/15°/20°/17°/1	6
	2	74°/78°/74°/86°/83°	109°/80°/110°/98°/10	5
	3	68°/76°/78°	160°/112°/145°	3
	4	21/21/19	15/215/101	3
	5	40°	208°	1
Z1-01 Punto 5	1	78/73°/83°/74/ 84°/85°/82°/80°	104°/105°/110°/117°/ 108°/110°/120°	8
	2	50°/81°/74°/75°/ 75°/70°/72°	10°/25°/25°/35°/ 25°/44°/19°	7
	3	12°/10°/29°/26°/ 26°/27°	220°/198°/219°/216°/ 221°/215°	6
	4	80°/82°/82°/76°	80°/58°/72°/65°	4
	5	50°/60°/55°/55°	215°/220°/220°/210°	4
Z2-01 Punto 6	1	84°/80°	108°/105°	2
	2	88°/72°/72°/75°/66°	25°/17°/38°/23°/45°	5
	3	18°/9°	144°/112°	2
	4	65°	119°	1
	5	75°	160°	1
L.FER-01 Punto 7	1	78°/72°/72°/80°	115°/120°/132°/115°	4
	2	55°/55°/60°	250°/220°/219°	3
	3	79°	110°	1
	4	78°/65°/72°/55°/56°	28°/34°/35°/5°/25°	5
	5	54°	215°	1
L.FER-02 Punto 8	1	68°/69°/70°/65°	223°/230°/220°/215°	4
	2	42°/24°/10°/12°/20°	20°/55°/17°/38°/44°	5
	3	70°/70°	315°/170°	2
	4	61°	184°	1

Z3-01 Punto 9	1	76°/84°/80°/89°/ 68°/62°	103°/126°/95°/103°/ 115°/112°	6
	2	56°/69°/79°/70°/ 60°/60°	29°/218°/24°/205°/ 200°/214°	6
	3	40°/10°/13°	248°/225°/244°	3
	4	42°	134°	1
Z4-01 Punto 10	1	88°/80°	95°/84°	2
	2	74°/60°	23°/16°	2
	3	30°/35°	190°/188°	2
	4	11°	165°	1
	5	58°	110°	1
Z6-01 Punto 11	1	82°/73°/68°/72°/ 68°/67°/82°	14°/18°/22°/5°/20°/ 351°/25°	7
	2	80°/85°/82°/80°/78°/ /80°/82°/75°	108°/100°/113°/110°/ /106°/105°/110°/104°	8
	3	20°/19°/6°	189°/195°/200°	3
	4	26°	65°	1

zonificación	Distancia
Z0-Z1	20
Z1-Z2	20
Z2-Z3	20
Z3-Z4	20
Z4-Z5	20
Z5-Z6	20
Z6-Z7	20
Z7-Z8	20
Z8-Z9	83



ANEXO 1. Registro de dip direction (dirección de buzamiento)

		Coordenada		Familia					total	RQD	Golpes
		x	y	1	2	3	4	5	Jv	110-2.5Jv	martillo
E1. Z9-01	Punto 1	771302	9390179	4	4	3			11	83 %	0
E2. Z9-02	Punto 2	771320	9390168	5	3	3	2	1	7	93 %	0
E3. Z9-03	Punto 3	771369	9390137	7	8	4	5	2	13	78 %	0
E4. Z8-01	Punto 4	771264	9390215	6	5	3	3	1	9	88 %	0
E5. Z1-01	Punto 5	771276	9390327	8	7	6	4	4	29	38 %	0
E6. Z2-01	Punto 6	771268	9390312	2	5	2	1	1	11	83 %	0
E7. L.FER-01	Punto 7	771659.73	9390150.2	4	3	1	5	1	14	75 %	0
E8. L.FER-02	Punto 8	771484.14	9390183.01	1	5	1	4		11	83 %	0
E9. Z3-01	Punto 9	771271	9390288	6	6	3	1		16	70 %	0
E10. Z4-01	Punto 10	771261	9390280	2	2	2	1	1	8	90 %	0
E11. Z6-01	Punto 11	771258	9390236	7	8	3	1		19	63 %	0

Leyenda:

	Regular
	Malo

Anexo 3. Rango de clasificación cualitativa del índice de Bienowski

Clase	Calidad de la roca	RMR		
I	Muy buena	81	-	100
II	Buena	61	-	80
III	Regular	41	-	60
IV	Mala	21	-	40
V	Muy mala	0	-	20

El índice RMR varía entre 0 i 100:

Clase	Calidad de roca	RMR	
I	muy buena	81 – 100	Relación entre RMR y propiedades geomecánicas: $c = 5 \cdot RMR$ (kPa) $\phi = 5 + (RMR/2)$ (°)
II	buena	61 – 80	
III	regular	41 – 60	
IV	mala	21 – 40	
V	muy mala	0 - 20	

ANEXO 2. cuadro de clasificación

Anexo 4. Tabla de recolección de datos para índice de Bienowski en afloramiento "A" y "B".

Parámetro	Rango de Valores									Z9-01-P1 Estación 9
1	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	Valor evaluado en campo
		Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa				
	valor	15	12	7	4	2	1	0	4	
2	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			17	
	Valor	20	17	13	8	3				
3	Espaciamiento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			8	
	valor	20	15	10	8	5				
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			0
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			0
		Valor	6	5			0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa=4	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			2
Valor	6	4	2	2	0					
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relación Agua/Pprín	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente húmeda	Húmedas	Goteando	Agua Fluyendo			
	Valor	15	10	7	4	0				

tro	Rango de Valores									Z9-02-P2 Estación 9
1	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	Valor evaluado en campo
		Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa				
	valor	15	12	7	4	2	1	0	4	
2	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			13	
	Valor	20	17	13	8	3				
3	Espaciamiento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			15	
	valor	20	15	10	8	5				
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			1
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			0
		Valor	6	5			0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa=4	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			5
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			6
Valor	6	4	2	2	0					
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relación Agua/Pprín	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente húmeda	Húmedas	Goteando	Agua Fluyendo			
	Valor	15	10	7	4	0				

Parámetro	Rango de Valores								Z9-03-P3 Estación 9	
1	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	Valor evaluado en campo
		Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa				
valor		15	12	7	4	2	1	0	4	
2	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%			8	
	Valor	20	17	13	8	3				
3	Espaciamiento de las discontinuidades	>2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	<6cm			15	
	valor	20	15	10	8	5				
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			0
		Valor	6	4	2	1	0			0
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5mm			0
		Valor	6	5			0			0
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa=4	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			5
		Valor	6	5	3	1	0			5
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			6
Valor	6	4	2	2	0			6		
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			7
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			

Parámetro	Rango de Valores								Z8-01-P4 Estación 8	
1	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	Valor evaluado en campo
		Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa				
valor		15	12	7	4	2	1	0	7	
2	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%			13	
	Valor	20	17	13	8	3				
3	Espaciamiento de las	>2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	<6cm			8	
	valor	20	15	10	8	5				
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			0
		Valor	6	4	2	1	0			0
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5mm			0
		Valor	6	5			0			0
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa =4	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			5
		Valor	6	5	3	1	0			5
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			0
Valor	6	4	2	2	0			0		
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
		Valor	15	10	7	4	0			

ámetro	Rango de Valores								Z1-01-P5 Estación 1	
1	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	Valor evaluado en campo
		Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa				
	valor	15	12	7	4	2	1	0	4	
2	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			8	
	Valor	20	17	13	8	3				
3	Espaciamento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			10	
	valor	20	15	10	8	5				
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			2
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa (Jrc=20)	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			6
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			0
		Valor	6	4	2	2	0			
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			1		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			7
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
	Valor	15	10	7	4	0				

Parámetro	Rango de Valores								Z2-01-P6 Estación 2	
1	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	Valor evaluado en campo
		Compresión Simple	>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa				
	valor	15	12	7	4	2	1	0	4	
2	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			17	
	Valor	20	17	13	8	3				
3	Espaciamento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			10	
	valor	20	15	10	8	5				
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			0
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa (Jrc=15)	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			6
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			0
		Valor	6	4	2	2	0			
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			1		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			7
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
	Valor	15	10	7	4	0				

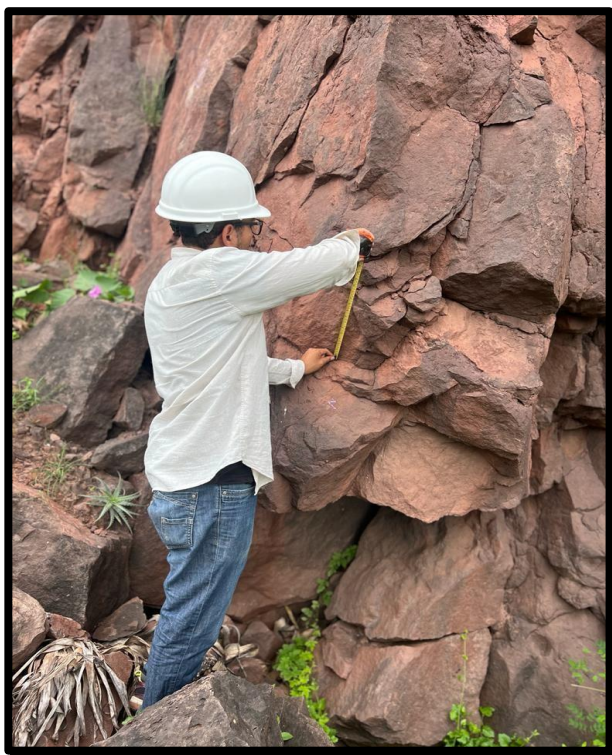
Parámetro	Rango de Valores									L.FER P7 Estación L.FER	
	1	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	Valor evaluado en campo
Compresión Simple			>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa					
valor		15	12	7	4	2	1	0	4		
2	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%				13	
	Valor	20	17	13	8	3					
3	Espaciamento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm				8	
	valor	20	15	10	8	5					
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m				0
		Valor	6	4	2	1	0				
		Abertura	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm				0
		Valor	6	5	3	1	0				
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa (Jrc=4)	Ondulada	Suave				3
		Valor	6	5	3	1	0				
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm				4
Valor	6	4	2	2	0						
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta				3		
Valor	6	5	3	1	0						
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5				7
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente húmeda	Húmedas	Goteando	Agua Fluyendo				
	Valor	15	10	7	4	0					

Parámetro	Rango de Valores									L.FER P8 Estación L.FER	
	1	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa	Valor evaluado en campo
Compresión Simple			>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa					
valor		15	12	7	4	2	1	0	4		
2	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%				17	
	Valor	20	17	13	8	3					
3	Espaciamento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm				10	
	valor	20	15	10	8	5					
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m				0
		Valor	6	4	2	1	0				
		Abertura	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm				0
		Valor	6	5	3	1	0				
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa (Jrc=4)	Ondulada	Suave				3
		Valor	6	5	3	1	0				
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm				2
Valor	6	4	2	2	0						
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta				3		
Valor	6	5	3	1	0						
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5				10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente húmeda	Húmedas	Goteando	Agua Fluyendo				
	Valor	15	10	7	4	0					

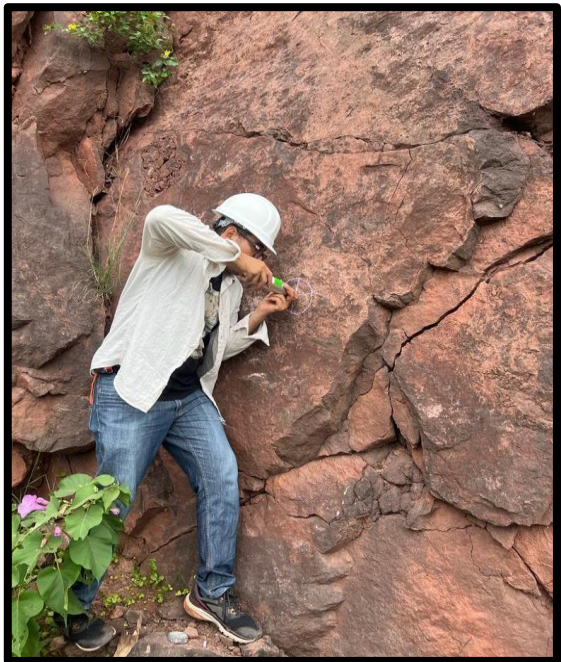
Parámetro	Rango de Valores									Z3-01 P9 Estación 3
	1	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa
Compresión Simple			>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa				
valor		15	12	7	4	2	1	0	4	
2	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			13	
	Valor	20	17	13	8	3				
3	Espaciamiento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			10	
	valor	20	15	10	8	5				
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			1
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa (Jrc=10)	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			5
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			0
Valor	6	4	2	2	0					
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			1		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completament e secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
	Valor	15	10	7	4	0				

o	Rango de Valores									Z4-01 P10 Estación 4
	1	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa
Compresión Simple			>250 Mpa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa				
valor		15	12	7	4	2	1	0	7	
2	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			17	
	Valor	20	17	13	8	3				
3	Espaciamiento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			15	
	valor	20	15	10	8	5				
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			0
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			0
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa (Jrc=4)	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			0
Valor	6	4	2	2	0					
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			1		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completament e secas	Ligeramente humeda	Humedas	Goteando	Agua Fluyendo			
	Valor	15	10	7	4	0				

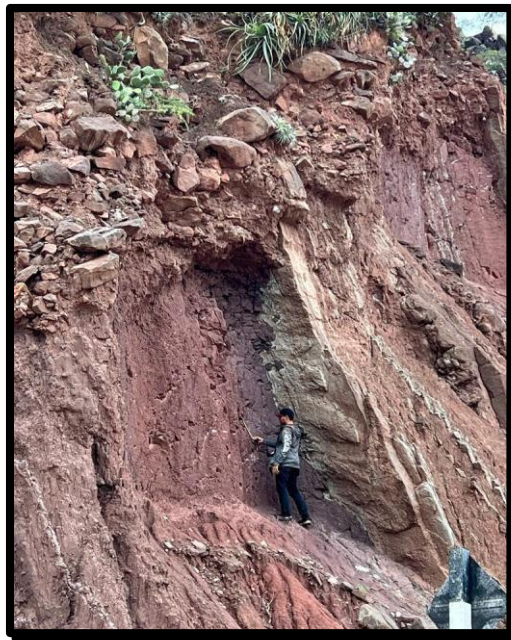
Parámetro	Rango de Valores									Z6-01 P11 Estación 6
	1	Resist. De la Roca Inalterada	Ensayo de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa
Compresión Simple			>250 MPa	100-250 MPa	50-100 Mpa	25-50 Mpa				
valor		15	12	7	4	2	1	0	4	
2	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			13	
	Valor	20	17	13	8	3				
3	Espaciamiento de las discontinuidades	> 2m	0.6-2 m	0.2 - 0.6 m	6- 20 cm	< 6cm			15	
	valor	20	15	10	8	5				
4	Estado de las discontinuidades	Long. De la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m			1
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	nada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5mm			0
		Valor	6	5			0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa (Jrc=4)	Ondulada	Suave			3
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno blando > 5mm			6
Valor	6	4	2	2	0					
Alteración	Inalterada	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta			3		
Valor	6	5	3	1	0					
5	Flujo de agua en las juntas	Relacio Pagua/Pprin	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5			10
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente húmeda	Húmedas	Goteando	Agua Fluyendo			
	Valor	15	10	7	4	0				



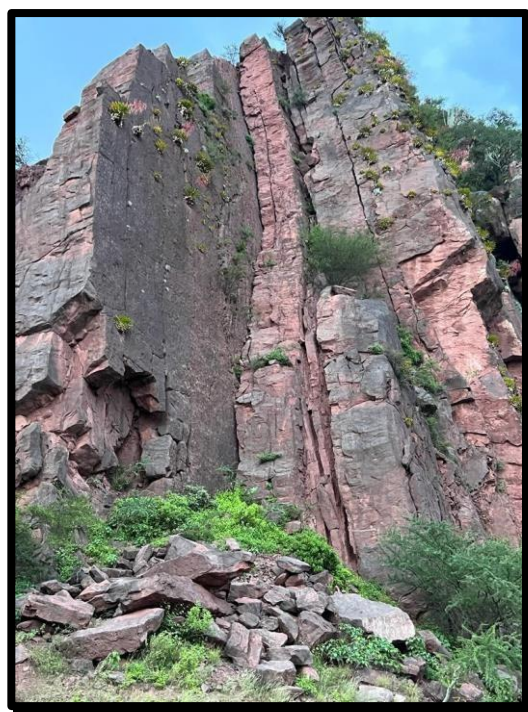
ANEXO 3. medición de espaciamento y relleno de discontinuidades



ANEXO 4. Prueba de resistencia con martillo de Schmidt



ANEXO 5. medición de espaciamiento entre discontinuidades



ANEXO 6. Persistencia de longitud de discontinuidad

Anexo 5. Tabla para encontrar el índice de Bienowski.

	Z9-01-P1 Estación 9	Z9-02-P2 Estación 9	Z9-03-P3 Estación 9	Z8-01-P4 Estación 8	Z1-01-P5 Estación 1	Z2-01-P6 Estación 2	L.FER P7 Estación L.FER	L.FER P8 Estación L.FER	Z3-01 P9 Estación 3	Z4-01 P10 Estación 4	Z6-01 P11 Estación 6
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8	Punto 9	Punto 10	Punto 11
	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo
1	4	4	4	7	4	4	4	4	4	7	4
2	17	13	8	13	8	17	13	17	13	17	13
3	8	15	15	8	10	10	8	10	10	15	15
4	0	1	0	0	2	0	0	0	1	0	1
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	5	5	5	6	6	3	3	5	3	3
	2	6	6	0	0	0	4	2	0	0	6
	3	3	3	3	3	0	1	3	3	1	1
5	10	10	7	10	1	7	7	10	10	10	10
R(1+2+3+4+5)	47%	57%	48%	46%	31%	45%	42%	49%	44%	53%	55%
clase	III	III	III	III	IV	III	II	III	III	III	III
Calidad	Regular	Regular	Regular	Regular	Mala	Regular	Buena	Regular	Regular	Regular	Regular
C=5*RMR	235.00 KPa	285.00 KPa	240.00 KPa	230.00 KPa	155.00 KPa	225.00 KPa	210.00 KPa	245.00 KPa	220.00 KPa	265.00 KPa	275.00 KPa
Fi=5+(RMR/2)	29°	34°	29°	28°	21°	28°	26°	30°	27°	32°	33°

Anexo 6. Tabla para encontrar el Q de Bartron

	Z9-01-P1 Estación 9	Z9-02-P2 Estación 9	Z9-03-P3 Estación 9	Z8-01-P4 Estación 8	Z1-01-P5 Estación 1	Z2-01-P6 Estación 2	L.FER P7 Estación L.FER	L.FER P8 Estación L.FER	Z3-01 P9 Estación 3	Z4-01 P10 Estación 4	Z6-01 P11 Estación 6
	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo	Valor evaluado en campo
RQD	83 %	93 %	78 %	88 %	38 %	83 %	75 %	83 %	70 %	90 %	63 %
Jn	11	7	13	9	29	11	14	11	16	8	19
Jr	1.5	1.5	1.5	1.5	3	3	1.5	1.5	3	1.5	3
Ja	2	2	2	2	4	4	2	2	4	4	4
Jw	0.75	0.75	1	0.66	1	1	1	1	1	1	1
SRF	1	1	1	1	5	1	1	1	0.75	0.75	0.5
Q de Barton	4.219	7.433	4.471	4.813	0.194	5.625	4.018	5.625	4.375	5.625	4.934
Calificacion	Regular	Regular	Regular	Regular	muy mala	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular

CAMPO		
Jrc	Puntos	Jr= según escala(ISRM, 1981)
4	P1	1.5
4	P2	1.5
4	P3	1.5
4	P4	1.5
20	P5	3
15	P6	3
4	P7	1.5
4	P8	1.5
16	P9	3
4	P10	1.5
15	P11	3

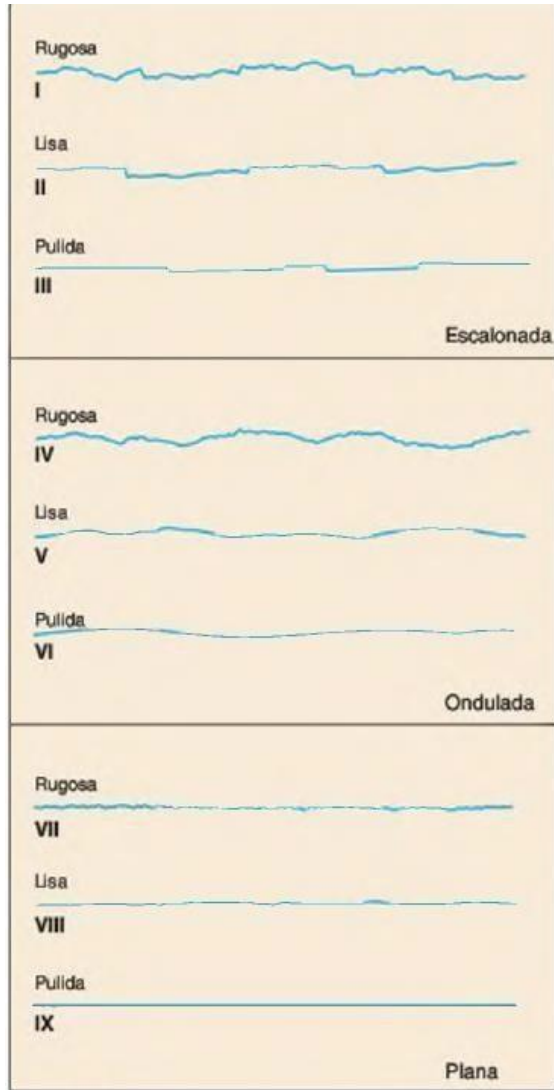


Figura 4.11 Perfiles de rugosidad. La longitud de los perfiles está en el rango entre 1 y 10 metros (ISRM, 1981).

ANEXO 7 Srf. rugosidad, Jn,

Resumen del índice Q de Barton

J_n número de familias	valor	J_r coeficiente de rugosidad de la junta	valor
Roca masiva	0.5 – 1	Juntas (contacto entre las dos caras)	
Una familia de juntas	2	Discontinuas	4
Id. con otras juntas ocasionales	3	Onduladas, rugosas	3
Dos familias de juntas	4	Onduladas, lisas	2
Id. con otras juntas ocasionales	6	Onduladas, perfectamente lisas	1.5
Tres familias de juntas	9	Planas, rugosas o irregulares	1.5
Id. con otras juntas ocasionales	12	Planas, lisas	1
Cuatro o más familias, roca muy fracturada	15	Planas y perfectamente lisas	0.5
Roca triturada	20	Juntas rellenas (relleno impide contacto entre las dos caras)	
		material arcilloso	1
		Material arenoso, de grava o triturado	1

Resumen del índice Q de Barton

SRF	Valor
Zonas débiles intersectan a la excavación:	
Multitud de zonas débiles o milonitos	10
Zonas débiles aisladas, con arcilla o roca descompuesta (cobertura ≤ 50 m)	5
Id. con cobertura > 50 m	2.5
Abundantes zonas débiles en roca competente	7.5
Zonas débiles aisladas en roca competente (cobertura ≤ 50 m)	5
Id. con cobertura > 50 m	2.5
Roca competente (problemas tensionales en las rocas)	
Pequeña cobertura	2.5
Cobertura media	1
Gran cobertura	0.5 – 2
Rocas deformables (flujo plástico de roca)	
Con bajas presiones	5 – 10
Con altas presiones	10 – 20
Rocas expansivas	
Con presión de hinchamiento moderada	5 – 10
Con presión de hinchamiento alta	10 - 15

Anexo 7. Rango de clasificación cualitativa del índice de Q de Bartron

Q (rock mass quality)	valoración
0.001 – 0.01	excepcionalmente mala
0.01 – 0.1	extremadamente mala
0.1 – 1.0	muy mala
1.0 – 4	mala
4 – 10	regular
10 – 40	buena
40 – 100	muy buena
100 – 400	extremadamente buena
400 - 1000	excepcionalmente buena

Resumen del índice Q de Barton

J _a coef. de alteración de la junta	valor	J _w	valor
Juntas (sin minerales de relleno intermedios)		Excavaciones secas o con <5 l/min localmente	1
Juntas de paredes sanas	0.75 – 1	Afluencia media con lavado de algunas juntas	0.66
Ligera alteración	2	Afluencia importante por juntas limpias	0.5
Alteraciones arcillosas	4	Id. Con lavado de juntas	0.33
Juntas (minerales de relleno en pequeño espesor)		Afluencia excepcional inicial, decreciente con el tiempo	0.2 – 0.1
Con partículas arenosas	4	Id. mantenida	0.1 – 0.05
Con minerales arcillosos no blandos	6		
Con minerales arcillosos blandos	8		
Con minerales arcillosos expansivos	8 – 12		
Juntas (minerales de relleno en gran espesor)			
Con roca triturada/desintegrada y arcilla	6 – 12		
Con zonas de arcilla limosa o arenosa	5		
Con zonas de arcillosos (espesor grueso)	10 - 20		

ANEXO 8. tablas Para indice Q de Barton

Índice Q de Barton (rock mass quality)

Barton et al. 1974


Se hace una valoración con un índice Q a partir de valores de diferentes parámetros:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a} \cdot \frac{J_w}{SRF}$$

- RQD Índice de calidad de la roca
- J_n número de familias
- J_r coeficiente de rugosidad de la junta
- J_a coeficiente de alteración de la junta
- J_w coeficiente reductor por la presencia de agua
- SRF factor reductor por tensiones en el macizo rocoso

Q (rock mass quality)	valoración
0.001 – 0.01	excepcionalmente mala
0.01 – 0.1	extremadamente mala
0.1 – 1.0	muy mala
1.0 – 4	mala
4 – 10	regular
10 – 40	buena
40 – 100	muy buena
100 – 400	extremadamente buena
400 - 1000	excepcionalmente buena

Anexo 8. Ensayo de laboratorio prueba Triaxial.

	Laboratorio de Ensayo de Materiales		
	CÓDIGO LAB: VC23-LEM-048-01	ÁREA: LAC	VERSIÓN: 1

PJDYocro EIT'UJIO e,li to!;S**on1>J 00. W...lle nt.fid, -111,5 GE MERIPA V PF:OPE&JON DEHBUID OOLOR!!00 CIE U. E J; \N; ill on lin
 !!Ervt.wEMT!!IE #MID.NJS- AIZ
 UBIOLCICN MOIZ(!; -BfG.W. "!!HIMA, -
 S'COCL...ITE o:JH.O:wJPI,tOOKLJH !B/R !!
 !!TENCION : : : : : r=WHUJO IIN D,1,110
 FE IMISIII'N : !

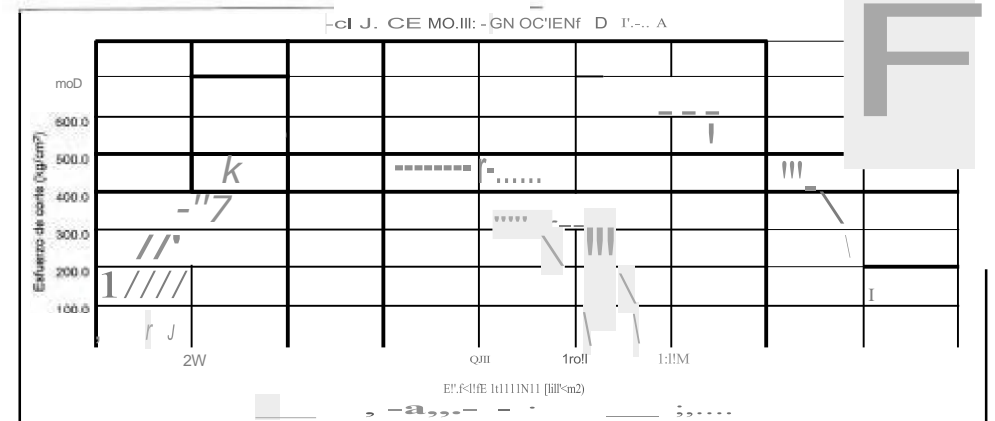
HdilICM!!YO -111((!!2013
 REA!!ilOO. :T),, R-k>
 APRDBA00 InFe V><lin •

le!!ID EPIUUEH Eli mR P:AIA U.PRURU IIE !!IMPRES!!ilil !!mlALDI!!tOW
ASTMInm-1, (Mii!GihJ)

REFERENCIA MUESTRA

:/ION [v-1 /z-j/!-!-!
 JRDijeQEW(M I' : I + !!o:!!M-RL:LF
 !!IOFIN!!W.IID ISU6!RHJAI
 : IndIQ

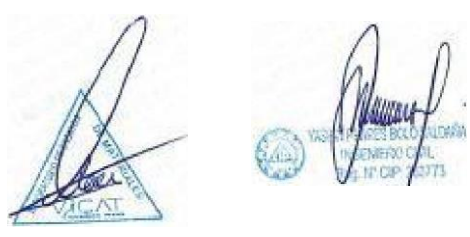
Especimen	N°	1	2
Díametro	(cm)	SOS	-5.05 5.112
Altura	(cm)	ID.U	.0.1B 10.1))
Área	(cm ²)	20.01	ID.Oli 19.1
Relación altura / diámetro	R h/D	2.01	211.2 Z3,
Humedad de la muestra	(%)	.S	0.1' 0.5
Temperatura durante el ensayo	(°C)	25.)	211. 25.1
Presión de Confinamiento	(kg/cm ²)	511.0	100.0 1.0
Velocidad de ensayo	(Mpa/min)	0.7	0.111 UB
Tiempo hasta la falla	(seg)	5	145 Z>!!
Fuerza máxima	(kg)	1B J1	201G2 -msg
Est. desviador de falla	Da (kg/cm ²)	9NL	102&B 14711.



PARAMETROS DE RESISTENCIA

Ángulo de fricción interna:	45.7°
Cohesión:	134.04 kg/cm ²

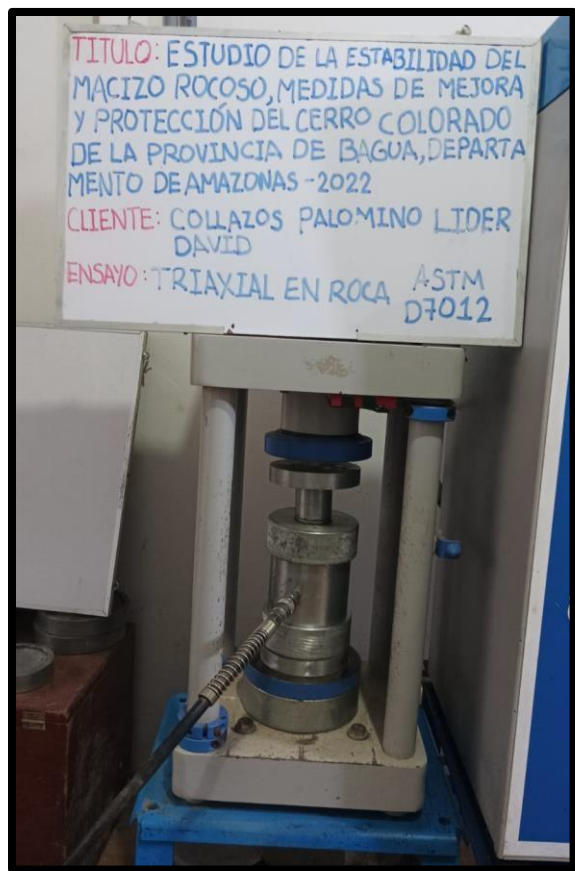
OSS :
 ,IAU<!-!JIM!!a* s
 !R/! S<lic!n"



_! :W .VICATGEOTESING.COM.FI:/, info:!! s@vicil eotesting.<X! !! i,Pe -
 D1tecc16n: Villa hpera1,zo M:.. FU. 10Km. 18.5 Tupcc,Amcru,- ,CarotxyLI9_



ANEXO 9. Extracción de diamantina. Laboratorio USAT.




ANEXO 10. Ensayo triaxial, laboratorio VICAT-Lima



ANEXO 11. núcleos codificados ensayados (ensayo triaxial).

Anexo 8. Ensayo de laboratorio prueba compresión simple.

 VICAT <small>LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS</small>		Laboratorio de Ensayo de Materiales			
		CÓDIGO LAB: VC23-LEM-048-02	ÁREA: SUELOS	VERSIÓN: 1	PÁGINAS: 1 de 1
PROYECTO	: ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO, MEDIDAS DE MEJORA Y PROTECCIÓN DEL CERRO COLORADO DE LA PROVINCIA DE BAGUA, DEPARTAMENTO DE AMAZONAS - 2022.				
UBICACIÓN	: AMAZONAS - BAGUA - RENTEMA - PERU				
SOLICITANTE	: COLLAZOS PALOMINO LIDER DAVID	FECHA ENSAYO	: 24/05/2023		
ATENCIÓN	: COLLAZOS PALOMINO LIDER DAVID	REALIZADO	: Tec. Jorge Bolo		
FECHA EMISIÓN	: 24/05/2023	APROBADO	: Ing. Yashin Bolo		

**COMPRESIÓN UNIAXIAL EN MUESTRAS CILÍNDRICAS DE ROCA
ASTM D7012**

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

TIPO DE ROCA : ARENISCA PROFUNDIDAD : SUPERFICIAL
 PROCEDENCIA : AMAZONAS - BAGUA - RENTEMA

Perforación N°	L (mm)	D (mm)	A (cm ³)	R/L/D	F. Máxima (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
Z-3-1	10.00	5.00	19.83	2.00	9285.41	473.0
Z-3-2	10.00	5.00	19.83	2.00	9047.98	460.8
Z-4	10.00	5.00	19.83	2.00	12258.80	624.3

Contenido de humedad al momento del ensayo (ASTM D2218) : 0.2%

Observaciones :
 - Se ensayaron muestras cilíndricas de las rocas proporcionadas por el solicitante

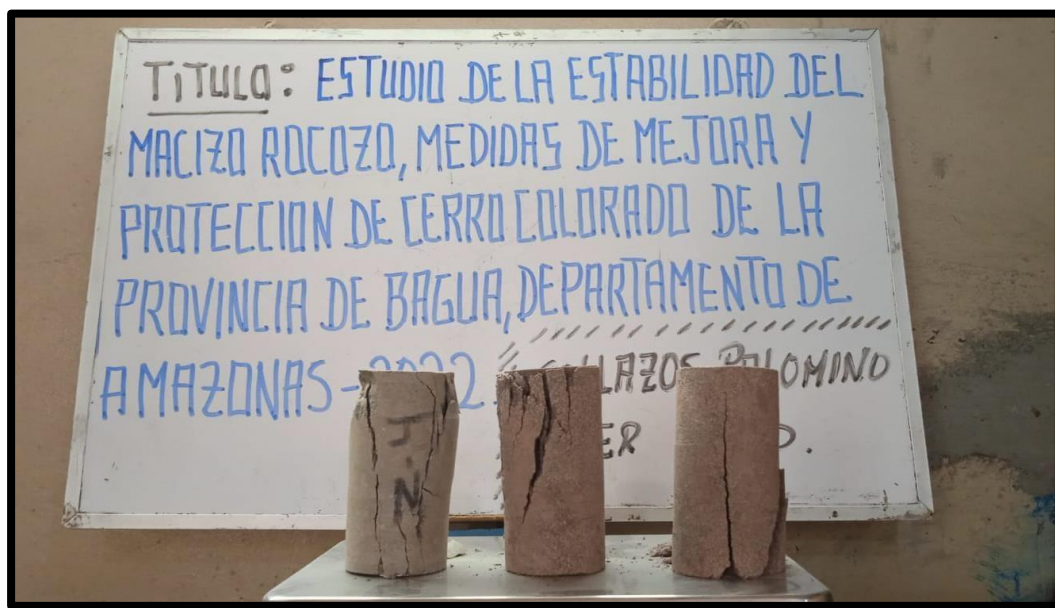
LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD



WWW.VICATGEOTESTING.COM.PE / Informes@vicatgeotesting.com.pe
 Dirección: Villa Esperanza Mz. F Lt. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabaylla




ANEXO 12. Ensayo compresión simple, laboratorio VICAT-Lima



ANEXO 13. núcleos codificados ensayados (ensayo compresión simple).

Anexo 9. Validación de ensayos de laboratorio.



USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS

INFORME N° LEM USAT 001-2023-II
 FECHA: 31 de Agosto 2023

Validación de Ensayos de Laboratorio

ESTUDIANTE:
 Lider David Collazos Palomino

TITULO DE LA TESIS:
 "ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO, MEDIDAS DE MEJORA Y PROTECCION DEL CERRO COLORADO DE LA PROVINCIA DE BAGUA, DEPARTAMENTO DE AMAZONAS – 2022"

El que suscribe, responsable del laboratorio de ingeniería Civil ambiental, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizado por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

Propiedades físicas de la roca

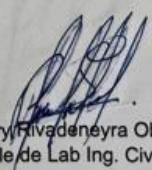
- Peso específico.
- Porcentaje de Absorción
- Contenido de humedad
- Porcentaje de poros
- Índice de poros

Propiedades mecánicas de la roca

- compresión triaxial
- compresión uniaxial

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto


 Henry Rivadeneira Oblitas
 Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental
Rivadeneira Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO



ANEXO 14. topografía de la Zona de estudio

Anexo 11. FICHA TECNICA DE MEDIDA DE MEJORA

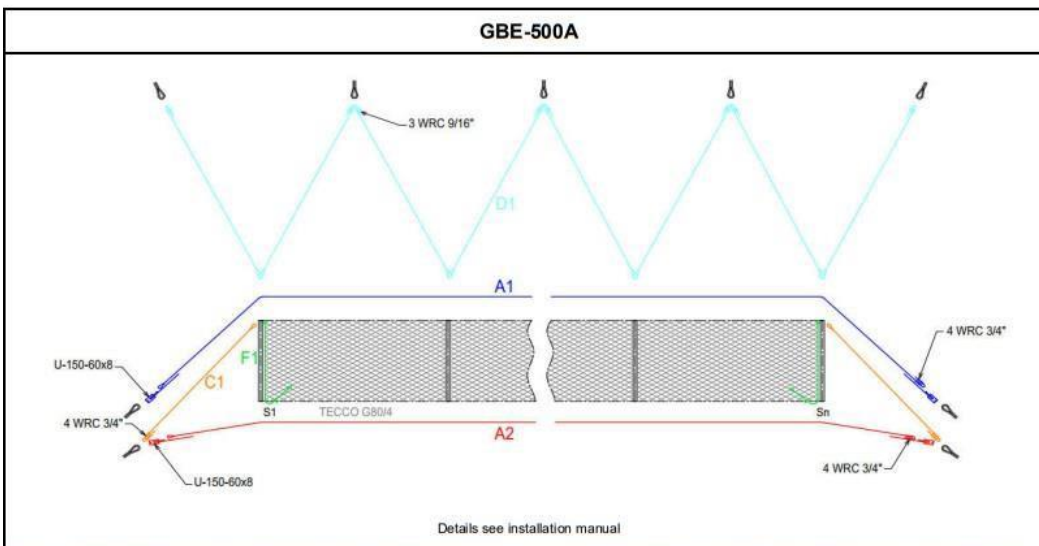


TECHNICAL DATA SHEET

**European Technical Assessment (ETA)
ROCKFALL PROTECTION BARRIER GBE-500A**



CERTIFICATION DETAILS			
System Drawing No. / Rope Assembly No.	GS-1100 / GS-1101	Residual Height MEL / in % of tested height	1.96 m / 69%
Total absorbed energy until total stopping of the block	581 kJ	Residual Height SEL 33% / in % of tested height	2.03 m / 71%
Kinetic energy of the block	504 kJ	Elongation MEL (acc. to ETAG 027)	4.95 m
Energy Class acc. EAD-340059-00-0106	2	Braking Distance MEL (FOEN)	-
Energy Class acc. FOEN	-	Braking Distance SEL 50% (FOEN)	-
Swiss Guideline Certificate (FOEN)	-	Residual Height (category)	Cat. A (> 50%)
European Technical Assessment (ETA)	ETA 09/0085		
Certificate of constancy of performance	1301 - CPR - 0572	SYSTEM SPECIFICATION	
Certification Test Layout	vertical drop	Mesh Type / Net Type	TECCO® G80/4
Weight of test body	1600 kg	LATERAL Characteristic Anchor Force	130 kN
Tested Heights	3.0 m	UPSLOPE ANCHOR ROPES Characteristic Anchor Force	70 kN
Certified Heights acc. ETA	3.0 - 3.5 m	Available heights	2.0 / 3.0 / 3.5 / 4.0 / 4.5 / 5.0 m
Certified Heights acc. FOEN	-	Post Spacing (min. / max.)	6 - 12 m



Rockfall, slides, mudflows and avalanches are natural events and therefore cannot be calculated. This is why it is impossible to determine or guarantee absolute safety for persons and property with scientific methods. This means that to provide the protection we strive for, it is imperative to maintain and service protective systems regularly and appropriately. Moreover, the degree of protection can be diminished by events that exceed the absorption capacity of the system as calculated to good engineering practice, failure to use original parts or corrosion (i.e., from environmental pollution or other outside influences).

DATOS TÉCNICOS

Malla TECCO® G65/3 STAINLESS de alambre de acero de alta resistencia

Malla TECCO®	
Forma de la malla:	romboidal
Dimensiones:	$x \cdot y = 83 \cdot 143 \text{ mm (+/- 5\%)}$
Diámetro del círculo inscrito en el rombo:	$D_i = 65 \text{ mm (+/- 5\%)}$
Ángulo de la malla:	$\varepsilon = 49^\circ$
Espesor total de la malla:	$h_{tot} = 11,0 \text{ mm (+/- 1 mm)}$
Espesor libre de la malla:	$h_i = 5,0 \text{ mm (+/- 1 mm)}$
No. de mallas longitudinal:	$n_x = 7,0 \text{ uds/m}$
No. de mallas transversal:	$n_y = 12,0 \text{ uds/m}$

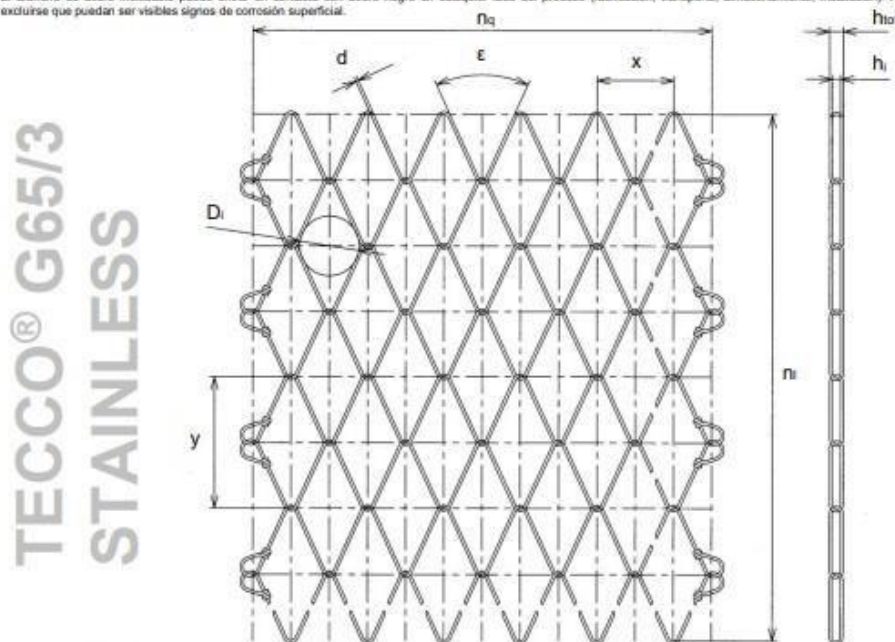
Alambre de acero TECCO®	
Diámetro del alambre:	$d = 3,0 \text{ mm}$
Resistencia a tracción:	$f_t \geq 1.650 \text{ N/mm}^2$
Material:	acero de alta resistencia
Resistencia a tracción:	$Z_{w} = 11,6 \text{ kN}$

Protección contra la corrosión TECCO®	
Acero inoxidable:	1.4462 (AISI 318)

Capacidad de carga	
Resistencia a tracción de la malla:	$Z_t \geq 140 \text{ kN/m}^* \text{)}$
Resistencia a punzamiento:	$D_n \geq 170 \text{ kN}^* \text{)}$
Capacidad de soporte a cortante:	$P_{rc} \geq 85 \text{ kN}^* \text{)}$
Capacidad de soporte frente a esfuerzos paralelos al talud:	$Z_n \geq 25 \text{ kN}^* \text{)}$
Elongación longitudinal en ensayo a tracción directa:	$\delta < 6,0 \% \text{)}$
Clasificación de acuerdo con EAD 230025-00-0106	grupo 3, clase A (P33)

Rollos estándar de malla TECCO®	
Ancho del rollo:	$b_{roll} = 3,5 \text{ m}$
Largo del rollo:	$l_{roll} = 30 \text{ m}$
Superficie total por rollo:	$A_{roll} = 105 \text{ m}^2$
Peso por m ² :	$g = 1,65 \text{ kg/m}^2$
Peso por rollo:	$G_{roll} = 175 \text{ kg}$
Extremos de la malla:	Anudados sobre si mismos

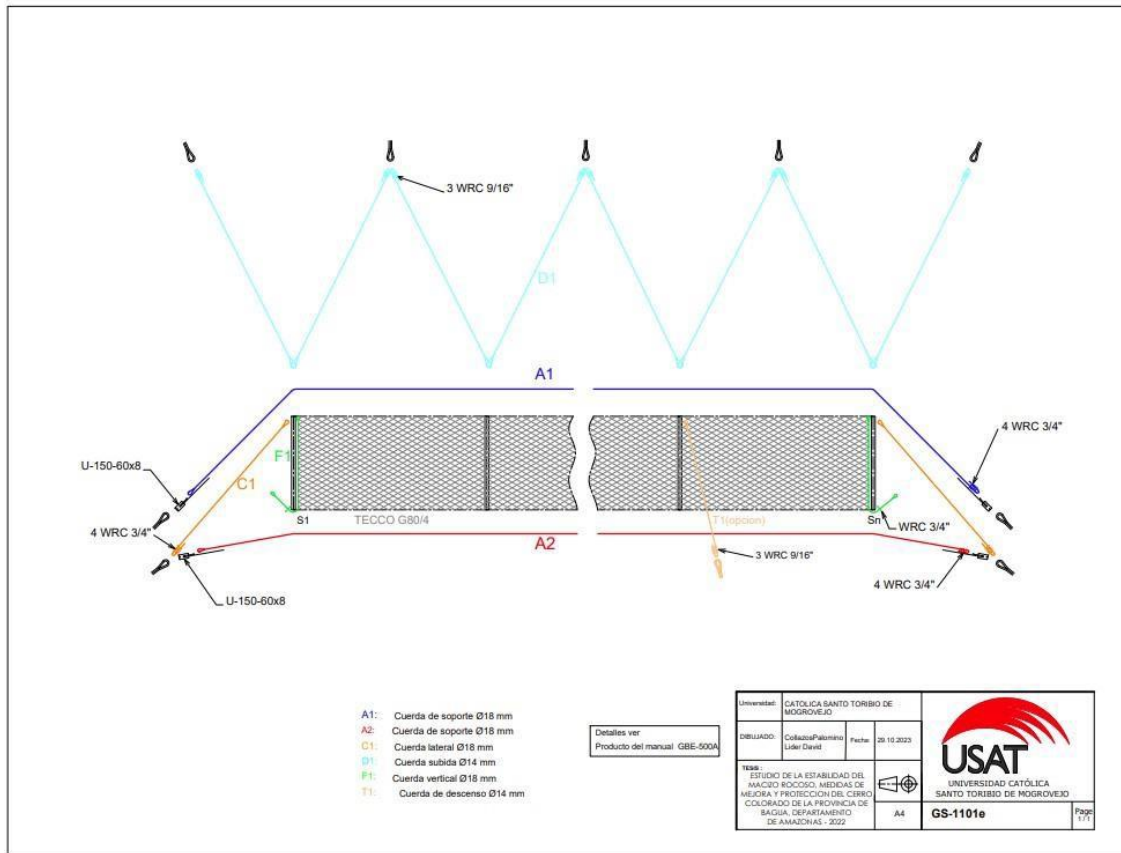
*) Según EAD 230025-00-0106 y refiriéndose al Informe de Ensayo de fecha 11/2016 del TSUS empleando placa spike P33
El alambre de acero inoxidable puede entrar en contacto con acero negro en cualquier fase del proceso (fabricación, transporte, almacenamiento, instalación). Por lo tanto, no puede excluirse que puedan ser visibles signos de corrosión superficial.



Los desprendimientos de rocas, inestabilidades y deslizamientos de tierra, corrientes de derrubios y las avalanchas de nieve son fenómenos naturales y por lo tanto no pueden ser calculados. Esta es la razón por la cual resulta imposible determinar o garantizar la seguridad absoluta de personas y bienes materiales, mediante métodos científicos. Esto significa que para proporcionar la protección necesaria, es imprescindible mantener, reparar adecuadamente y con regularidad los sistemas de protección. Además, el grado de protección puede verse afectado por: (i) eventos que superen la capacidad del sistema, calculada según la experiencia de la ingeniería en este campo, (ii) fallos ocasionados por la no utilización de piezas originales o (iii) la corrosión (por ejemplo, la contaminación ambiental u otras influencias externas).

L1_TECCO G65 3mm_3.5m_TechData_230322_sp_STAINLESS 1.4462.doc

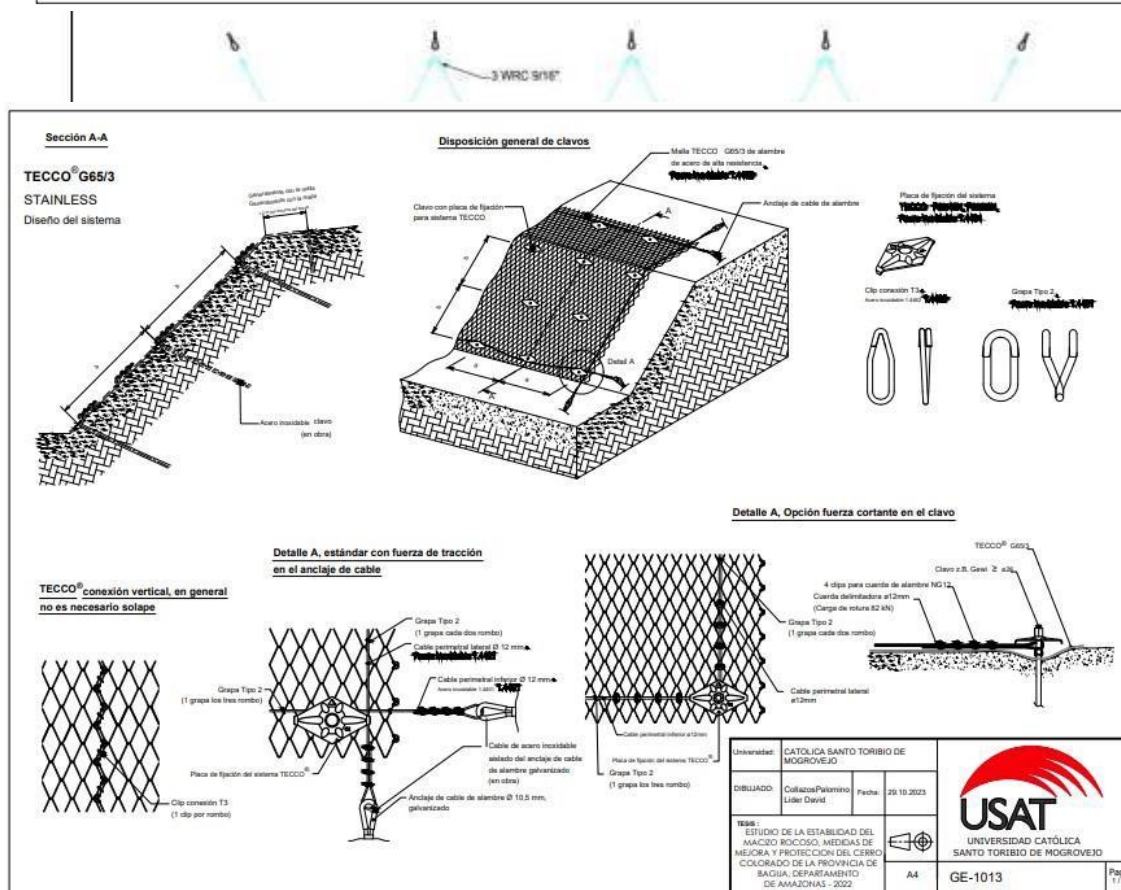
Modificación reservada sin notificación



- A1: Cuerda de soporte Ø18 mm
- A2: Cuerda de soporte Ø18 mm
- C1: Cuerda lateral Ø18 mm
- D1: Cuerda subida Ø14 mm
- P1: Cuerda vertical Ø18 mm
- T1: Cuerda de descenso Ø14 mm

Detalles ver
Producto del manual GBE-500A

Universidad:	CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO	
DIBUJADO:	Colliazzo/Palermi Luis David	Fecha: 20.10.2023
Tema:	ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO, MEDIDAS DE MEJORA Y PROTECCION DEL CERRO COLORADO DE LA PROVINCIA DE BAGUA, DEPARTAMENTO DE AMAZONAS - 2022	
	A4	GS-1101e
		Page 1/1



Universidad:	CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO	
DIBUJADO:	Colliazzo/Palermi Luis David	Fecha: 20.10.2023
Tema:	ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO, MEDIDAS DE MEJORA Y PROTECCION DEL CERRO COLORADO DE LA PROVINCIA DE BAGUA, DEPARTAMENTO DE AMAZONAS - 2022	
	A4	GE-1013
		Page 1/1

DECLARACIÓN JURADA

Yo, **COLLAZOS PALOMINO LIDER DAVID**, de nacionalidad peruana; con documento nacional de identidad N° **72816254**, domiciliado en la Provincia de Bagua, departamento de Amazonas, estudiante de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, del curso de Proyecto de Tesis, Ciclo Académico 2022-I. DECLARO BAJO JURAMENTO que:

Verifiqué la no duplicidad del proyecto de tesis titulado: ***ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD DE LOS AFLORAMIENTOS ROCOSOS PRESENTES EN EL CERRO COLORADO DE LA PROVINCIA DE BAGUA, DEPARTAMENTO DE AMAZONAS - 2022***, de verificarse si existe el tema antes mencionado me pongo a plena disposición para las sanciones emitidas por la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, según corresponda.

La verificación de la no duplicidad se realizó en la medida que se pudo por lo coyuntura nacional debido al Covid 19.

Chiclayo, 06 de julio del 2022



Firma de Estudiante