



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA/  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**

**Estudio geomecánico para el método de soporte del talud**

**KM30+00 La Muchala- San Juan de Licupis, Chota**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero de Minas

**AUTORES:**

Calderón Silva, Luis Alberto ([orcid.org/ 0000-0001-7225-7786](https://orcid.org/0000-0001-7225-7786))

Monsalve Rojas, Merlin Sujey ([orcid.org/ 0000-0002-0631-0240](https://orcid.org/0000-0002-0631-0240))

**ASESOR:**

Dr. Figueroa Alfaro, Richard Wagner([orcid.org/0000-0002-2159-6160](https://orcid.org/0000-0002-2159-6160))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Análisis de Estabilidad de Taludes

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO — PERÚ  
2023

## **Dedicatoria**

Dedico de manera especial a Dios, ya que gracias al he logrado concluir mi carrera, a mis padres Norma Rojas Cabrera y Jaime Monsalve Pérez los principales autores de mi vida, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo conmigo en los momentos más difíciles y su amor incondicional y por sus consejos, a mis hermanos Rodrigo Monsalve Rojas y Krisley Monsalve Rojas por sus palabras y compañía.

A mis abuelitos Lucila Cabrera Gastelo y Hipolito Rojas Gastelo quienes están siempre conmigo, guiándome por un buen camino y por tus consejos.

### **Merlin Sujey Monsalve Rojas.**

Primero que todo llamo el nombre de Dios, porque sin el nada de esto fuera posible, porque nunca me dejo en los malos momentos. Y a mi Padre por su apoyo incondicional, por creer en mi persona y por decirme que si puedo.

A mi madre y mis hermanos, que siempre están rogando por mi bienestar, porque nunca me falte salud. A mi pareja que me ha apoyado en todo este tiempo, tras altas y bajas en nuestra relación, nunca me quito su apoyo.

A mis amigos y conocidos cercanos que siempre me han deseado bienestar y sus consejos, con el fin de concluir con esta gran meta en mi vida profesional.

**Luis Alberto Calderón Silva**

## **Agradecimiento**

En primer lugar, agradecer a Dios por darme la vida y la salud, a la vez por haberme guiado por un buen camino. En segundo a mi familia, especialmente a mis Padres y a mis Hermanos por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional para seguir adelante. Por último, agradecer a mis maestros en especial al Dr. Salazar Rosa Eliana, Beder Erasmo, Ing. Castro Zavaleta Liliana, Dr. Arango Retamozo Solio y al Msc Donayre Quispe Gilberto por brindarme todo su conocimiento y apoyo incondicional para lograr este objetivo, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

### **Merlin Sujey Monsalve Rojas**

Agradezco a toda la plana docente de la Universidad Privada Cesar Vallejo por su gran desempeño como profesores, sobre todo en los últimos dos ciclos de mi carrera profesional.

A mis padres por su apoyo y sus enseñanzas.

Mi pareja por su estancia a mi lado, por apoyarme en todo momento.

Por último, a mi familia por todos sus buenos deseos, por aconsejarme, y por decirme “primero es la carrera”.

**Luis Alberto Calderón Silva**

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de Contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	vi
Índice de ilustración .....	vii
Resumen .....	viii
Abstract.....	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>13</b>
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	13
3.2 Variables y operacionalización.....	13
3.3 Población, muestra y muestreo.....	14
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.6 Método de análisis de datos .....	17
3.7 Aspectos éticos.....	18
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>20</b>
4.1.1. Geología Regional.....	20
4.1.2 Geología Local.....	22
4.1.3 Toma de datos en la zona con respecto del buzamiento y dirección de buzamiento de las discontinuidades insitu.....	24
4.2 . Caracterización del macizo rocoso mediante las clasificaciones RMR yRQD y GSI. 35	
4.2.1 Resistencia a la compresión uniaxial .....	36
4.2.2 Rock Quality Designation (RQD):.....	36
4.2.3 Espaciamiento de estructuras.....	37
4.2.4 Persistencia .....	38
4.2.5 Abertura .....	38
4.2.6 Rugosidad.....	39
4.2.7 Relleno .....	40
4.2.8 Descomposición.....	40
4.2.9 Filtraciones .....	41
4.2.10. Índice RMR en relación calidad del macizo rocoso .....	42
4.3. Análisis del comportamiento del tipo de roca mediante ensayos demecánica de roca.....	44
4.3.1. Ensayos de compresión uniaxial .....	44
4.3.2. Ensayo con martillo de rebote (Esclerómetro).....	46

4.3.3. Criterio de Hoek/Brown y Mohr-Coulomb.....	50
4.3.4. Factores que se consideró.....	51
4.3.5. Propuesta del método de soporte del talud KM30+00 La Muchala- San Juan de Licupis, Chota.....	54
4.3.5.1 Métodos de soporte para el área de estudio. ....	55
V.    DISCUSIÓN.....	59
VI.   CONCLUSIONES.....	63
VII.  RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS .....	65
ANEXOS .....	72

## Índice de tablas

Tabla 1: Kilómetros de estudio .....	23
<b>Tabla 2: Toma de datos in situ</b> .....	24
<b>Tabla 3: Áreas de desprendimiento</b> .....	25
Tabla 4: Datos tomado in situ, del área de estudio E-03 (31+500 km- 31+700 km). .....	26
Tabla 5: Datos tomado in situ, del área de estudio E-04 (31+700 km – 32+00) .....	30
Tabla 6: Análisis de familias de discontinuidades por estaciones de estudio.....	34
<b>Tabla 7: CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR</b> .....	35
Tabla 8: Data resistencia a la compresión uniaxial.....	36
Tabla 9: RQD .....	37
Tabla 10: espaciamento de las estructuras presentes en las estaciones de estudio .....	37
Tabla 11: Datos INSITU- Persistencia.....	38
<b>Tabla 12: Abertura de discontinuidades</b> .....	38
Tabla 13: Datos de INSITU- Rugosidad.....	39
Tabla 14: Relleno de las discontinuidades. ....	40
Tabla 15: Descomposición del macizo .....	40
Tabla 16: filtraciones en las discontinuidades .....	41
Tabla 17: <b>Índice RMR en relación calidad del macizo rocoso</b> .....	42
<b>Tabla 18: Índice de calidad del Macizo</b> .....	43
Tabla 19: Tipo de macizo rocoso por tramo de estudio. ....	44
Tabla 20: Resultados obtenidos en laboratorio por cada estación de estudio.....	45
Tabla 21: Principio de Arquímedes.....	46
Tabla 22: Valores con Martillo Schmidt .....	47
Tabla 23: Resultados obtenidos del gráfico de la esquema de Miller .....	49
Tabla 24: Valorización del macizo rocoso de acuerdo a Miller y Derre .....	49
Tabla 25: Clasificación Hoek- Mohr Coulomb (ROCDATA).....	50
Tabla 26: Datos para encontrar el ángulo de reposo.....	50
Tabla 27: Promedio mensual de lluvias, San Juan de Licupis- Chota.....	52
Tabla 28: software Swedge .....	52
Tabla 29: Estaciones de estudio- factor de seguridad Software Swedge .....	53
<b>Tabla 30: Estaciones de estudio que requieren sostenimiento</b> .....	54
Tabla 31: Métodos de soporte recomendados .....	55
Tabla 32: Costos de mallas metálicas por metro cuadrado. ....	56
Tabla 33: Costos para concreto lanzado (Shocrete) .....	50
Tabla 34: Costos de método de soporte por estación de estudio correspondiente. ....	50
Tabla 35: Datos tomado in situ, del área de estudio E-01 (30+000km-30+250km). ....	69
Tabla 36: Datos tomado in situ, del área de estudio E-02 (30+250 km- 31+500 km).....	73

## Índice de ilustración

Ilustración 1: Columna estratigráfica de la región Cajamarca. ....	29
Ilustración 2: Carretera hacia caserío La Muchala.....	31
Ilustración 3: Trazado de polos de discontinuidades y trazado planos principales- Estación 03 .....	27
Ilustración 4: Trazado de contornos y planos principales - Estación 03 .....	28
Ilustración 5: Trazado de rosetas- planos principales- Estación 03.....	29
Ilustración 6: Trazado de polos de discontinuidades y trazado planos principales- Estación 04 .....	31
Ilustración 7: Trazado de contornos y planos principales - Estación 04 .....	32
Ilustración 8: Trazado de rosetas- planos principales- Estación 04.....	33
Ilustración 9: Resistencia Uniaxial con método de Miller y Derre .....	48
Ilustración 11 :Zonas sísmicas .....	51
Ilustración 12: área de estudio, carretera la Muchala, San Juan de Licupis- Chota.....	67
Ilustración 13: Toma de datos IN SITU .....	68
Ilustración 14: Trazado de polos de discontinuidades y trazado planos principales- Estación 01 .....	70
Ilustración 15: Trazado de contornos y planos principales - Estación 01 .....	71
Ilustración 16: Trazado de rosetas- planos principales- Estación 01.....	72
Ilustración 17:Trazado de polos de discontinuidades y trazado planos principales- Estación 02 .....	74
Ilustración 18: Trazado de contornos y planos principales - Estación 02 .....	75
Ilustración 19: Trazado de rosetas- planos principales.....	76
<b>Ilustración 20: Resultados de análisis geomecánica en LABORATORIO GSE .....</b>	<b>77</b>
Ilustración 21: Ensayos realizados a las muestras traídas de campo .....	78
Ilustración 22: Testigos obtenidos en laboratorio de las muestras traídas de campo de las estaciones de estudio .....	7
9	
Ilustración 23: Ensayos realizados a las muestras traídas de campo .....	80
Ilustración 24: Criterio de Hoek/Brown y Mohr-Coulomb para la Estación E-01 .....	81
Ilustración 25: Criterio de Hoek/Brown y Mohr-Coulomb para la Estación E-02.....	82
Ilustración 26: Criterio de Hoek/Brown y Mohr-Coulomb para la Estación E-03.....	83
Ilustración 27: Criterio de Hoek/Brown y Mohr-Coulomb para la Estación E-04.....	84
Ilustración 28: Aplicación del software Swegde- estación E-03 .....	85
Ilustración 29: Aplicación del software Swegde- estación E-03 .....	86
Ilustración 30: Aplicación del software Swegde- estación E-04 .....	87
Ilustración 31: Aplicación del software Swegde- estación E-04 .....	88

## Resumen

La presente investigación, tuvo como objetivo principal elaborar el análisis geomecánico para determinar el método de soporte que permite controlar al talud en carretera La Muchala, San Juan Licupis KM 30+00.

Se llevo a cabo dicha investigación ante la problemática recurrente en el área de estudio, siendo, el deslizamiento de macizo rocoso, a causa de diferentes factores; ya sean geológicos, alteración del macizo, factores naturales (lluvias) y factor sísmico del lugar. El tipo de investigación es aplicado, porque se busca realizar un estudio geomecánica en el km 30+00 para poder determinar el tipo de soporte a utilizar; con un diseño de investigación experimental cuantitativo.

El procedimiento con el que se desarrolló, desde la toma de datos in situ, mediante la observación directa y utilizando las diferentes guías de estudio; considerando los parámetros geomecánicos: Rock Quality Designation (RQD), índice del Q- Barton, Rock Mass Rating (RMR). Utilizando también diferentes softwares como ArcGIS 10.5, software del paquete Rocscience (Dips, RocData, Slide y Swedge) y también el paquete de Microsoft Office.

Posterior a todo el análisis geomecánico y los resultados de laboratorio, se identificó que en E-01 caliza, E-02 lutita verde (roca regular, tipo III en un rango de 41-61 para dicha clasificación); mientras que para las E-03 limolita y para la E-04 arenisca feldespática (roca pobre, tipo IV en un rango de 21-40). Para finalmente considerar los métodos de sostenimiento, siendo mallas galvanizadas y shotcrete, considerando costos de forma general y específico.

Palabras clave: Rock Quality Designation, índice del Q- Barton, Rock Mass Rating (RMR) y fallas.



## Abstract

The main objective of this research was to elaborate the geomechanical analysis to determine the support method that allows to control the slope on the La Muchala road, San Juan Licupis KM 30+00.

This research was carried out in the face of the recurring problem in the study area, being the landslide of the rocky massif, due to different factors; whether geological, alteration of the massif, natural factors (sewers) and seismic factor of the place. The type of research is applied, because it seeks to carry out a geomechanical study at km 30+00 to be able to determine the type of support to be used; with a quantitative experimental research design.

The procedure with which it was developed, from the collection of data in situ, through direct observation and using the different study guides; considering the geomechanical parameters: Rock Quality Designation (RQD), Q-Barton index, Rock Mass Rating (RMR). Also using different software such as ArcGIS 10.5, Rocscience package software (Dips, RocData, Slide and Swedge) and also the Microsoft Office package.

After all the geomechanical analysis and laboratory results, it was identified that in E-01 limestone, E-02 green shale (regular hipped, type III in a range of 41-61 for said classification); while for E-03 silt and for E-04 feldspathic sandstone (poor ry, type IV in a range of 21-40). To finally consider the methods of support, being galvanized meshes and shotcrete, considering costs in a general and specific way.

Keywords: Rock Quality Designation, Q-Barton index, Rock Mass Rating (RMRb) and failures.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad en el Perú la minería ayuda al crecimiento del país de manera constante, sin embargo, la inestabilidad de taludes hoy en día es una dificultad a gran escala que viene aconteciendo en diferentes partes de la serranía de nuestro país. Un talud no es considerado netamente estable; ya que, con el pasar del tiempo la estabilidad que presenta, puede perderse a causa de factores naturales y no cuentan con método de sostenimiento adecuado. Además, como consecuencia se observa la falta de monitoreos de taludes, es por eso, que dicha estabilidad es de suma responsabilidad, ya que no solo se encuentra en obras de construcción civil, sino también se tiene en la actividad minera. Asimismo, la rama de ingeniería se esfuerza por diseñar taludes seguros y duraderos donde los estándares de seguridad son críticos, puesto que se puede realizar un análisis de estabilidad en profundidad al establecer estándares de falla de taludes. Por lo tanto, el éxito del estudio de taludes dependerá principalmente de la investigación de las propiedades geomecánicas.

El área de estudio de esta investigación está ubicada en la carretera Muchala, San Juan Licupis KM 30+000, la provincia de Chota del departamento de Cajamarca, ubicado al norte del Perú; limita por el norte con el Distrito de Miracosta; por el este con el distrito de Querocoto; por el sur con el Distrito de Llama; y por oeste con los distritos de Llama y Chongoyape. Además, las coordenadas del proyecto son (17M 694756 9285969) y su altitud es 2140.7m. Su clima templado en la temporada de verano es corto, agradable y nublado. Los inviernos son cortos, frescos y soleados, y la mayor parte del año es seco. Las temperaturas generalmente oscilan entre 3 °C y 19 °C durante todo el año, y rara vez bajan de 1 °C o superan los 21 °C.

La investigación presentó **la problemática** de la inseguridad de los taludes por la falla de traslación, es decir presenta suelo débil y el deslizamiento provocado por pendientes muy pronunciadas. Una de sus principales **causas** es mala topografía, litología, hidrología, fallas, fracturas muy pronunciadas, de tal manera que se tiene como **consecuencia** desgaste del talud, restricciones de pase y accidentes. Los riesgos que origina la inestabilidad de taludes son de manera constante, conllevando a obstrucciones de la red de caminos y esto acontece con mayor

continuidad en temporada de lluvias o con precipitaciones pluviales; esto puede restringir el paso, pérdidas humanas y accidentes para ello se plantean diferentes métodos de sostenimiento con el fin de beneficiar de manera directa a la población afectada (Quispe, 2022).

Además, con el pasar del tiempo trae más **causas** que se vería reflejada en las precipitaciones y condiciones climáticas, de tal modo se tienen como **consecuencia** la falta de estabilidad, debido a los diferentes agentes naturales como el intemperismo, erosión; como meteorización (geológicos), lluvias torrenciales, sismos, topografía del lugar y otros factores antrópicos; también por alguna mala ejecución de construcción que se ha realizado en la zona. (Ojeda, 2019).

Otra **causa** que genera la inestabilidad de taludes es un mal estudio geomecánico el cual se debe hacer tomando en cuenta todos los factores que implica este tipo de estudio. Una de sus principales **consecuencias** es el factor de seguridad y el deslizamiento de rocas, ya que, según Mesa, Álvarez y Chávez (2020), indican que para evaluar la estabilidad de un talud se considera: resistencia del suelo, determinación del perfil del talud, así como también y la presencia de agua subterránea y condiciones de filtración; con la finalidad de encontrar el factor de seguridad y encontrar de tal forma, la superficie inestable.

El presupuesto que la municipalidad invierte en el monitoreo de los taludes es muy reducido por lo que se genera una **causa** latente, es decir el hecho de que las municipalidades no inviertan dinero en sus caminos o carreteras viene a ser un problema constante. Esto genera **consecuencias** muy notables que se dan a corto plazo, las cuales vienen a hacer deslizamiento de roca, desgaste del talud, además Sackschewski (2017) señala que las consecuencias generadas son por la realización de las perforaciones incorrectas y la filtración de agua en los taludes que se encuentran en condiciones desfavorables por la discontinuidad, por lo que la mayoría es por el periodo de vida de los taludes y la falta de mantenimiento.

Las pérdidas económicas y el problema social vienen a hacer otra **causa** que genera un problema en la comunidad. Esto trae **consecuencias** desesperantes, ya que produce graves pérdidas económicas; en gran parte las pérdidas son causadas por

deslizamientos de rocas y se pueden evitar si la dificultad se detecta con anticipación y se consideran tomar medidas de prevención o control, según Carrión (2019). Además, que la paralización del tránsito vehicular, puede durar muchos días, por lo que disminuiría el crecimiento de la ciudad como nos indica Breña (2019).

El trabajo de investigación se planteó para el bien de la población, aún más generar el crecimiento económico y social, de tal modo que se generó la **pregunta** ¿De qué manera el estudio geomecánico evitará el deslizamiento en el tramo KM30+00, carretera La Muchala, San Juan de Licupis? y también si ¿El método de sostenimiento que se planteará, evitará el deslizamiento en el tramo KM30+00, carretera La Muchala, San Juan de Licupis? Por lo tanto, **se formuló** la siguiente **hipótesis**: Si se realiza un adecuado estudio geomecánico se podrá determinar el método de sostenimiento adecuado de soporte al talud en el tramo KM 30+00, carretera La Muchala, San Juan de Licupis, Chota.

La justificación es esta investigación consiste desde un punto **teórico**, ya que se aplicaron el uso de razón y criterios teóricos, con el objetivo de contribuir; siendo soluciones que podrán ser tomadas en cuenta a estudios basados sostenimiento de taludes ya que permitirá mejorar el acceso a las vías. Desde el punto **práctico** esta investigación se realizó estudios de clasificación geomecánica, análisis de laboratorio, con la finalidad de encontrar el método de sostenimiento adecuado en relación a los resultados obtenidos con la data insitu de las estaciones de estudio. Así mismo, desde el punto de vista **metodológico** el tipo de investigación para esta tesis es **aplicada, utilizando** técnicas precisas para llevar a cabo los procedimientos de datos adecuados con el propósito de plantear el método de soporte factible en base a seguridad del área de estudio y costos de aplicación.

También se formuló el **Objetivo General**: Elaborar el análisis geomecánico para determinar el método de soporte que permite controlar al talud en carretera La Muchala, San Juan Licupis KM 30+00. De la misma forma se formula los objetivos Específicos, describir la geología regional y local de la zona, evaluar mediante toma de data in situ el buzamiento y dirección de buzamiento de las discontinuidades de del área de estudios. El segundo objetivo se planteó determinar la inestabilidad del macizo rocoso mediante las aplicaciones de las clasificaciones geomecánicas en

la carretera La Muchala y como último objetivo analizar el comportamiento del tipo de roca que existe, mediante los resultados que los ensayos de mecánica de suelos encontrar la resistencia del macizo rocoso y proponer medidas de sostenimiento en la carretera La Muchala, San Juan Licupis KM 30+000.

## II. MARCO TEÓRICO

Según Prado, Aguilar y Cruz (2020) en su investigación análisis de estabilidad de talud de la carretera nic.7 en el km 176, Municipio de Santo Tomas, del departamento de Chontales, donde planteó como **objetivo** analizar el talud del km 176, teniendo como **resultado** que el factor de seguridad del talud del km 176, no cumple con lo estipulado en las normas de estabilidad ya que su factor de seguridad está muy por debajo de 0.5, visualizando también la topografía del lugar siendo de alto grado de fracturamiento. Donde **concluye** que los factores a considerarse condicionantes en el talud, como la geomorfología, litología, pendiente inclinada, clima del lugar y alto valor de sismicidad en la corona del talud, generando el desprendimiento y caídas de rocas hasta rocas de 15m de diámetro. De tal manera, se **pretende considerar** y evaluar las medidas de mitigación considerando los factores condicionantes, el coste económico, riesgos y los monitoreos para el talud inestable en la Muchala.

Como afirma Tardeo (2016) en su investigación Análisis dinámico de estabilidad de taludes por método de elementos finitos en la zona de Huayllapampa del distrito de Cuenca Huancavelica, su **objetivo** es diagnosticar el factor de seguridad. **Resultado** factor de seguridad del talud es  $<1$ ; por lo tanto, es inestable. El autor **concluye** mediante su propuesta para el talud inestable identificado, propone el método por malla de alambre y pernos de anclaje, de manera que este refuerzo asegure que el factor de seguridad cumple con los requisitos mínimos establecidos por las normas. **De igual modo**, en el presente estudio, posterior a identificar el rango del factor de seguridad en el talud, se identificará el método de sostenimiento más adecuado (costos) para aplicar en el área afectada.

Teniendo en cuenta al autor Larsson (2018) propuso como tema Slope Stability Evaluation from a Risk Management Perspective, como **objetivo** es la descripción general de varios métodos de cálculo de la pendiente. Como **resultado** es que el

método teniendo en cuenta, tanto las incertidumbres con factor  $\eta$  como la evaluación subjetiva dio la menor resistencia al corte, el cuestionario dio como resultado los segundos valores más bajos y el método que dio resultados altos fue el 5% fractil basado en valores medios. **Concluyendo** que es necesario incorporarla también de forma fiable para poder asegurar una buena gestión del riesgo y un pendiente más fiable análisis de estabilidad. **Teniendo en cuenta esta investigación, permite** determinar el método de cálculo adecuado para así obtener una mejor gestión de riesgo para el talud de La Muchala; logrando de tal forma, mayor seguridad en el km de estudio.

Los autores Harabinová, Hegedüsová, Kormaníková y Kotrasová (2021) en su título de investigación Analysis of Slope Stability, como principal **objetivo** se estudió el cálculo y el mecanismo de falla de los taludes reforzados utilizando los diferentes métodos para la estabilidad de taludes. Obteniendo como **resultado** el factor de seguridad, siendo la relación entre las fuerzas activas y pasivas; si el factor de seguridad está en el rango de 0 a 1,0, la pendiente es inestable y un valor superior a 1,0 significa que la pendiente se considera estable. **Donde concluye** que el factor de la seguridad se calculó de acuerdo con las superficies de deslizamiento críticas generadas, utilizando varios métodos (Petterson, Bishop, Sarma y Spencer). Según la metodología y las condiciones geológicas (el talud está formado por rocas grupos R4 a R6), durante el cual se realizó esta evaluación, se concluyó que el Sarma es el método más apropiado con respecto al cálculo del factor de seguridad. **De tal forma en la presente investigación,** se considera realizar un estudio geomecánico del km 30+00 en la carretera La Muchala, mediante análisis de laboratorio para así detallar de esta forma el tipo de roca presente en el lugar de estudio, también se calcula el factor de seguridad y fallas para reducir la inestabilidad.

De acuerdo con los investigadores Fruzzetti, Giuseppe y Ruggeri (2020) su tema es Design Strategies to Mitigate Slope Instabilities in Structurally Complex Formations, su **objetivo** estrategias de diseño para minimizar el riesgo de fenómenos de inestabilidad adversos e inesperados durante la construcción en estructuras estructuralmente complejas. **Tiene como resultado** utilizar las estrategias de diseño orientadas a reducir y posiblemente evitar la liberación de

tensiones en la zona de influencia resultaron ser las más efectivas para prevenir fallas o restaurar la seguridad después de que ocurra un evento de falla. **El autor concluye** que se puede adscribir a esta categoría las siguientes técnicas de construcción: construcción de túneles mediante el método de cubierta y corte, trabajos de preapoyo mediante tratamiento masivo del suelo y mejora del suelo mediante inclusiones rígidas. Todas las técnicas anteriores implican emplear cantidades grandes de materiales de construcción (hormigón, acero) que genera al medio ambiente un gran impacto negativo. Por lo tanto, se hace necesario un análisis de costo-beneficio. **Es importante** para el desarrollo de esta investigación minimizar los riesgos y realizar un adecuado análisis de precio de mercado para señalar el método de sostenimiento más conveniente para el talud inestable en la carretera La Muchala.

Monte (2020) en su tesis Análisis de estabilidad de taludes de roca mediante el método de elementos finitos, tiene como **objetivo** explicar las condiciones reales de ambos taludes a través de un modelo numérico. En **resultados se muestra condiciones de estabilidad, encontrándose a través del** método SSR muestra condiciones de estabilidad en ambos casos con un factor de seguridad mayor que 1.3; sin embargo, mediante el análisis de deformación si existe diferencia de geometría y se visualiza una superficie de discontinuidades detectando un posible colapso por cuña para el talud A t volcamiento para el talud B. **Concluyendo** que se recomienda realizar un estudio para ambos taludes y su riesgo por cuña, considerando los limites existente. Se visualiza para la investigación, **identificar** la situación real del km 30+00 siendo el lugar de estudio, para así determinar el factor de seguridad y asignar el método más adecuado de sostenimiento.

Teniendo en cuenta Quispe (2021) en su proyecto titulado Evaluación del factor de seguridad en taludes para la determinación del sistema de sostenimiento, carretera Huaypo Grande — Chinchero — Urubamba, Cusco 2021. Obtuvo como **objetivo evaluar** el factor de seguridad de las pendientes del talud para determinar los sistemas de sostenimiento en la carretera. Resultados en una pendiente de 0 + 640.00 m tipo A, F.S es 1.02, para el gradiente B, 0 + 660.00 m para 0 + 660.00 m, y el gradiente C es 0 nivel 0 + 680.00 m. El coeficiente de seguridad es 1.13. El coeficiente de gradiente y de seguridad de 0 + 700.00 Tipo D es 1.43. Tenga en

cuenta que estos valores se calculan mediante la ley de equilibrio límite de que todos los valores son menores. Se **concluye** que de acuerdo a la clasificación del tipo de SUCS, el fondo del tajo corresponde a grava limosa con arena GC-GM con un peso específico 2.02 t/m<sup>3</sup>, mientras que el suelo correspondiente al talud no es grava arcillo-limosa con arena GC y la gravedad específica de SLIM es de 1,97 t/m<sup>3</sup>. La **consideración** de esta investigación ayudará a saber que clasificación de suelo es talud La Muchala y así poder obtener el valor de seguridad que se requiere.

De igual modo, Ortega (2018) en su proyecto Factor de seguridad y análisis de estabilidad del talud en roca, en la carretera Sarhua — Porta Cruz, progresivo km 35+000 — 2018. Como **objetivo** diagnosticar la inestabilidad del talud, además sus **resultados** han sido que en la clasificación geomecánica de RMR y SMR, la calidad del macizo rocoso es 46, lo que indica que el modo de falla pertenece al tipo IIIB, que es principalmente tipo CUÑA, tipo normal y tipo parcialmente inestable. Concluyendo para pendientes fijas, el factor de seguridad permisible debe ser  $\geq 2,0$  y el valor obtenido por el método SMR y el equilibrio límite debe ser menor a 1.3 para condiciones estáticas y menor a 0.4 para condiciones cuasiestáticas. que los taludes internos generalmente deben rediseñarse con ángulos de talud apropiados, un factor de seguridad mínimo de 1,5 y el uso de anclajes sistemáticos con un factor de seguridad de 2,0. **Importancia** de este proyecto ayudará a efectuar un estudio de clasificación de suelos para fijar la estabilidad del talud La Muchala.

Como expresa Sackschewski (2017) en su proyecto Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta — Huayllay entre las progresivas del km 102 al km 110, su **objetivo es** brindar geotécnicamente las soluciones de forma segura, eficiente y económicamente viable de esta manera garantice la estabilidad de los taludes de la vía Canta — Huayllay. Como **resultado** es realizar una construcción de una banquetta con altura de 3m de ancho a 7m con un ángulo de inclinación del talud de 1:1 (H:V). **Concluyendo** que se debe al corte insuficiente del material que forma el suelo, las condiciones de corte desfavorables y el efecto de la filtración de agua en taludes y terraplenes. El autor nos brinda la **importancia** de otorgar al talud La Muchala las mejores soluciones de una construcción segura, eficaz y económicamente viable para su estabilidad.



De acuerdo con Rodrigo (2017), en su investigación Análisis de estabilidad de taludes en la carretera Lajas — Ajipampa-Cajamarca como **objetivo** estudiar la estabilidad de taludes, precisar sus factores seguridad, estabilidad del sitio y recomendar medidas de estabilización. Resultados el factor de seguridad de saturación y sismicidad del talud del macizo rocoso es mayor a 1.086, excluyendo la estación 06,  $FS=0.080$  inestable; los taludes de suelos–macizos rocosos todos son inestables  $FS < 0,988$ ;  $FS = 1,570$  (muro de gravedad) y  $FS = 0,716$  (muro de gaviones). **Concluye** que para crear estabilizad en el talud y mejorar la geometría se crea canales de coronación, muros de gaviones. Además, su **importancia**, **realizar** un adecuado estudio entre el factor de seguridad y el rango de sismicidad del lugar para luego determinar el método de sostenimiento adecuado.

Desde el punto de vista de García (2017) en su proyecto La estabilidad de taludes y la transitabilidad en la carretera longitudinal de la sierra, provincia de Chota - Cajamarca 2017, su **propósito** es mejorar la estabilidad de taludes y la transitabilidad longitudinal del lugar. **Resultado** es utilizando materiales del río (piedra lateral), demostró ser factible y su análisis que no es particularmente costoso en comparación con otros análisis, ya que el material que cubre el 90% de nuestro muro de peso es la misma área. **Concluye** que los muros de gaviones están diseñados para ser la solución más útil en el área y así garantizar la seguridad de los transeúntes. Su **importancia** de este proyecto permitirá determinar un análisis en relación a los costos tanto de materiales como mano de obra para la aplicación cualquier método de sostenimiento de acuerdo al tipo de roca encontrado previo a estudios geomecánico realizado al km 30+00 de la carretera La Muchala.

Como señala Saenz (2017) en su trabajo de investigación titulado Análisis para estabilidad de taludes en roca utilizando mallas galvanizadas ancladas, Ciudad Nueva Fuera Bamba Apurimac. Su **objetivo** es analizar el diseño del talud. Y como **respuesta** es el uso de mallas galvanizadas y pernos de anclaje, se obtuvieron valores superiores a  $F.S = 5.24$  en fallas por cuña (con sismo y con refuerzo); en condiciones pseudoestáticas, considerando la aceleración de diseño  $0.15 g$ , que corresponde al 50% del valor de la aceleración máxima  $0.30 g$ , en el área de diseño. **Concluyendo** que existen en rocas tres tipos de fallas que son; falla planar, falla por cuña y falla por volteo. Siendo **de gran aporte** para el desarrollo presente

proyecto de talud en la carretera La Muchala, al elaborar un plan anual de seguimiento y monitoreo post-constructivo de la estabilización del talud y que en el futuro se verifique que cumple con la estabilidad.

Citando a Ojeda (2019) en su investigación Estabilización de taludes a través de pernos de anclaje en la rehabilitación y mejoramiento de la carretera Mollepata — Pallasca. Su **objetivo es conocer cómo se estabilizan** los taludes durante la renovación y mejora de las carreteras. Teniendo como **resultado** que los pernos de anclaje cumplen en un 100% con su función de dar estabilidad al talud, siguiendo con los parámetros brindados en las normas. Siendo en una de sus **conclusiones** que los pernos de anclaje, mejor en un tanto las propiedades del suelo y dar estabilidad a los taludes en la carretera Mollepata- Pallasca. Ante este estudio, se pretende en esta investigación que para talud en el km 30+00 de la carretera La Muchala considerar como método de sostenimiento los pernos de anclaje, se debe llevar a cabo un adecuado ensayo de laboratorio, ya que al utilizar el programa SLIDE, se debe ya tener los datos como: cohesión, ángulo de fricción interna, peso específico, humedad, corte directo (compresión simple y triaxiales), etc.

También, Ramos (2020) en su investigación Propuesta de un sistema de sostenimiento para la estabilidad del talud en el km 232 +390 al km 232+450 de la Interoceánica sur — Puno, 2020. Como **objetivo** proponer un sistema de sostenimiento para la estabilidad del talud en el Km 232+390 al Km 232+450. **Resultados** presentados muestran que es útil implementar un sistema de soporte de anclaje y rejilla para estabilizar los taludes de la carretera transoceánica desde 232 + 390 km hasta 232 + 450 km. El anclaje se realizará con pernos roscados de 3m de largo. Largo, 25 mm de diámetro, 3,2 m de separación. Además, se debe tender una red hexagonal de doble torción de 10x12x2,7 mm y cables de arranque con un factor de seguridad de 1,64. **Donde concluye que** logró clasificar los macizos rocosos mediante la cuantificación de los parámetros requeridos por el método RMR de Bieniavski y la Q de Barton; obtuvo 25 RMR (Clase IV) y Q 2.03 (Clase IV). Asimismo, al analizar la estabilidad del talud en diferentes escenarios, se encuentra que el factor de seguridad es menor a 1, lo que indica inestabilidad. Además, su **importancia** ya que se podrá aplicar el método Q- Barton y Rock Mass Rating (RMR) para reducir su inseguridad del talud de la carretera La Muchala.

Como dice Alva y Contreras (2021) en proyecto Diseño de estabilidad del talud mediante los softwares Slide y Plaxis en la carretera PE-10A sector Plazapampa en el año 2021, su **objetivo** es dar respuesta a la estabilidad del talud. Además, su **resultado** dio su geomecánica obtuvo como material aluvial clasificado como Arena Arcillosa, con  $\phi=28^\circ$ ,  $c=75$  KN/m<sup>2</sup>,  $\gamma=17.50$  KN/m<sup>3</sup>, debajo de este un material granular de  $\phi=36^\circ$ ,  $\gamma=21$  KN/m<sup>3</sup>. Ambas capas de estratos se consideran permeables con propiedades hidráulicas saturada con  $K=10^{-5}$  m/s. **Concluyendo con una precipitación de  $I=6.68$  mm/h**, el área de investigación se caracteriza sísmicamente por un coeficiente sísmico horizontal de 0.18 y coeficiente sísmico vertical de 0.12. Siendo esta investigación de **gran aporte**, ya que, como objetivo se tiene realizar un estudio geomecánico y análisis de laboratorio para así conocer e identificar la clasificación y tipo de material se tiene en el km 30+00 de la carretera La Muchala y determinar el método de sostenimiento adecuado.

Como expresa Ríos y Villagaray (2021), en su proyecto Estudio comparativo de estabilidad de taludes entre el sistema de drenaje por perforación con anclajes y el sistema de gaviones con banquetas en la Carretera Central, Cerro Pucruchacra, San Mateo, su **objetivo** es diagnosticar el sistema de drenaje por perforación. **Resultado** es que la sección con progresiva 0+160 es la más crítica, teniendo un factor de seguridad de 0.895 (Morgenstern y Price 0.895 Spencer 0.896 Janbu 0.880). La **Importancia** permite considerar en esta investigación del talud en el km 30+00 de la carretera La Muchala, realizar un estudio (piezómetros) para detallar el nivel freático.

Finalmente, Pozo (2021) en su tesis Análisis de estabilidad de taludes de una extensión de 260 metros en la vía Papallacta Baeza, sector Cuyuja, tiene como **objetivo** analizar la estabilidad del talud en un tramo para establecer medidas de mitigación y estabilidad del talud. Siendo su **resultado** mediante los obtenidos en levantamiento topográfico y los diversos ensayos de laboratorio a lo largo de un 260m del talud, desarrollando el análisis mediante el software en versión gratuito GEO5 y el software AutoCAD. Donde el autor **concluye** que la topografía del área y los sondeos permitieron generar un modelo digital para identificar el comportamiento del talud (interno y superficial). **Se considera** de tal manera, realizar sondeos y calicatas a lo largo del km 30+00 del talud y así obtener muestras

para estos análisis en laboratorio y conllevar a un cálculo de factor de seguridad de cada uno de los perfiles y determinar también el grado de permeabilidad del macizo rocoso.

Así mismo, Rojas (2018) en su investigación Comportamiento geotécnico de los taludes críticos de la carretera Lajas — el Tayal provincia de Chota, tiene como **objetivo** general determinar el comportamiento geotécnico de los taludes críticos de la carretera Lajas — El Tayal, en la provincia de Chota. En **consecuencia**, el comportamiento litomorfoestructural de la vía Lajas - El Tayal es muy complejo debido a la presencia de diversas estructuras, tales como pliegues altamente perturbados que en su mayoría provocan fracturas del macizo rocoso y fracturas que provocan inestabilidad de taludes. **Concluyendo** que es indispensable utilizar el software Roc Data para identificar las propiedades geomecánica de los taludes críticos existentes; también contar con la resistencia a la compresión simple (Mpa), índice de resistencia Geológica (GSI). El aporte que brinda para con el presente trabajo de investigación, permite identificar la importancia del estudio geomecánico, para encontrar las características del macizo rocoso del talud del km 30+00 de la carretera La Muchala; también la utilización del software RocData y el programa informático Slide, quien brinda el rango del factor de seguridad, identificando si es estable o inestable el talud.

Desde el punto de vista de Ayay y Condor (2020) en su título de investigación Análisis geotécnico en la estabilidad de taludes de la carretera tramo Otuzco - Combayo distrito Encañada provincia de Cajamarca, 2020. Como **objetivo** principal es realizar un análisis geotécnico para la estabilidad de taludes en el año 2020 en el tramo vial de Otuzco — Combayo. Como **resultado**, fue posible proponer un modelo geotécnicamente estable para el talud de estudio, con un ángulo óptimo de 35°. Usar el control de escorrentía durante la lluvia para controlar las intrusiones y la escorrentía en los canales cercanos. **Concluyendo** que, la reducción del ángulo de inclinación siendo a 35°, posibilita aumentar el factor de seguridad a 1.596 en condiciones estáticas; puesto que, para el primer talud se recomienda un drenaje, ya que según lo que arroja su factor de seguridad está en condiciones inestables. **Los aportes** para esta investigación de los autores son de gran importancia, ya que, la causa de muchos deslizamientos de la mala geometría de la pendiente del

talud, el ángulo no es adecuado para el tipo de roca; por lo tanto, se considera mediante la recolección de datos con una brújula, obteniendo rumbo y descansos para ver la ubicación del talud en el km 30+00 de la carretera La Muchala,

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación para esta tesis es **aplicada**, ya que, se busca realizar un estudio geomecánica en el km 30+000 para poder determinar el tipo de soporte a utilizar. Según Arana (2019) se va obtener procesos de las teorías de investigación y se dará a conocer las variables a desarrollar, para solucionar el problema de la investigación. Además, la investigación es cuantitativa y se analizarán varios estudios empíricos con el objetivo de desarrollar la hipótesis.

El diseño de investigación es **experimental cuantitativo**, según Arana (2019) porque se va manipular una de las variables. En esta ocasión sería la variable dependiente para ver su efecto en la variable independiente.

#### 3.2 Variables y operacionalización

**Variabes Independiente:** Análisis geomecánico

- **Definición conceptual** Acosta y Barón (2019), expresan que el análisis geomecánico tiene como finalidad evaluar la resistencia de los materiales frente a los esfuerzos o actividades dirigidas a ellos, su caracterización y finalmente determinar cuál es las características del macizo rocoso.
- **Definición operacional** Es importante realizar el análisis geomecánico mediante su dimensión que sería la clasificación geomecánica.
- **Indicadores:** Índice de Calidad de la Roca (RQD), Clasificación del macizo rocoso (RMR) e Índice de Resistencia Geológica (GSI)
- **Escala de medición:** Razón

**Variabes Dependiente:** Método de soporte de talud

- **Definición conceptual** Arroyo y Rodrigo (2020), mencionan que el método de soporte de talud se debe efectuar su estudio para verificar si se encuentra en adecuadas condiciones de estabilidad o posible inestabilidad, por lo tanto, conlleva un adecuado proyecto de construcción.

- **Definición operacional:** Se deberá efectuar el método de sostenimiento de talud con las dimensiones de factor de seguridad, shotcrete, mallas mecánicas y economía
- **Indicadores:** Factor de seguridad, Shotcrete, Mallas mecánicas y Económica.
- **Escala de medición:** Razón

### 3.3 Población, muestra y muestreo

#### 3.3.1 Población

La población de esta investigación, está dado por el KM 30+000 de la carretera Chota - La Muchala. Para Arana (2019) indica que es una colección de elementos que tienen propiedades relacionadas o comunes. Cabe resaltar que las cualidades se van a determinar de acuerdo al problema de investigación y los respectivos objetivos.

Todo el Km 30+000 de la carretera la Muchala.

**CRITERIO DE INCLUSIÓN.** Se incluye el km 30 de la carretera La Muchala debido a que en este km se manifiesta un desorden en los taludes, debido a un buzamiento pronunciado, sequías generadas por el agua de lluvia y falta de forestación. Para Pérez (2017) señala que sus criterios participación son las características específicas de los participantes potenciales.

**CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.** En este criterio se desarrollará aquella actividad que no esté vinculada con geomecánica para determinar el método de soporte de talud. Según Gómez (2018) en el criterio de exclusión se realiza las características que se presentan los integrantes y que se puedan modificar los resultados, es decir, es lo no seleccionable para el proyecto.

#### 3.3.2 Muestra

La muestra para esta investigación sería los puntos de control que estará ubicado en tramo KM 30+000 en un tramo **de 100 metros** de la carretera La Muchala de la ciudad de San Juan Licupis. Según Ojeda (2020), viene hacer la parte relevante de la población con las mismas propiedades generales de la población.

Tabla 1: Kilómetros de estudio

Kilómetro	Hasta el Kilómetro	Distancia
30+000 Km	30+250 km	250 m
30+250 Km	30+500 Km	250 m
30+500 Km	30+700 Km	200 m
30+700 Km	31+00 km	300 m
Total, de muestra		1000 metros

Fuente: elaboración propia.

### 3.3.3 Muestreo

El muestreo empleado es no probabilístico los factores han sido elegidos a discreción del investigador y aplicados mediante observación empírica a áreas seleccionadas; donde la muestra es escogida por conveniencia y de forma intencional, en pocas palabras se toma en cuenta los elementos de interés para la investigación.

## 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### 3.4.1. Técnicas

Estas técnicas tendrán como finalidad el recojo de datos de la carretera La Muchala para así poder definir el método de soporte adecuado para los taludes inestables del km 30+000.

**Técnica de observación:** La técnica de observación será aplicada por que ayudará con la recopilación de datos como por ejemplo la altura del talud, acequias generadas por lluvias, calidad del macizo rocoso, desgaste del talud, grado de meteorización. Para Castellanos (2018) menciona que es una técnica aplicada a la investigación que por lo general consiste en observar fenómenos, eventos, casos, objetos, actividades, situaciones, etc., con el fin de obtener cierta investigación.



**Técnica de Análisis documental:** Esta técnica permite recuperar datos de las causas que han generado la inestabilidad en los taludes (buzamiento muy pronunciado, aguas subterráneas, meteorización, cambios climáticos) y los tipos de soporte a utilizar, ya que estudios previos pueden ayudar a definir el soporte adecuado. Peña (2017) se refiere al proceso de seleccionar las partes de la idea del documento que se relacionan con la información para expresar el contenido del documento sin deshacer la ambigüedad de la información contenida del mismo.

#### **3.4.2 Instrumentos**

**Guía de observación de campo:** Esta guía permitirá utilizar instrumentos que se utilizarán para la obtención de información IN SITU como la altura del talud, ángulo de buzamiento y el estudio de mecánica de suelos. Todo esto se realizará con las herramientas adecuadas y con los taludes que presenten mayor inestabilidad. Para Loayza (2013) es observar los parámetros de las personas que se encuentran en diferentes escalas, como son jefe y personal.

**Guía de análisis documental:** Este instrumento permitirá obtener datos relevantes de acuerdo al tema elegido y plasmarlo de acuerdo a otras fuentes de investigación. La guía tiene como finalidad encontrar información acerca de la inestabilidad en los taludes (buzamiento muy pronunciado, aguas subterráneas, meteorización, cambios climáticos) y los tipos de soporte a utilizar, ya que estudios previos pueden ayudar a definir el soporte adecuado. Según Solís (2017) indicó que, es el acto de seleccionar las opiniones explicativas necesarias de un documento con el objetivo de llevar a cabo su argumento sin confusión para preservar la argumentación.

### **3.5. Procedimientos**

#### **Etapas 1: Planificación de la investigación**

Lo primero que se realizó en esta primera etapa fue describir el problema a través de un árbol de problemas que se compone de causas y consecuencias; luego se propuso objetivos con el fin de crear una hipótesis para dar solución. Esta investigación tiene como finalidad un estudio geomecánico para determinar método de soporte del talud

km30+00 La Muchala- San Juan de Licupis, Chota. Consecuente a esto se buscó información bibliográfica de libros relacionados con la investigación, artículos académicos, revistas y tesis, resaltando que toda esta información viene de fuentes confiables y originales. Por último, se realizaron instrumentos de guías de observación para la toma de datos.

### **Etapa 2: Recojo de información y validación de instrumentos**

En esta etapa se deberá validar el análisis de los instrumentos por expertos y realizar visita al km 30 de la carretera La Muchala, aquí se aplicaron para obtener datos los instrumentos, el cual consiste en medir el talud, su ángulo de buzamiento y otros factores que influyen en la caída o desgaste de talud. Toda esta información tendrá una naturaleza verídica y su único uso será para fines educativos.

### **Etapa 3: Procesamiento, análisis y conclusión**

En esta etapa se forma la información obtenida en la etapa 2; en la cual se va a medir la altura del talud, su ángulo de buzamiento y factores antropogénicos aplicando los instrumentos de recolección de datos. Por consiguiente, esta información será plasmada en cuadros estadísticos y tablas de Excel que permitirán adecuar la información de manera ordenada. Además, la investigación permitirá comparar resultados y discutir dicha información. Por último, los resultados y objetivos darán conclusiones específicas y congruentes de acuerdo al tema.

## **3.6 Método de análisis de datos**

**Método analítico y sintético:** Se usará el método analítico, ya que se analizarán los parámetros geomecánicos los cuales son: Rock Quality Designation (RQD), índice del Q- Barton, Rock Mass Rating (RMR). Gracias a estos parámetros se podrá determinar datos como, por ejemplo: Dureza del macizo rocoso, resistencia a la compresión y de qué manera influye el agua subterránea en el talud. Además, se utilizará el método sintético porque se realizará una síntesis teórica, datos y conceptos de artículos científicos y tesis.

Esto servirá para optar por un soporte adecuado para el talud de la carretera La Muchala KM 30+000.

**Método de procesos:** El método de análisis de procesos nos permite analizar la carretera a tratar utilizando una variedad de procesos, pruebas de hipótesis y herramientas de investigación cuando surgen problemas. Luego de recolectar datos utilizando diferentes tecnologías, utilizaremos las herramientas utilizadas anteriormente para obtener un valor real para el proyecto del talud en la carretera La Muchala, San Juan Licupis KM 30+000. Lo cual se verá reflejado en documentos técnicos utilizando programas que analizan parte del proyecto y procesan los datos utilizando programas como: Microsoft Word 2019, Microsoft Excel 2019, software ArcGIS 10.5 y software Rocscience. Según Krajewski, (2020) es una técnica utilizada para recopilar datos o analizar evidencia para descubrir nueva información o comprender mejor un tema.

### 3.7 Aspectos éticos

Esta investigación recopila la información de varios autores y, por lo tanto, tiene en cuenta su reconocimiento y se cita las ideas de los investigadores de acuerdo con la normativa ISO 690.

Es nuestra responsabilidad ejecutar correctamente el proyecto y realizar las actividades con sumo cuidado, respetando todas las normas empleadas en esta investigación.

- **Beneficencia:** Como futuros ingenieros de minas, este trabajo de investigación se centró en la creación de un bien común, el cual consistió en análisis geomecánico, análisis de laboratorio y proponer un método de sostenimiento de talud para el mejoramiento del tramo en carretera La Muchala KM 30+000; permitiendo de tal forma, brindar mejor conocimiento a la población sobre los problemas que generan la inestabilidad de taludes y como previo análisis se puede identificar el tipo de sostenimiento generando un beneficio a la población tanto para el transporte vehicular, como el transporte personal.
- **No maleficencia:** Las acciones y los actos tomados por los tesisistas no generan ningún atentado o riesgo contra la integridad física y psicológica de

las personas o la población circundante, por el contrario, se busca generar un mejoramiento de la infraestructura vial, para lo cual se debe identificar las condiciones que se presentan en la zona de estudio y problemas que generen un evento peligroso por no contar con una adecuada infraestructura vial.

- **Autonomía:** Se mantuvo una buena comunicación y relación entre los tesisistas llegando a acuerdos y toma de decisiones para el beneficio de la presente investigación.
- **Justicia:** Los resultados obtenidos serán estrictamente coherentes utilizando las normas sin alterar el resultado.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Descripción la geología regional y local de la zona.

Se identificó las ares geológicas, los tipos de roca que existe en las áreas de estudio, haciendo uso del software ArcGIS.

#### 4.1.1. Geología Regional

La región Cajamarca ubicado al norte del territorio peruano. La parte occidental de la región, está comprendida con topografía accidentada de la Cordillera Occidental, con valles profundos y encañonados, con cotas de 3500 m de relieve, con ondulaciones afectadas por erosión glaciaria. Geológicamente, dicha región está ubicada en cuenca sedimentaria cretácea.

- **Estratigrafía en la región:** Cajamarca, afloran el tipo de rocas metamórficas, sedimentarias e ígneas, cuyas edades van desde el Neoproterozoico hasta el Cuaternario.

a) **Red hídrica:** Compuesto por las vertientes del Pacífico y vertientes del Atlántico.

**Dentro de las vertientes del Pacífico encontramos:** río Chancay (nace al SurOeste del centro Minero de Hualgayoc), también el Río Cumbul (nace al Nor-Este del cerro Mishahuanga y desemboca en el río Chcany), está la quebrada de Cirato (nace del cerro Auque, originando las quebradas chotanas de Guayavo y Capacirca) y el río Camellon o Molino (forma en los distritos de Miracosta y San Juan de Licupis ).

**Mientras que para las vertientes del Atlántico está:** Río Chotano (rio más importante actividades agropecuarias, ubicado en los distritos de Chota, Lajas, Querocoto y Cochambanmba), el río Tacabamba (nace del distrito de Chiguirip), también está el río Chonchano (nace de unos manantiales al SurOeste del distrito de Conchan) y el río Llaucano (constituye el lindero entre Cutervo y Chota, desembocando en el Marañón con un caudal promedio de  $29 \text{ m}^3/\text{seg}$ ).

Ilustración 1: Columna estratigráfica de la región Cajamarca.

ERA	SIST	SERIE	PISO	UNIDAD LITOLOGICA	POTENCIA (m)	LITOLOGIA	SECUENCIA	ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS	DESCRIPCIÓN								
MESOZOICO CUATERNARIO	CRETACIO	SUPERIOR	Holoceno	Cuaternario Aluvial					Depósitos aluviales								
			Pleistoceno														
			Paleoceno	Selandiano	Fm. Chota	500				Estructura laminar	Areniscas rojizas con Intercalación de lutitas.						
				Daniano													
			Senoniano	Maastrichtiano	Fm. Celendin	200				Estructura laminar y de carga	Predomino de margas con intercalación de lutitas, abundantes fósiles (Ampullina, ostreas, moluscos, gasterópodos equinodermos y pelecípodos)						
				Capaniano													
				Santoniano													
				Conociano													
			Turoniano	Fm. Cajamarca	600-700				Estructura laminar gradual y bioturbaciones	Intercalación de lutitas, con calizas margosas, con estratos potentes de 3.8 metros, con presencia de fósiles (Ostreas).							
											Fm. Mujarrún	200	Estructura laminar, carga	Arcillitas amarillentas (fossilíferas), margas, calizas nodulares (macizas).			
											Grupo Quilquián	Fm. Romiron	300			Estructura laminar, carga y mud crackers	Delgados lechos de calizas nodulares con margas pardo-amarillentas también fossilíferas, se caracteriza por presentar abundantes fósiles de exogyras, bivalvos, algunos amonites, gasterópodos, ostreas y con pequeños paquetes de lutitas calcáreas en el techo de esta Formación el alto contenido de carbonato de calcio
			Fm. Coñor	Presenta bancos de calizas claras con lutitas arenosas y margas delgadas con abundantes fósiles.													
			Cenomaniano	Fm. Yumaguaj	700				Estructura laminar, cruzada	Secuencia de margas y calizas grises parduscas en bancos más o menos uniformes. Encontrándose el mineral Aragonito en el cerro Coñorputa.							
										Superior	Miembro lutáceo margoso amarillento, dentro de un conjunto homogéneo presenta escarpas alargadas debido a su dureza uniforme.						
										Medio	Se caracteriza por tener un delgado miembro intermedio bastante fossilífero, por lo que litológicamente se puede confundir con la Formación Mujarrún o Quilquián.						
			Alviano	Fm. Pariatambo	150-200				Estructura laminar y mud crackers	Calizas con intercalación de lutitas de estratos de 3, 4 y 5 cm. y con presencia de Chert (sílice).							
										Inferior							
			INFERIOR	Aptiano	Fm. Chulec	200-250				Estructura laminar y de carga	Intercalación de lutitas calcáreas, con calizas (grainstone, packstone y mudstone) y margas. Con presencia de macrofósiles (Amonites y Pelecípodos).						
												Fm. Inca	150			Estructura de carga	Areniscas ferruginosas con intercalación de limolitas, conestratos de 20 a 40 cm.
Fm. Carhuaz	500												Estructura Laminar	Areniscas intercaladas con lutitas grises, con presencia de óxidos de hematita y caolinita.			
Neocomiano	Barremiano																

Fuente: Geocatmin

#### 4.1.2 Geología Local

Se tomó como referencia la cartografía geológica del cuadrángulo de Cutervo 13-f (Sosa y Lara, 2018), en la zona de estudio afloran rocas sedimentarias; así como depósitos Cuaternarios, siendo:

- a) Depósitos coluvio-deluviales: Este tipo de depósitos, son susceptible a movimiento de masa y deslizamiento de roca, ya que se les reconoce por su geometría, distribución caótica y deben su origen a eventos de deslizamientos, derrumbes, etc., su fuente de origen es cercana. Están conformados por materiales finos como limo, arcilla y arena en menor proporción.
- b) Depósitos proluviales: Material no consolidado, se localizan entre los flujos de la parte alta y del poblado, constituido por material fino a grueso.
- c) Grupo Pulluicana: Areniscas limolíticas y lutitas grises parduzcas intercaladas con escasos niveles de calizas nodulares, se encuentra en la clasificación de rangos de meteorización moderadamente meteorizada, se encuentra muy fracturada en la parte alta, material de baja calidad.

#### **En tramo KM 30+000 La Muchala- San Juan de Licupis, Chota se identificó:**

- a. **Geomorfología:** a partir del km. 00+00 la carretera se desarrolla bajo pendientes moderadas que varían entre suaves hasta abruptas ( $15^\circ$  a  $35^\circ$ ), se encuentran erosionadas; visualizándose por diferentes sectores se tornan pronunciadas (15.82%).  
Luego la vía desciende por laderas de pendientes pronunciadas, sobre depósitos eluvio deluviales compuestos principalmente por suelos gravo arcillosos que se alternan de pendientes pronunciadas con afloramientos hasta inmediaciones del km. 20+00 en el Caserío LaMuchala.
- b. **Deslizamiento:** este evento fue identificado al Sur-Oeste del caserío La Muchala, tratándose de un deslizamiento traslacional antiguo. Caracterizado por el deslizamiento del macizo rocoso de una falla por cuña existente, a lo largo de una superficie; con una inclinación de 37m de ancho y se desplazó 58m. aprovechando la estratificación de los estratos a favor de la pendiente, dejando un escarpe casi vertical.

- c. **Derrumbres:** en el año 2017, en la época de marzo, se registró lluvias de fuerte intensidad, originando deslizamientos en varias áreas de estudio. Teniendo como causa las pendientes que oscilan entre 30-35°, conformado por arenisca, limolita y lutita, muy fracturadas y meteorizadas, que las hace considerar rocas de mala calidad; al mismo tiempo, la deforestación que permite la infiltración de agua al subsuelo, material del antiguo deslizamiento, que permite la filtración y retención de agua.

Ilustración 2: Carretera hacia caserío La Muchala.



Fuente: elaboración propia, Google Earth Pro.



**4.1.3 Toma de datos en la zona con respecto del buzamiento y dirección de buzamiento de las discontinuidades in situ.**

Se utilizó una brújula para la toma de datos in situ, considerando el buzamiento y dirección de buzamiento de las discontinuidades; del área de estudio siendo desde el Km 30+000 de la carretera La Muchala- Distrito de San Juan de Licupis, Chota, en la que comprendió 5 estaciones de estudio, siendo 1km (1000 m), con distancias variantes de 200m -300m, con la finalidad de realizar un análisis detallado de las características existentes en las fallas.

Se detalla los datos obtenidos:

*Tabla 2: Toma de datos in situ.*

N° ESTACIÓN	TRAMO INICIAL	COORDENADAS UTM PSAD56		TRAMO FINAL	COORDENADAS UTM PSAD56		DISTANCIA
		ESTE	NORTE		ESTE	NORTE	
E-01	30+000 Km	695674.30	9284875.89	30+250 km	695892.30	9284851.89	250 m
E-02	30+250 km	695892.30	9284851.89	30+500 Km	696116.30	9284851.89	250 m
E-03	30+500 Km	696116.30	9284851.89	30+700 Km	696178.30	9284931.89	200 m
E-04	30+700 Km	696178.30	9284931.89	31+000 km	695938.30	9285086.89	300 m

Fuente: elaboración propia.

En estación de estudio, se consideró observación de campo, en la que se evidenció que algunas áreas con fallas muy pronunciadas; por ende, se permitió determinar a qué tipo de familia de discontinuidades presenta, mediante el software Dips (Paquete de Rocscience).

Los datos obtenidos IN SITU, se ingresaron al software Dips de cada estación de estudio, donde se obtuvo:

- a. Trazado de polos: es la representación gráfica de la orientación de lo obtenido en campo (Buzamiento y Dirección de Buzamiento).
- b. Trazado de contornos: herramienta de suma importancia, que nos permitió identificar la concentración mayor de polos (identificando familias de discontinuidades), mediante un rango de colores; siendo que, a más concentración de polos, más es la intensidad de color (rojo-mayor intensidad).
- c. Trazado de planos principales: visualizamos una estereografía sin activación de polos o contornos.
- d. Trazado de rossetas: herramienta que brinda la orientación de familia de discontinuidades en un existentes.

Donde, se consideró que 2 áreas de estudio, evidenciaron desprendimiento de roca, en la que mediante la aplicación de Software Dips, se analizó, obteniendo lo siguiente:

**Tabla 3: Áreas de desprendimiento.**

<b>N° ESTACIÓN</b>	<b>TRAMO INICIAL</b>	<b>TRAMO FINAL</b>
E-03	30+500 Km	30+700 Km
E-04	30+700 Km	31+000 km

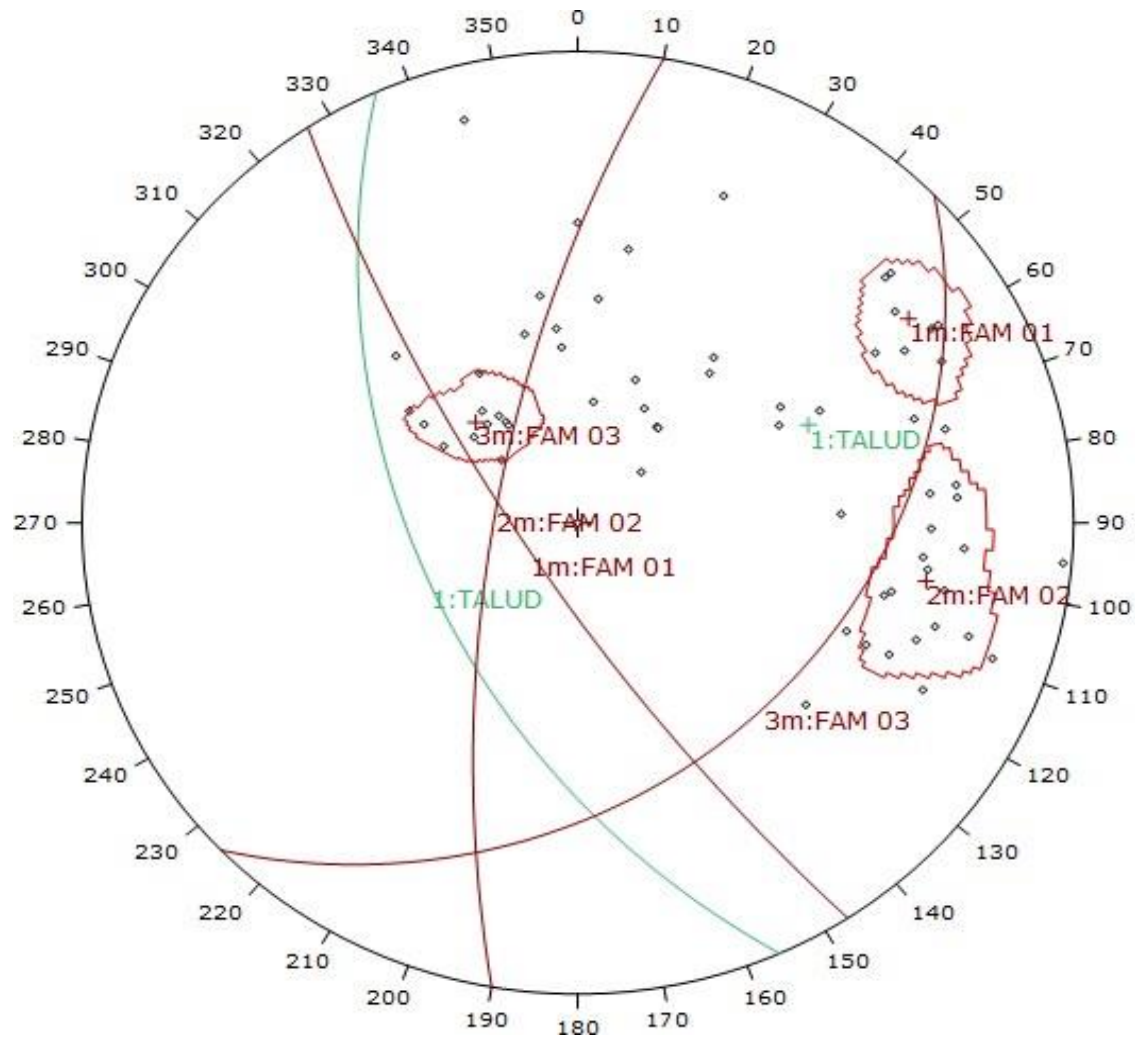
Fuente: elaboración propia.

Tabla 4: Datos tomado in situ, del área de estudio E-03 (31+500 km- 31+700 km).

ID	Dip	Dip Direction
1	74	281
2	65	294
3	41	124
4	74	287
5	75	255
6	34	141
7	76	297
8	35	121
9	57	244
10	36	201
11	29	146
12	78	245
13	19	230
14	29	218
15	31	145
16	75	266
17	71	265
18	71	271
19	76	235
20	51	239
21	56	268
22	49	243
23	29	219
24	31	209
25	69	294
26	66	283
27	71	252
28	79	287
29	48	218
30	74	278
31	74	287
32	74	287
33	74	287
34	74	287
35	74	287
36	79	240
37	61	190
38	41	175
39	83	289
40	70	276
41	78	230
42	76	274
43	83	165
44	45	174
45	52	171
46	80	240
47	89	275
48	61	293
49	45	125
50	72	290
51	79	230
52	74	241
53	41	148
54	45	220
55	31	131
56	29	187
57	65	180
58	65	284
59	31	139
60	74	203
61	75	264
62	45	165
63	51	185
64	0	0
65	0	0

Fuente: Software Dips - elaboración propia

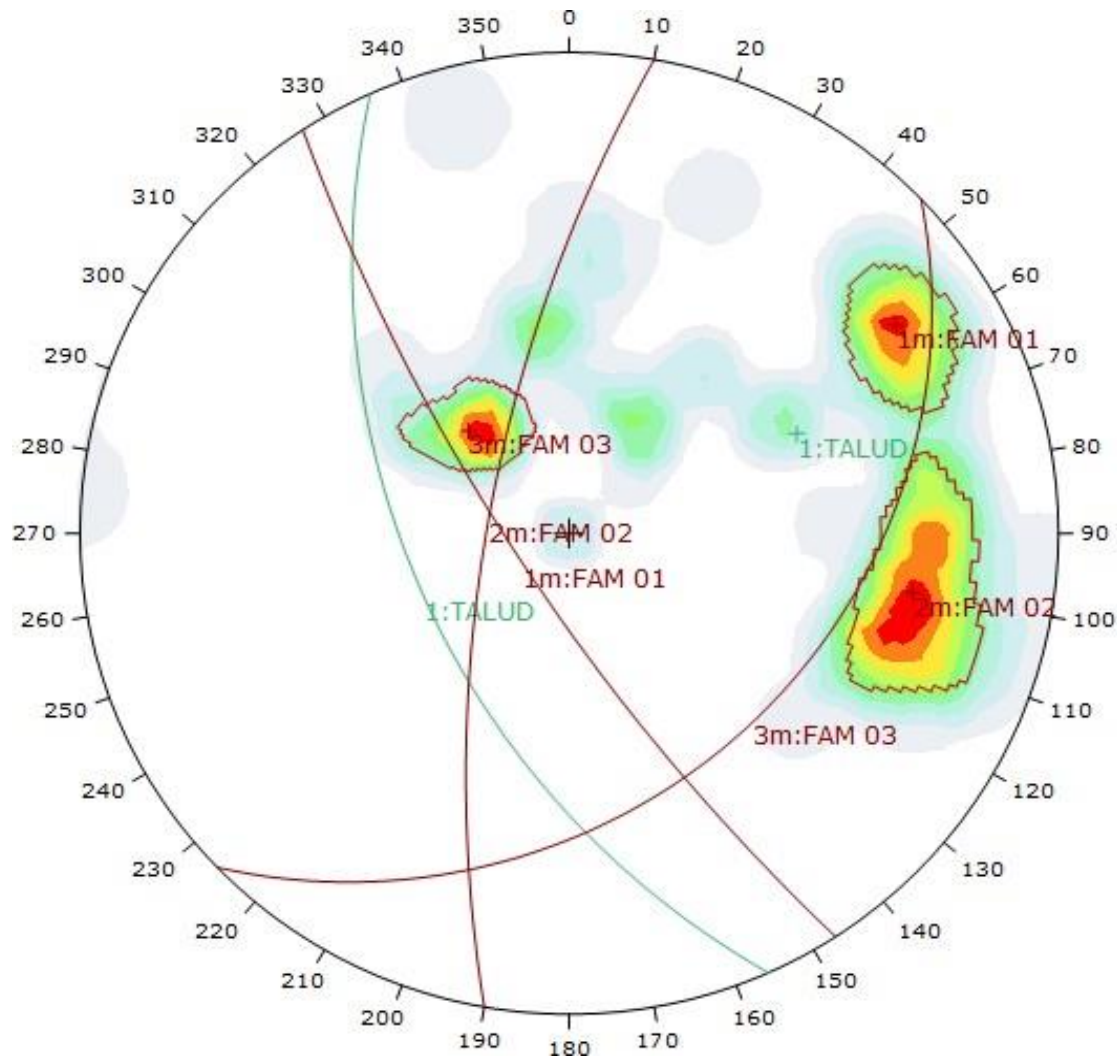
Ilustración 3: Trazado de polos de discontinuidades y trazado planos principales- Estación 03.



Symbol	Feature			
○	Pole Vectors			
	Color	Trend	Plunge	Label
User Planes				
1	■	66	36	TALUD
Mean Set Planes				
1m	■	57	13	FAM 01
2m	■	100	19	FAM 02
3m	■	316	57	FAM 03
Plot Mode		Pole Vectors		
Vector Count		65 (65 Entries)		
Hemisphere		Lower		
Projection		Equal Angle		

Fuente: Software Dips - elaboración propia

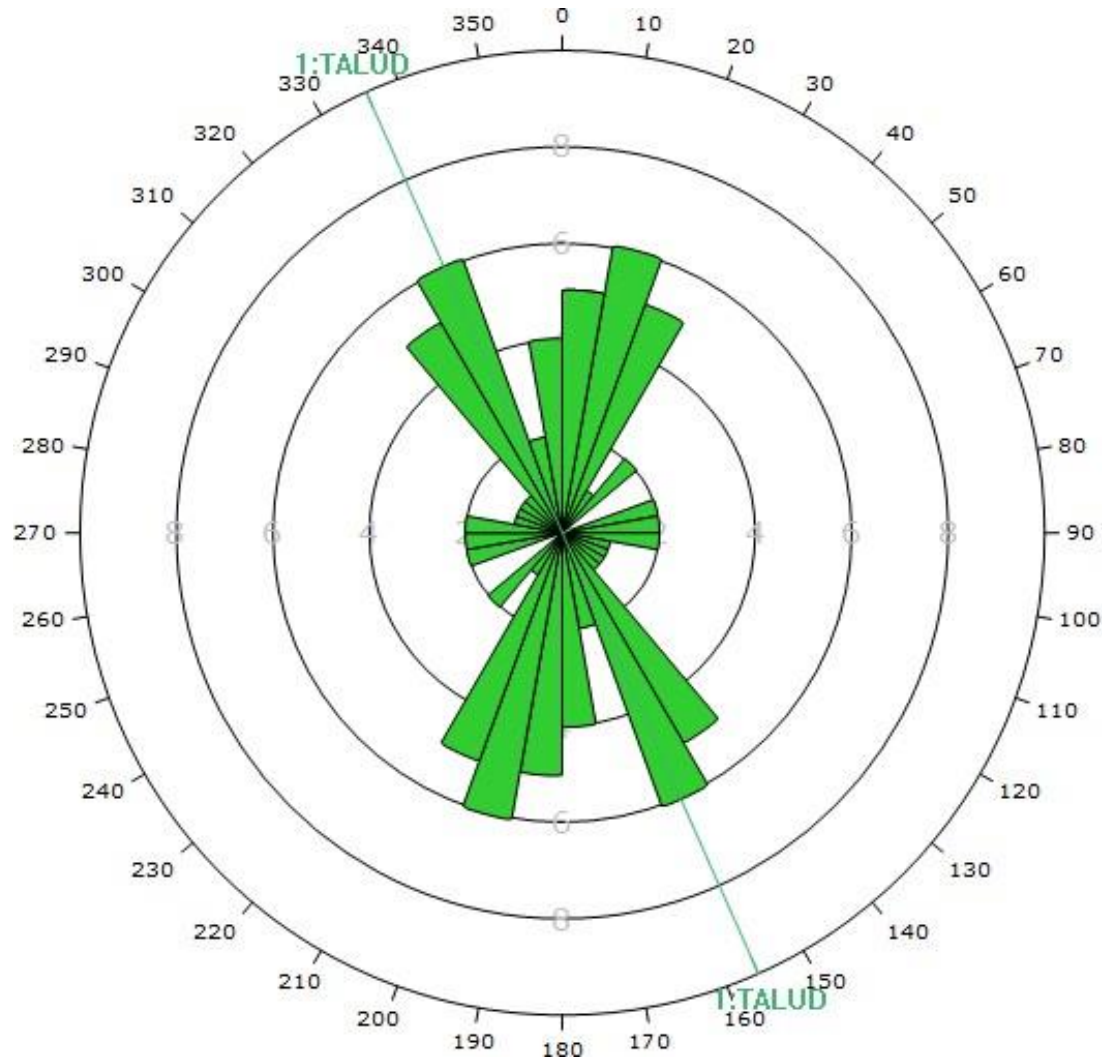
Ilustración 4: Trazado de contornos y planos principales - Estación 03.



Fuente: Software Dips - elaboración propia

Color	Density Concentrations			
	0.00 - 1.00			
	1.00 - 2.00			
	2.00 - 3.00			
	3.00 - 4.00			
	4.00 - 5.00			
	5.00 - 6.00			
	6.00 - 7.00			
	7.00 - 8.00			
	8.00 - 9.00			
	9.00 - 10.00			
<b>Maximum Density</b> 9.96%				
<b>Contour Data</b> Pole Vectors				
<b>Contour Distribution</b> Fisher				
<b>Counting Circle Size</b> 1.0%				
Color	Trend	Plunge	Label	
<b>User Planes</b>				
1		66	36	TALUD
<b>Mean Set Planes</b>				
1m		57	13	FAM 01
2m		100	19	FAM 02
3m		316	57	FAM 03
<b>Plot Mode</b>		Pole Vectors		
<b>Vector Count</b>		65 (65 Entries)		
<b>Hemisphere</b>		Lower		
<b>Projection</b>		Equal Angle		

Ilustración 5: Trazado de rosetas- planos principales- Estación 03.



<b>Plot Mode</b>	Rosette
<b>Plot Data</b>	Apparent Strike
<b>Face Normal Trend</b>	0.0
<b>Face Normal Plunge</b>	90.0
<b>Bin Size</b>	10°
<b>Outer Circle</b>	10 planes per arc
<b>Planes Plotted</b>	16
<b>Minimum Angle To Plot</b>	15.0°
<b>Maximum Angle To Plot</b>	90.0°

En base a la división del talud, la intensidad de las familias disminuye; siendo, una en estado moderado y dos de ello en estado denso.

Fuente: Software Dips - elaboración propia

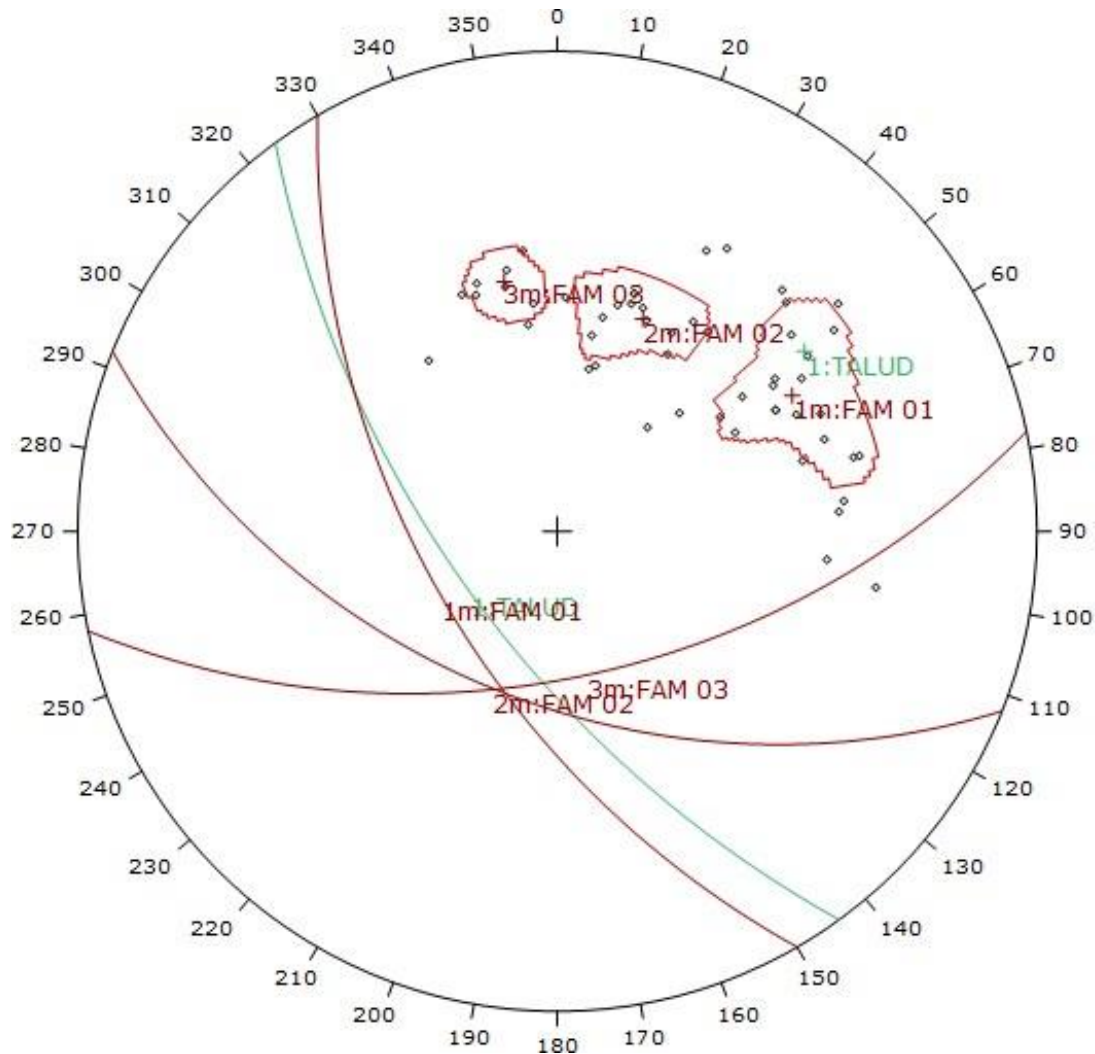
Tabla 5: Datos tomado in situ, del área de estudio E-04 (31+700 km – 32+00)

ID	Dip	Dip Direction
1	45	190
2	55	213
3	67	208
4	55	217
5	39	193
6	56	158
7	68	280
8	57	236
9	39	226
10	55	161
11	62	246
12	56	254
13	51	174
14	55	241
15	55	241
16	49	192
17	58	244
18	51	210
19	47	172
20	52	195
21	55	198
22	61	266
23	55	168
24	58	169
25	65	235
26	55	198
27	68	225
28	69	223
29	65	230
30	61	173

ID	Dip	Dip Direction
23	55	168
24	58	169
25	65	235
26	55	198
27	68	225
28	69	223
29	65	230
30	61	173
31	53	201
32	71	234
33	69	211
34	52	182
35	65	256
36	57	162
37	48	143
38	62	238
39	66	256
40	58	235
41	51	203
42	32	221
43	62	264
44	61	251
45	38	191
46	46	241
47	53	198
48	45	235
49	47	212
50	51	234
51	59	276
52	74	231

Fuente: Software Dips - elaboración propia

Ilustración 6: Trazado de polos de discontinuidades y trazado planos principales- Estación 04.



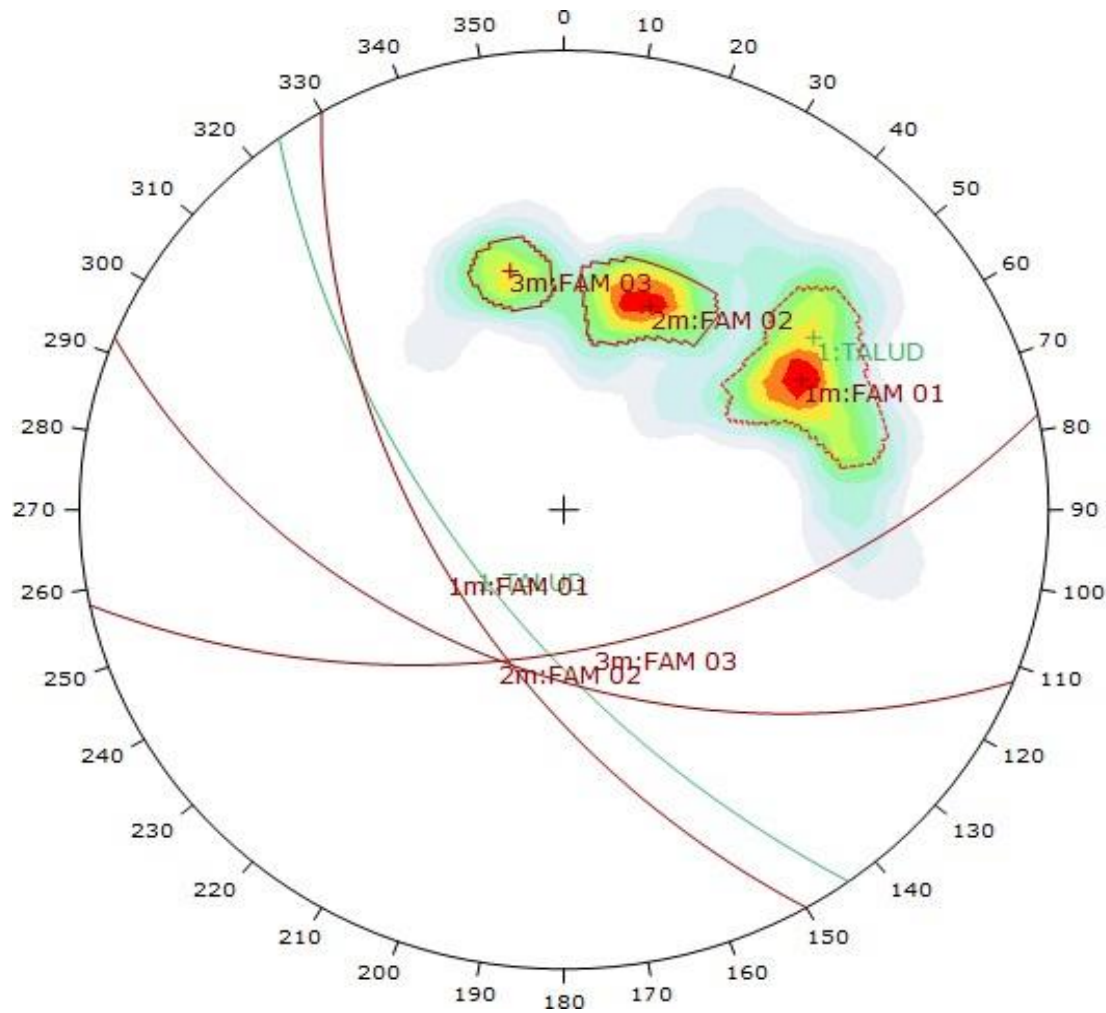
Symbol	Feature			
o	Pole Vectors			
Color	Trend	Plunge	Label	
User Planes				
1		54	25	TALUD
Mean Set Planes				
1m		60	31	FAM 01
2m		22	39	FAM 02
3m		348	34	FAM 03
Plot Mode	Pole Vectors			
Vector Count	52 (52 Entries)			
Hemisphere	Lower			
Projection	Equal Angle			

El trazado de polos(puntos) que se visualiza en la estereografía, el trazado de planos principales, indican que la estación E-04 existe fallamiento por cuña; por ende, deslizamiento de macizo rocoso.

Fuente: Software Dips - elaboración propia.



Ilustración 7: Trazado de contornos y planos principales - Estación 04.

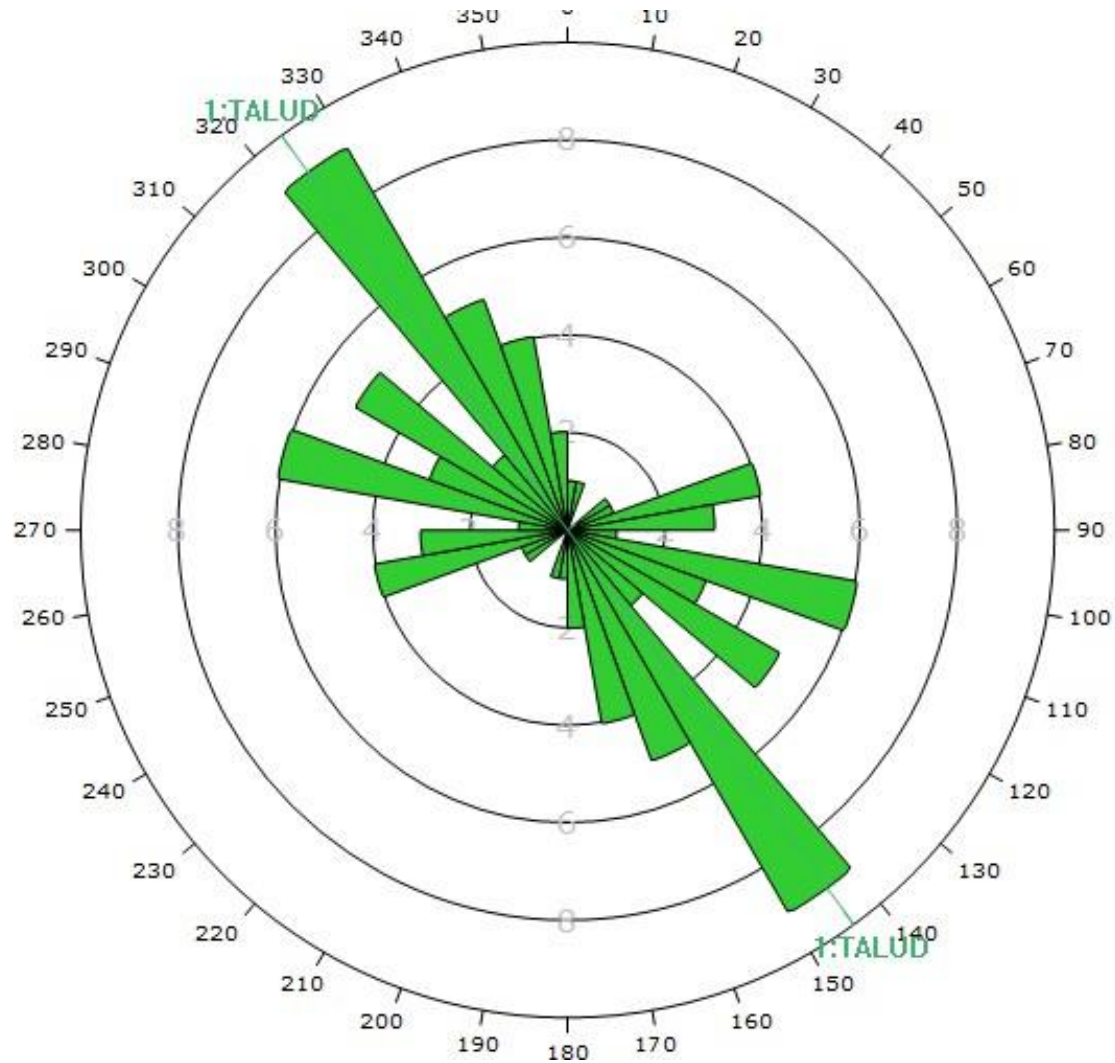


Color	Density Concentrations		
	0.00 - 1.50		
	1.50 - 3.00		
	3.00 - 4.50		
	4.50 - 6.00		
	6.00 - 7.50		
	7.50 - 9.00		
	9.00 - 10.50		
	10.50 - 12.00		
	12.00 - 13.50		
	13.50 - 15.00		
<b>Maximum Density</b> 14.15%			
<b>Contour Data</b> Pole Vectors			
<b>Contour Distribution</b> Fisher			
<b>Counting Circle Size</b> 1.0%			
Color	Trend	Plunge	Label
<b>User Planes</b>			
1	51	25	TALLUD
<b>Mean Set Planes</b>			
1m	60	31	FAM 01
2m	22	39	FAM 02
3m	318	31	FAM 03
<b>Plot Mode</b>		Pole Vectors	
<b>Vector Count</b>		52 (52 Entries)	
<b>Hemisphere</b>		Lower	
<b>Projection</b>		Equal Angle	

Se visualiza el trazado general de la estación de estudio.

Fuente: Software Dips - elaboración propia

Ilustración 8: Trazado de rosetas- planos principales- Estación 04



<b>Plot Mode</b>	Rosette
<b>Plot Data</b>	Apparent Strike
<b>Face Normal Trend</b>	0.0
<b>Face Normal Plunge</b>	90.0
<b>Bin Size</b>	10°
<b>Outer Circle</b>	10 planes per arc
<b>Planes Plotted</b>	48
<b>Minimum Angle To Plot</b>	15.0°
<b>Maximum Angle To Plot</b>	90.0°

En base a la división del talud, la intensidad de las familias disminuye; siendo, una en estado moderado y dos de ellos en estado denso.

Fuente: Software Dips - elaboración propia

Mediante los datos obtenidos IN SITU se han ingresado al software Dips, siendo en el área donde ha existido deslizamiento de macizo rocoso; obtenido 4 áreas de estudio geomecánico, realizando el análisis, encontrando:

*Tabla 6: Análisis de familias de discontinuidades por estaciones de estudio*

TRAMOS DE ESTUDIO			FAMILIA DE DISCONTINUIDADES				PENDIENTE DEL TALUD	DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO	TIPO DE ROTURA
N° ESTACIÓN	TRAMO INICIAL	TRAMO FINAL	FAM 01	FAM 02	FAM 03	FAM 04			
E-01	30+000 km	30+250 km	18/30	65/32	-	-	46	18	<i>Sin fallamiento</i>
E-02	30+250 km	30+500 Km	346/24	36/32	-	-	18	43	<i>Sin fallamiento</i>
E-03	30+500 Km	30+700 Km	57/13	100/19	316/57	-	66	36	<i>Falla por cuña</i>
E-04	30+700 Km	31+000 km	60/31	22/39	348/34	-	54	25	<i>Falla por cuña</i>

*Fuente: elaboración propia.*

En la tabla se determinó que, para las estaciones de estudio, se especifica que en la E-01 y E-02 no existe fallamiento, siendo que no en ese tramo no hay presencia de inestabilidad del talud; mientras que para las E-03 y E-04 existe falla por cuña, originando lo que es problemática para esta investigación que es el deslizamiento de macizo rocoso.

## 4.2. Caracterización del macizo rocoso mediante las clasificaciones RMR y RQD y GSI.

Se consideró in situ, de acuerdo a la clasificación geomecánica RMR (ROCK QUALITY DESIGNATION); de esta manera, se clasifican las muestras de roca de acuerdo al grado de fracturamiento, el RMR y GSI, caracterizando mediante estos la resistencia a la compresión y caracterizando el macizo rocoso de acuerdo al RQD. Conllevando a un análisis por cada área de estación geomecánica, obteniendo:

**Tabla 7: CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR**

PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN								
1	Resistencia de la Matriz Rocosa	Ensayo de Carga Puntual	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión Simple (MPa)	
		Compresión Simple (MPa)	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1
Puntuación			15	12	7	4	2	1 0
2	RQD		100-90%	90-75%	75-50%	50-25%	<25%	
Puntuación			20	17	13	6	3	
3	Separación entre diaclasas		> 2m	2-0.6m.	0.6-0.2m.	0.2-0.06m.	< 0.06m.	
Puntuación			20	15	10	8	5	
4	Estado de las discontinuidades	Persistencia	<1m	1-3m	3-10m	10-20m	>20m	
		Puntuación	6	4	2	1	0	
		Abertura	Cerrada	<0.1mm	0.1-1mm	1-5mm	>5mm	
		Puntuación	6	5	3	1	0	
		Rugosidad	Muy Rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave	
		Puntuación	6	5	3	1	0	
		Relleno	Ninguno	Relleno duro <5mm	Relleno duro >5mm	Relleno suave <5mm	Relleno suave >5mm	
		Puntuación	6	4	2	2	0	
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta	
		Puntuación	6	5	3	1	0	
5	Agua Freática	Caudal por 10m de túnel	Nulo	<10litros/min	10-25 litros/min	25-125 litros/min	>125 litros/min	
		Relación Presión de agua/Tensión principal mayor	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5	
		Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo	
Puntuación			15	10	7	4	0	
ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL TÚNEL								
Dirección Perpendicular al eje del túnel				Dirección Paralela al eje del túnel		Cualquier Dirección Buzamiento 0° - 20°		
Excavación a favor del Buzamiento		Excavación en contra del buzamiento						
Buz. 45°-90°	Buz. 20°-45°	Buz. 45°-90°	Buz. 20°-45°	Buz. 45°-90°	Buz. 20°-45°			
Muy Favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy desfavorable	Media	Desfavorable		
CORRECCIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES								
Dirección y Buzamiento		Muy Favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy Desfavorable		
Puntuación	Túnel	0	-2	-5	-10	-12		
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25		
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60		
CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO SEGÚN EL RMR								
RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	<20			
Clase	I	II	III	IV	V			
Calidad	Muy Buena	Buena	Media	Mala	Muy Mala			
Cohesión	> 4 Kp/cm <sup>2</sup>	3 - 4 Kp/cm <sup>2</sup>	2 - 3 Kp/cm <sup>2</sup>	1 - 2 Kp/cm <sup>2</sup>	< 1 Kp/cm <sup>2</sup>			
Ángulo de rozamiento	> 45°	35° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	< 15°			
Tiempo de Autosoporte y longitud sin sostener	10 años 15m.	6 meses 8m.	1 semana 5m.	10 horas 2.5m.	30 minutos 1m.			

Fuente: Bieniawski, 1989

#### 4.2.1 Resistencia a la compresión uniaxial

Con ayuda del esclerómetro o martillo Smidh, se obtuvo 2 tipos de roca, de acuerdo a la resistencia a la compresión uniaxial, siendo:

Tabla 8: Data resistencia a la compresión uniaxial.

N° Estación	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	DATOS INSITU	VALOR
E-01	25-50	32	4
E-02	25-50	30	4
E-03	5-25	6	2
E-04	5-25	6	2

Fuente: elaboración propia

De las estaciones 4 estaciones de estudio, se visualizó IN SITU con toma de datos; siendo para las estaciones mediante el uso del martillo Smidh a 90° sobre roca intacta, por lo cual se encontró macizo rocoso moderadamente resistente y débil. Según Brown (1988) describe de acuerdo a la valorización por cada estación como; para la E-01 y E-02, de acuerdo a la valorización de 4 moderadamente resistente; mientras que para la E-03 y E-04 valor de 2, siendo roca débil.

#### 4.2.2 Rock Quality Designation (RQD):

Para el cálculo del RQD se planteó:

$$RQD = 115 - (3.3) J_v$$

- Dónde  $J_v$  (eje): número de juntas identificadas en el macizo rocoso por m<sup>3</sup>.

Esto se llevó a cabo utilizando el criterio de Palmstrom (1995), donde se toma en cuenta la cantidad de fisuras por muestra lineal por cada área de estudio.

Tabla 9: RQD

N° Estación	JV	RQD (FORMULA)	CALIDAD	INDICE DE CALIDAD	VALOR
E-01	12	75.4	50-75	Resistente	13
E-02	13	72.1	50-75	Resistente	13
E-03	20	49	25-50	Frágil	6
E-04	27.5	24	<25	Muy frágil	3

Fuente: elaboración propia.

Se identificó el índice de calidad del macizo rocoso por las diferentes estaciones de estudio; considerando las juntas identificadas por m<sup>3</sup> in situ, donde se visualizó de acuerdo a la guía de clasificación geomecánica que para la E-01 y E-02 la calidad del macizo rocoso es resistente (rango de 50-75) y para la E-03 el índice de calidad del macizo rocoso frágil (rango 25-50) y finalmente para la E-04 índice de calidad del macizo es muy frágil (<25).

#### 4.2.3 Espaciamiento de estructuras

La separación entre diaclasas o espaciamiento de juntas presentes las estaciones de estudio son:

Tabla 10: espaciamiento de las estructuras presentes en las estaciones de estudio

N° Estación	DESCRIPCIÓN	ESPACIADO DE JUNTAS	DATOS INSITU	VALOR
E-01	<b>Moderadamente juntas</b>	0.2-0.6 m	<b>0.5</b>	<b>8</b>
E-02	<b>Moderadamente juntas</b>	0.2-0.06 m	<b>0.4</b>	<b>8</b>
E-03	<b>Juntas</b>	<0.06 m	<b>0.14</b>	<b>5</b>
E-04	<b>Juntas</b>	<0.06 m	<b>0.05</b>	<b>5</b>

Fuente: elaboración propia.

En la tabla se pudo identificar, que, en cada estación de estudio, mediante la aplicación de una wincha perpendicular a las discontinuidades donde para la E-01 y E-02 rango de 0.2-0.6m que equivale a 200-600mm (moderadamente juntas) y E-03, E-04 rango <0.06m donde equivale (juntas).

#### 4.2.4 Persistencia

Para este parámetro, se debe considerar que, si el valor es menor, la persistencia del macizo rocoso es estable; y si el valor es mayor no es estable.

*Tabla 11: Datos INSITU- Persistencia*

N° Estación	DESCRIPCIÓN	PERSISTENCIA (m)	DATOS INSITU	VALOR
E-01	Media	3-10 m	7m	2
E-02	Media	3-10 m	5 m	2
E-03	Alta	10-20 m	14 m	1
E-04	Alta	10-20 m	18 m	1

*Fuente: elaboración propia.*

De las estaciones de estudio, se determinó que para las E-01 los datos obtenidos IN SITU, tiene persistencia media, ya que se encuentra dentro del rango de 3-10m (valor 2), también para la E-02 la persistencia media está en el rango de 3-10m; mientras que para la E-03, persistencia alta se encuentra en un rango de 10-20 m (valor 1) y para la E-04, persistencia alta, ya que, 10-20 m siendo (valor 1) respectivamente.

#### 4.2.5 Abertura

En los tramos de estudio, se consideró que:

*Tabla 12: Abertura de discontinuidades*

N° Estación	DESCRIPCIÓN	ABERTURA	DATOS INSITU	VALOR
-------------	-------------	----------	--------------	-------

E-01	<b>Cerrada</b>	<b>0.1-1 mm</b>	<b>0.9</b>	<b>3</b>
E-02	<b>Cerrada</b>	<b>0.1-1 mm</b>	<b>0.7</b>	<b>3</b>
E-03	<b>Moderadamente abierta</b>	<b>1-5 mm</b>	<b>4</b>	<b>1</b>
E-04	<b>Moderadamente abierta</b>	<b>1-5 mm</b>	<b>4</b>	<b>1</b>

Fuente: elaboración propia.

Mediante el uso de wincha, se mostró estaciones de estudio donde una abertura moderadamente abierta (1-5mm), siendo las E-03 y E-04; mientras que, las E-01 y E-02 cerrada (0,1-1mm).

#### 4.2.6 Rugosidad

Este tipo de parámetro, se encontró presente en las discontinuidades, la cual fue medida con los valores asociados al coeficiente de rugosidad.

*Tabla 13: Datos de INSITU- Rugosidad*

<b>N° Estación</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR</b>
E-01	Ligeramente rugosa	<b>3</b>
E-02	Ligeramente rugosa	<b>3</b>
E-03	Muy rugosa	<b>6</b>
E-04	Muy rugosa	<b>6</b>

Fuente: elaboración propia.

De las estaciones de estudio, siendo 4, se mostró que las dos primeras estaciones de estudio siendo E-01 y E-02 son ligeramente rugosos y las continuas E-03 y E-04 son muy rugosos. De tal manera, se evidenció si el macizo rocoso en dichas estaciones de estudio es competente o no.



#### 4.2.7 Relleno

Se detalla en la tabla siguiente, dicho parámetro de estudio, siendo el contenido que se encuentra entre discontinuidades, determinando de esta forma, el comportamiento de cada discontinuidad.

Tabla 14: Relleno de las discontinuidades.

N° Estación	DESCRIPCIÓN	DATOS INSITU	VALOR
E-01	Relleno duro > 5mm	7	2
E-02	Relleno duro > 5mm	7	2
E-03	Relleno suave <5 mm	4	1
E-04	Relleno suave <5 mm	4	1

Fuente: elaboración propia.

Para obtener la data, se realizó el uso de una regla (mm), de las cuatro estaciones de estudio, considerándose que en las estaciones de estudio E-01, E-02, se visualizó relleno suave duro y para las estaciones de estudio E-03 y E-04 se visualizó relleno blando (> 5 mm).

#### 4.2.8 Descomposición

En este parámetro de estudio, se consideró la observación directa, obteniendo las características existentes en el macizo.

Siendo:

Tabla 15: Descomposición del macizo

N° Estación	DESCRIPCIÓN	DATOS INSITU	VALOR
E-01	Ligeramente descompuesta	4	5
E-02	Ligeramente descompuesta	4	5
E-03	Moderadamente descompuesta	3	3

E-04	<b>Moderadamente descompuesta</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
------	-----------------------------------	----------	----------

Fuente: elaboración propia.

Mediante la aplicación de los instrumentos de estudio, se identificó que, para las estaciones de estudio, presentó para la E-01 y E-02 roca de ligera descomposición y para las E-03 y E-04 moderadamente descompuesta; visualizando signos de meteorización.

#### **4.2.9 Filtraciones**

Con la ayuda de las guías de observación de campo, se visualizó también:

Tabla 16: filtraciones en las discontinuidades

<b>N° Estación</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR</b>
E-01	<b>Seco</b>	<b>15</b>
E-02	<b>Seco</b>	<b>15</b>
E-03	<b>Ligeramente húmedo</b>	<b>10</b>
E-04	<b>Ligeramente húmedo</b>	<b>10</b>

Fuente: elaboración propia.

Considerando las condiciones de humedad en el área de estudio, se observó que existe en las primeras estaciones de estudio no hay existencia de humedad ni agua; mientras que en las E-03 y E-04 se visualizó en el macizo rocoso ligera humedad.

#### 4.2.10. Índice RMR en relación calidad del macizo rocoso

Tabla 17: Índice RMR en relación calidad del macizo rocoso

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA- RMR												
TRAMO INICIAL	TRAMO FINAL	ESTACIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAxIAL	RQD	ESPACIAMIENTO	PERSISTENCIA	ABERTURA	RUGOSIDAD	RELLENO	DESCOMPOSICIÓN	FILTRACIÓN	TOTAL
30+000 Km	30+250 km	E-01	4	13	8	2	3	3	2	5	15	55
30+250 Km	30+500 Km	E-02	4	13	8	2	3	3	2	5	15	55
30+500 Km	30+700 Km	E-03	2	6	5	1	1	6	1	3	10	35
30+700 Km	31+00 km	E-04	2	3	5	1	1	6	1	3	10	32

Fuente: elaboración propia.

En la tabla se encuentran los valores totales obtenidos por cada parámetro estudiado, donde se consideró la Guía clasificación del macizo rocoso (RMR), obteniendo los valores totales E-01 índice de calidad del macizo rocoso de 55 (siendo el índice de calidad de roca regular), E-02 índice de 55 siendo el (índice de calidad de roca regular), E-03 índice de 35 (siendo el índice de calidad de roca pobre) y para la E-04 índice de 32 (de acuerdo al índice de calidad, es roca pobre).

**Tabla 18: Índice de calidad del Macizo**

TRAMO INICIAL	TRAMO FINAL	ESTACIÓN	I	II	III	IV	V
			81-100	61-80	41-61	40-21	<21
			MUY BUENA ROCA	BUENA ROCA	ROCA REGULAR	ROCA POBRE	ROCA MUY POBRE
30+000 Km	30+250 km	E-01					
30+250 Km	30+500 Km	E-02					
30+500 Km	30+700 Km	E-03					
30+700 Km	31+00 km	E-04					

Fuente: elaboración propia.

De tal forma, se determinó que mediante la aplicación de la guía de clasificación geomecánica, en cada estación de estudio, se identificó que las estaciones E-03 y E-04 son roca tipo IV, siendo roca pobre; por ende, requiere de un método de soporte. Se identificó de la sumatoria total que para la estación E-01 roca tipo III en un rango de 41-61 (roca regular) para dicha clasificación.

#### 4.3. Análisis del comportamiento del tipo de roca mediante ensayos de mecánica de roca.

Se realizó este objetivo con las muestras obtenidas en campo, en el laboratorio “GSE LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN”.

Determinando que existe una clasificación de macizo rocoso en las estaciones de estudio.

Tabla 19: Tipo de macizo rocoso por tramo de estudio.

TRAMO INICIAL	TRAMO FINAL	ESTACIÓN	CLASE DE ROCA
30+000 Km	30+250 km	E-01	Caliza
30+250 Km	30+500 Km	E-02	Lutita verde
30+500 Km	30+700 Km	E-03	Limolita
30+700 Km	31+00 km	E-04	arenisca feldespática

Fuente: elaboración propia.

##### 4.3.1. Ensayos de compresión uniaxial

De las muestras traídas a laboratorio, como se muestra en el anexo correspondiente, como primer procedimiento fue realizar la perforación diamantina, obteniendo testigos. Se siguió la norma American Society for Testing and Materials (ASTM).

- Razón Largo/ ancho de la probeta 2 – 3
- Extremos sin grietas.
- Ancho muestra >10 veces el tamaño

Este ensayo se aplica de forma gradual a un cilindro de roca, hasta que se produzca la rotura de la muestra.

Obteniendo mediante un informe por cada muestra de estudio que se envió a analizar, lo siguiente:

Se obtuvo la tabla siguiente, de los resultados de laboratorio realizadas a las muestras obtenidas en campo:

Tabla 20: Resultados obtenidos en laboratorio por cada estación de estudio.

ITEM	ELEMENTO	DIÁMETRO	ALTURA	PESO	TIPO DE ROTURA	CARGA	CARGA	ÁREA	VOLUMEN	DENSIDAD	RESISTENCIA
	ESTRUCTURA	(mm)	(mm)	(kg)		KN	Kg	mm <sup>2</sup>	mm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	Mpa
1	M-01	54	120	748	3	73.83	7528	2290	274827	2.722	32.25
1	M-02	54	120	710	3	69.62	7099	2290	274827	2.583	30.41
1	M-03	54	120	628	3	14.18	1446	2290	274827	2.285	6.19
1	M-04	54	120	628	3	14.18	1446	2290	274827	2.285	6.19

Fuente: Laboratorio GSE

Se detalló lo obtenido en laboratorio, considerando la resistencia que es un parámetro que define la resistencia a la compresión del material, siendo para la muestra M-01 con resistencia de 32.25 MP, muestra M-02 tiene 30.41MPa., siguiendo de las muestras M-03 y M-04 siendo 6.19 MPa de resistencia a la compresión respectivamente.

#### 4.3.2. Ensayo con martillo de rebote (Esclerómetro)

Este ensayo fue desarrollado por Ernst Schmidt, el esclerómetro cuenta con un resorte que registra la cantidad de energía que impulsa la masa de estudio. Para ello, se consideró las densidades obtenidas de las muestras, también el peso específico; según la normativa ASTM C805, en la que se toma en cuenta la orientación del martillo con respecto al plano de ensayo y la densidad.

Para realizar el ensayo de comprensión simple primero se determina las densidades de las muestras de roca que equivale al peso específico; para luego encontrar la Resistencia a la Compresión Uniaxial de la roca.

4.3.2.1. Primero se determinó la densidad, donde se estableció relación entre volumen- peso, siendo lo siguiente:

$$\rho = \frac{W_s}{V_{\text{sólido}}} \left[ \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right]$$

Donde:

- $\rho$ : peso específico
- $W_s$ : Peso de la muestra
- $V_{\text{sólido}}$ : Volumen de la muestra

Se determinó el peso específico, se calcula el volumen de lamuestra en una probeta. Obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 21: Principio de Arquímedes

N° ESTACIÓN	TIPO DE ROCA	MASA (g)	VOLUMEN	PESO ESPECÍFICO	PROMEDIO PESO ESPECÍFICO G/CM3	PROMEDIO PESO ESPECÍFICO KN/M3
E-01	Caliza	102	41	2.48	2.42	24.2
		85	36	2.36		
E-02	Lutita verde	54	22	2.45	2.38	23.80
		44	19	2.31		
E-03	Limolita	30.1	12	2.50	2.53	25.3
		13.98	5	2.33		
E-04	arenisca feldespática	31.72	14	2.26	2.25	22.5
		18	8	2.25		

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la aplicación de la fórmula (Principio de Arquímedes), calculando el volumen de la muestra, donde se considera el promedio del peso específico en KN/M3, para las diferentes estaciones de estudio.

- 4.3.2.2.** Se encontró mediante el uso del Martillo Smith o esclerómetro, considerando 10 datos y promediando según la Norma ASTM D5873 que consisten en determinar la resistencia del macizo rocoso por el uso del martillo de rebote.

Tabla 22: Valores con Martillo Schmidt

N° ESTACIÓN	TIPO DE ROCA	VALORES OBTENIDOS CON EL MARTILLO	PROMEDIO
E-01	Caliza	59	59.419
		57.43	
		60.34	
		59.12	
		59	
		61.2	
		62.1	
		50	
		65	
		61	
E-02	Lutita verde	69.4	58.171
		49.3	
		54	
		68.9	
		52.11	
		61	
		49	
		59	
		56	
		63	
E-03	Limolita	30.98	38.075
		29.87	
		44	
		37.45	
		35	

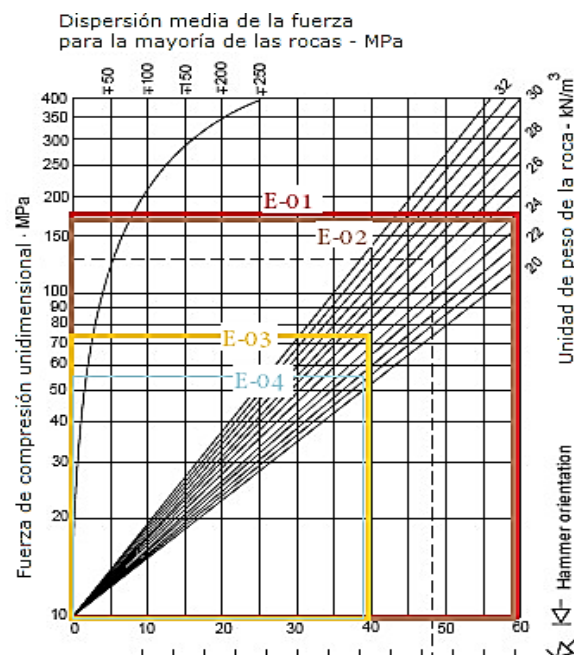


		47	
		38	
		43	
		36.45	
		39	
E-04	arenisca feldespática	33	38.262
		42	
		37	
		40	
		36	
		44	
		32.5	
		38.12	
		41	
		39	

Fuente: elaboración propia.

Los valores obtenidos de acuerdo al principio de Arquimedes (Peso específico) y a los valores obtenidos con la aplicación del Martillo Schmith; se aplicó el esquema Miller, para así determinar la resistencia a la compresión uniaxial (MPa), se determinó:

Ilustración 9: Resistencia Uniaxial con *método de Miller y Derre*



Fuente: Miller 1965

Siendo de tal forma, que, de acuerdo a la gráfica anterior, donde se interceptan los pesos específicos- y los datos del esclerómetro se obtuvo:

Tabla 23: Resultados obtenidos del gráfico del esquema de Miller

<b>N° ESTACIÓN</b>	<b>TIPO DE ROCA</b>	<b>RESIS. COMPRESIÓN UNIAXIAL (Mpa)</b>
<b>E-01</b>	Caliza	<b>186 Mpa</b>
<b>E-02</b>	Lutita	<b>177 Mpa</b>
<b>E-03</b>	Limolita	<b>76 Mpa</b>
<b>E-04</b>	arenisca feldespática	<b>56 Mpa</b>

Fuente: elaboración propia.

De tal manera, mediante los resultados obtenidos ante la ampliación de la gráfica de Miller y Derre, se determinó que para la E-01, resistencia a la compresión de 186 Mpa, para la E-02 una resistencia a la compresión uniaxial de 177 Mpa, para la E-03 una resistencia a la compresión de 76 Mpa y para la E-04 una resistencia a la compresión de 62 Mpa.

Tabla 24: Valorización del macizo rocoso de acuerdo a Miller y Derre

<b>CLASE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RESISTENCIA COMPRESIÓN SIMPLE</b>	
		<b>MPa</b>	<b>Kg/cm<sup>3</sup></b>
A	Resistencia muy alta	> 225	> 2250
B	Resistencia alta	112-225	1120-2250
C	Resistencia media	56-112	560-1120
D	Resistencia baja	28-56	280-560
E	Resistencia muy baja	< 28	< 280

De tal forma, para los resultados obtenidos en la Tabla 23 y en relación a la tabla 24, se consideró que para la E-01 siendo resistencia alta (186 MPa), para la E-02 resistencia alta (177 MPa), E-03 resistencia media y para la E-04 resistencia baja.

### 4.3.3. Criterio de Hoek/Brown y Mohr-Coulomb

Se utilizó para este criterio de rotura, el software RocDATA (paquete de Rocscience), para cada estación de estudio, donde se obtuvo:

Tabla 25: Clasificación Hoek- Mohr Coulomb (ROCDATA).

TRAMO INICIAL	TRAMO FINAL	ESTACIÓN	HOEK CROWN CLASIFICACION				MOHR COULOMB FIT		
			Sigsci	GSI	mi	D	Cohesión	Ángulo de fricción	Módulo de deformación
30+000 Km	30+250 km	E-01	186	51	10	1	0.455	53.66	-0.175
30+250 Km	30+500 Km	E-02	177	40	8	1	0.202	46.63	-0.073
30+500 Km	30+700 Km	E-03	76	34	8	1	0.091	35.70	-0.018
30+700 Km	31+00 km	E-04	56	32	8	1	0.057	34.98	-0.011

Fuente: elaboración propia

Para poder encontrar el ángulo de reposo, se necesitó encontrar el ángulo de fricción y cohesión, datos de GSI (Índice de resistencia Geológica), peso específico y los resultados que se realizó a las muestras de estudio; para ello, se consideró los criterios de MOHR COULOMB Y HOEK CROWN y se ingresó a la data al software RocData, en lo que se consideró solo:

Tabla 26: Datos para encontrar el ángulo de reposo.

TRAMO INICIAL	TRAMO FINAL	ESTACIÓN	MOHR COULOMB FIT	
			COHESIÓN (MPa)	ÁNGULO DE DEFORMACIÓN
30+000 Km	30+250 km	E-01	0.455	53.66

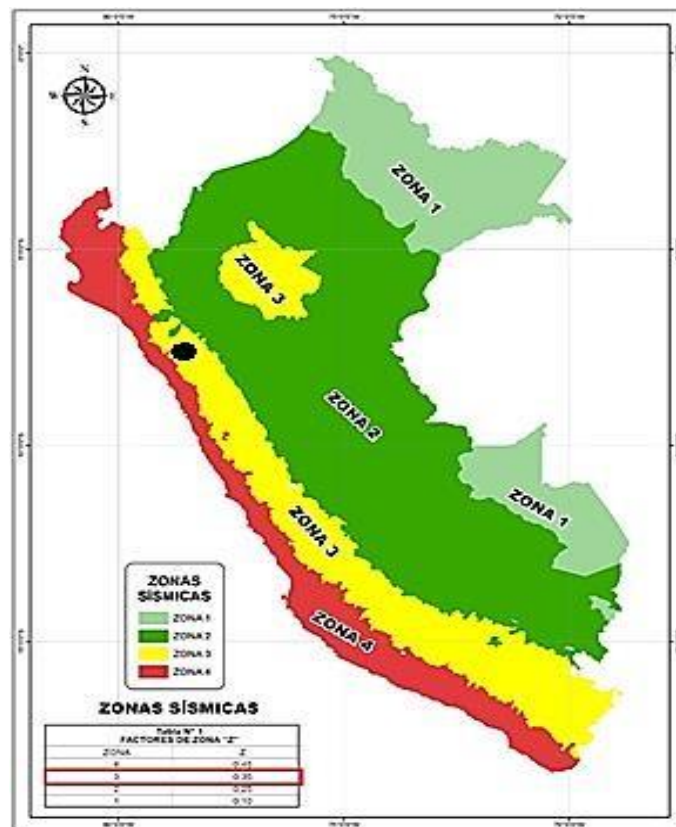
30+250 Km	30+500 Km	E-02	0.202	46.63
30+500 Km	30+700 Km	E-03	0.091	35.70
30+700 Km	31+00 km	E-04	0.057	34.98

Fuente: elaboración propia.

#### 4.3.4. Factores que se consideró

Se consideró también para la aplicación de un método de soporte, los parámetros de factor de sismicidad y el clima del área de estudio; donde posterior a ello, se procesó la información al software Swedge (paquete de Rocscience), con lo trabajado para el software Dips (primer objetivo-datos de brújula); para así, encontrar el factor de seguridad.

Ilustración 10: Zonas sísmic



Fuente: SENAMHI

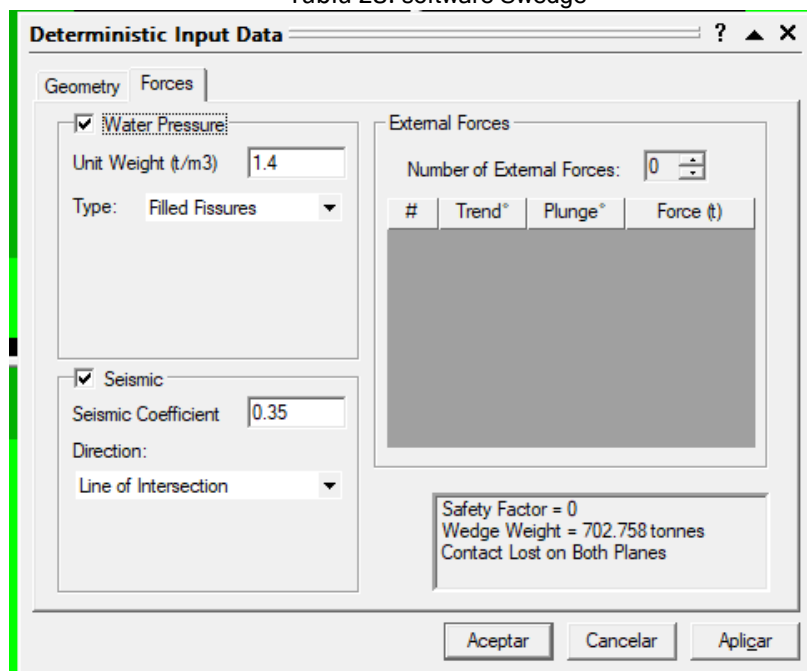
El área de estudio se identificó para el factor de sismicidad es de la ZONA 3, obteniendo el valor de 0.35; también se consideró los datos climáticos del lugar, considerando las lluvias.

Tabla 27: Promedio mensual de lluvias, San Juan de Licupis- Chota



Se agregó los datos obtenidos anteriormente al software, siendo:

Tabla 28: software Swedge



Fuente: software Swedge

Se procesó al software Swedge (paquete de Rocscience), de las áreas que, según nuestro estudio anterior, indicó que tipo de rotura contaban; por ende, se obtuvo lo siguiente:

Tabla 29: Estaciones de estudio- factor de seguridad Software Swedge

ESTACIÓN	Tipo de análisis	FACTOR DE SEGURIDAD	ALTURA (m)	CUÑA					
				ANCHO (m)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	PESO (toneladas)	ÁREA - JOIN1 (m <sup>2</sup> )	ÁREA JOIN 2(m <sup>2</sup> )	ÁREA DE CUÑA PENDIENTE
E-03	Determinístico	0	12	1.146 26 m	13.356 3 m <sup>3</sup>	33.7915	27.73 24 m <sup>2</sup>	13.39 74 m <sup>2</sup>	3.4994 m <sup>2</sup>
E-04	Determinístico	0.352	11	12.90 5 m	302.82 1 m <sup>3</sup>	787.334	107.3 04 m <sup>2</sup>	109.3 98 m <sup>2</sup>	86.2572 m <sup>2</sup>

Fuente: Swedge

Se visualizó que de acuerdo a las muestras estudiadas y a lo técnica de observación in situ, se procedió a ingresar solo al software Swedge las 2 áreas de estudio, obteniendo que para las estaciones de estudio E-03 factor de seguridad de 0 y para estación E-04 factor de seguridad de 0.352 respectivamente, confirmando la hipótesis que los tramos de estudio E-03 y E-04 existe deslizamiento de roca, de acuerdo a la data ingresada.

- Si el F.S. >1, el talud es estable

#### 4.3.5. Propuesta del método de soporte del talud KM30+00 La Muchala- San Juan de Licupis, Chota

Se estableció el parámetro de costos para considerar el método de soporte adecuado ante las estaciones de estudio y lo obtenido de forma general a través de los estudios geomecánicos, aplicando la guía de Clasificación Geomecánica RMR y lo análisis de laboratorio; así también los factores de seguridad en cada una de ellas.

Para ello primero se debe determinar el área que se requiere adiciona el soporte; siendo la estación de estudio E-03 y E-04 donde se evidenció desde la observación directa deslizamiento de macizo rocoso.

**Tabla 30: Estaciones de estudio que requieren sostenimiento**

N° ESTACIÓN	TRAMO INICIA L	COORDENADA S UTM PSAD56		TRAMO FINAL	COORDENADA S UTM PSAD56		DISTANCIA	ALTURA	ÁREA TOTAL
		ESTE	NORTE		ESTE	NORTE			
E-03	30+500 Km	696116.30	9284851.89	30+700 Km	696178.30	9284931.89	200 m	12 m	2400 m <sup>2</sup>
E-04	30+700 Km	696178.30	9284931.89	31+000 km	695938.30	9285086.89	300 m	11 m	3300 m <sup>2</sup>

Fuente: elaboración propia.

Se estableció un área total para la estación de estudio E-0 de 2400 m<sup>2</sup> con una altura de 12m, mientras que para la E-04 se encontró un área total de 3300 m<sup>2</sup> con una altura de 11 m. Determinándose a continuación los métodos de soporte correspondiente a cada área de estudio.

#### 4.3.5.1 Métodos de soporte para el área de estudio.

Mediante la aplicación de los instrumentos de recolección de datos, en relación a inestabilidad de taludes, se obtuvo que los métodos de soporte más adecuados son mallas metálicas y hormigón o concreto lanzado, detallándose cada método con sus especificaciones técnicas y costos correspondientes.

Tabla 31: Métodos de soporte recomendados

MÉTODO DE SOPORTE	CONDICIÓN	EFEECTO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Mallas metálicas	Rocas fracturadas	Estabilización y refuerzo superficial	Este tipo de sostenimiento, tiene como misión la contención del terreno de la superficie sometida a erosión, filtración, etc., generando mejora en el deslizamiento de macizo rocoso en el área de estudio. Dicha malla, se sujetará fijamente en el terraplén mediante correas de anclaje, lastrándose en el pie del terraplén con barras de acero, jaulas metálicas en forma cúbica relleno con material pétreo.
Hormigón lanzado (concreto)	Inestabilidad	Estabilización	Concreto para proyectar, $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ (21 MPa), no expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo, exposición a sulfatos insignificante, sin requerimiento de permeabilidad, no expuesto a cloruros, tamaño máximo del agregado 19 mm.

Fuente: elaboración propia.



Tabla 32: Costos de mallas metálicas por metro cuadrado.

Área de 2400 m2				
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
m <sup>2</sup>	<b>Materiales</b>			
	Malla Galvanizada 2.5x40x3.43	24	S/ 745.00	S/ 17,880.00
	Barra de Acero Corrugado 3/8"x9m	22	S/ 22.30	S/ 490.60
	Barras de Acero Ø 1/2" - 9 metros A615	22	S/ 40.00	S/ 880.00
	Subtotales materiales:		S/	19,250.60
	<b>Equipos</b>			
h	Camión con cesta elevadora de brazo articulado de 16 m de altura máxima de trabajo y 260 kg de carga máxima.	18	S/ 550.00	S/ 9,900.00
	Subtotal equipos:		S/	9,900.00
	<b>Mano de obra</b>			
	Ingeniero civil	1	S/ 2,500.00	8 horas S/ 2,500.00
	Ingeniero Seguridad y Salud	1	S/ 1,600.00	18 horas S/ 1,600.00
	Obrero	5	S/ 270.00	18 horas S/ 1,350.00
	Subtotal mano de obra:		S/	5,450.00
	<b>Herramientas</b>			
%	Herramientas	1.000	S/	S/
			5,000.00	5,000.00
	<b>Costos directos</b>		S/	
	(1+2+3+4):			39,600.60

Fuente: elaboración propia

Área de 3300 m2				
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
	<b>Materiales</b>			
m <sup>2</sup>	Malla Galvanizada 2.5x40x3.43	33	S/ 745.00	S/ 24,585.00
	Barra de Acero Corrugado 3/8"x9m	31	S/ 22.30	S/ 691.30
	Barras de Acero Ø 1/2" - 9 metros A615	31	S/ 40.00	S/ 1,240.00
	Subtotales materiales:		S/	26,516.30
	<b>Equipos</b>			
h	Camión con cesta elevadora de brazo articulado de 16 m de altura máxima de trabajo y 260 kg de carga máxima.	20	S/ 550.00	S/ 11,000.00
	Subtotal equipos:		S/	11,000.00
	<b>Mano de obra</b>			
	Ingeniero civil	1	S/ 2,500.00	8 horas S/ 2,500.00
	Ingeniero Seguridad y Salud	1	S/	18 horas S/
	Obrero	7	S/ 1,600.00	18 horas S/ 1,890.00
	Subtotal mano de obra:		S/	5,990.00
	<b>Herramientas</b>			
%	Herramientas	1.000	S/	S/
			5,000.00	5,000.00
	<b>Costos directos</b>		S/	
	(1+2+3+4):			48,506.30

Tabla 33: Costos para concreto lanzado (Shocrete)

Estación de estudio E-03 2				
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
1	<b>Materiales</b>			
m3	Concreto para proyectar, f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> (21 MPa), no expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo, exposición a sulfatos insignificante, sin requerimiento de permeabilidad, no expuesto a cloruros, tamaño máximo del agregado 19 mm.	200	S/ 391.78	S/ 78,356.00
<b>Subtotales materiales:</b>			<b>78356</b>	
2	<b>Equipos</b>			
h	Shotcretera de concreto	33	-	S/ 1,591.00
<b>Subtotal equipos:</b>			<b>S/</b>	<b>1,591.00</b>
3	<b>Mano de obra</b>			
h	Ingeniero civil	1	S/ 2,500.00	8 HORAS S/ 2,500.00
h	Ingeniero Seguridad y Salud	1	S/ 1,600.00	18h S/ 1,600.00
	Obrero	5	S/ 270.00	8h S/ 1,350.00
<b>Subtotal mano de obra:</b>				
4	<b>Herramientas</b>			
%	Herramientas	1	S/ 500.00	S/ 500.00
<b>Costos directos (1+2+3+4):</b>			<b>S/</b>	<b>80,447.00</b>

Estación de estudio E-04				
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
1	<b>Materiales</b>			
m3	Concreto para proyectar, f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> (21 MPa), no expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo, exposición a sulfatos insignificante, sin requerimiento de permeabilidad, no expuesto a cloruros, tamaño máximo del agregado 19 mm.	300	S/ 391.78	S/ 117,534.00
<b>Subtotales materiales:</b>			<b>117534</b>	
2	<b>Equipos</b>			
h	Shotcretera de concreto	40	-	S/ 1,928.57
<b>Subtotal equipos:</b>			<b>S/</b>	<b>1,928.57</b>
3	<b>Mano de obra</b>			
h	Ingeniero civil	1	S/ 2,500.00	8 HORAS S/ 2,500.00
h	Ingeniero Seguridad y Salud	1	S/ 1,600.00	18h S/ 1,600.00
	Obrero	5	S/ 270.00	8h S/ 1,350.00
<b>Subtotal mano de obra:</b>				
4	<b>Herramientas</b>			
%	Herramientas	1	S/ 500.00	S/ 500.00
<b>Costos directos (1+2+3+4):</b>			<b>S/</b>	<b>119,962.57</b>

Fuente: elaboración propia

De esta manera, se consideró que para las estaciones de estudio que requieren de soporte para el talud correspondiente, se tiene los costos totales de:

Tabla 34: Costos de método de soporte por estación de estudio correspondiente.

N° ESTACIÓN	TRAMO INICIAL	TRAMO FINAL	MÉTODO DE SOPORTE	
			MALLAS METÁLICAS	CONCRETO LANZADO (SHOCRETE)
E-03	30+500 Km	30+700 Km	S/. 39, 600.60	S/. 80, 447.00
E-04	30+700 Km	31+000 km	S/. 45, 506.30	S/. 119, 962.57

Fuente: elaboración propia

Así mismo, son los costos dados de acuerdo a cada estación de estudio, siendo para la estación E-03 que requiere sostenimiento, considerándose con mallas metálicas de S/. 39, 600.60 y con concreto lanzado para dicha estación de S/. 80, 447.00; mientras que para la E-04 se consideró el costo de S/. 45, 506.30 y con concreto lanzado S/. 119,962.57 correspondiente. Considerándose de esta manera que el método más adecuado en relación a costos sería mallas metálicas para las áreas.

## V. DISCUSIÓN

Para plantear el presente trabajo de investigación, se tuvo en cuenta los precedentes en el área de estudio, siendo los continuos deslizamientos de macizo rocoso en el KM30+00 de la carretera La Muchala- San Juan de Licupis, Chota; siendo a causa de las fuertes lluvias, el índice de calidad del macizo rocoso (roca pobre) y diversos factores geomecánicas y geotécnicos; originando que no exista paso vehicular y el pueblo se encuentre aledaño ante este suceso. Por eso se planteó como objetivo principal, elaborar el análisis geomecánico para determinar el método de soporte que permite controlar al talud en carretera La Muchala, San Juan Licupis KM 30+00.

Para ello, se realizó toma de datos en campo, obteniendo resultados que ayudó a confirmar la hipótesis planteada que, si se realiza un adecuado estudio geomecánico se podrá identificar el método adecuado de soporte al talud en el tramo KM 30+00, carretera La Muchala, San Juan de Licupis, Chota; puesto que, a través del análisis de la clasificación geomecánica nos permitió identificar qué tipo de roca existe a lo largo del área de estudio, existiendo tipo de roca (roca regular y roca pobre); por ende se confirma la investigación planteada por el autor Quispe (2021), donde indicó que para determinar un sistema de sostenimiento en carretera ante el deslizamiento de material rocoso, conlleva también a un estudio del factor de seguridad. Para finalmente confirmar la existencia de áreas vulnerables aplicando un análisis geológico-geotécnico basado en la clasificación de Bieniawski.

También, mediante la toma de datos IN SITU con una brújula, se obtuvo el buzamiento y dirección de buzamiento de las mismas, permitiendo de esta manera, encontrar mediante el software DIPS (paquete de Rocscience) el tipo de fallas y familias de discontinuidades por cada estación de estudio, siendo la E-03 y E-04 fallas por cuña, y las E-01 y E-02 estables (sin fallamiento). De tal manera, se confirma lo descrito en su investigación del autor Tarillo (2018), donde indicó que es de suma importancia identificar mediante la observación directa (in situ) a través de un GPS o brújula, para luego procesar la data en gabinete y determinar el tipo de falla existe en las áreas de estudio y también el

autor. Por lo tanto, se consideró lo expuesto por el autor Valeriano (2015), quien en su investigación propuso métodos para el tipo de sostenimiento en taludes, considerando el método estereográfico, numérico y de equilibrio límite.

Al mismo tiempo, se trabajó con las guías de observación de campo, siendo las guías de clasificación geomecánica (Clasificación de Bieniaswki), donde nos permitió obtener un valor total por cada estación de estudio, mediante la sumatoria para obtener la calidad de macizo rocoso existente de acuerdo a las estaciones de estudios; por ende, lo descrito por Sackschewski (2017), donde determina la importancia de las guías de clasificación donde permitió identificar las zonas más vulnerables y que originan deslizamiento de material rocoso. De tal forma, los autores Mamani y Pisco (2020) quienes confirman lo considerado para esta investigación, indicando que Clasificación de Bieniaswki es de suma importancia, favoreciendo en el desarrollo de la clasificación geomecánica, ayudando a encontrar las propiedades de roca y estar ligados a proyectos grandes de ingeniería. También considera que los softwares usados para su investigación, siendo del paquete de Rocscience (software Slide, Dips, Unwedge) para la caracterización de macizo rocoso influye de forma directa, ya que contribuye a determinar la estabilidad del talud, considerando el factor de seguridad y los métodos de sostenimiento ante la inestabilidad del talud.

También, se confirmó lo planteado por el autor Vásquez (2018), quien indicó en su investigación que, para realizar ensayos de laboratorio, es importante tener conocimientos de las normas American Society for Testing and Materials - ASTM, siendo ASTM D4543-85 (ensayos de compresión uniaxial), ASTM D5731-95 (ensayos de carga puntual en macizo rocoso) y ASTM D5873-05 (parámetros que se considera al utilizar el martillo Schmidt); de esta manera, se trabajó para con las muestras traídas IN SITU, siendo de las 4 estaciones de estudio.

De acuerdo al uso del software Swedge en las 2 estaciones de estudio, siendo E-03 y E-04, considerando los factores adicionales (factor sísmico, clima, etc) nos brindó dicho software que el factor de seguridad para la E-03 es de 0 y para la E-04 es de 0.352, de esta manera se determinó lo planteado en una de las

hipótesis de esta investigación, ya que se indicó que para dichas estaciones existe deslizamiento de roca, de acuerdo a la data ingresada. Por ende, se confirma lo descrito por los autores Carrasco y Urbina (2019) quienes indicaron que para la práctica en la ingeniería es de suma importancia considerar el factor de seguridad; ya que, de esta manera se permite considerar que tipo de resistencia o estabilidad existe en dicha área, también indican que se consideran diferentes condiciones siendo: tensiones efectivas, sismicidad, las condiciones geotécnicas y/o geomecánicas de los taludes.

También está lo planteado por Vargas (2011), quien indicó que, desde su punto de vista crítico, los métodos de sostenimiento por malla y shotcrete son usados con frecuencia en los diferentes rubros, puesto que, se consideran métodos de sostenimiento más factibles y de fácil aplicación en relación a tiempos; logrando de esta manera que el factor de seguridad mediante el método de sostenimiento con shotcrete sea menor. De esta manera se confirma lo descrito por los especialistas a quien se le aplicó la guía de entrevista; quienes optaron como métodos de sostenimientos para las estaciones de estudio que presentaron deslizamiento de material rocoso y según las guías de clasificación, siendo roca muy pobre; por ende, requiere sostenimiento. Así mismo, los autores Quispe y Portal (2021) confirman lo antes planteado, indicando que para determinar el método de sostenimiento para su investigación, se consideró la calidad de roca que presentó el macizo rocoso en las diferentes labores de estudio, determinando que se tuvo roca muy mala, mala y regular con RMR de 21-40, <40 y 30-50 respectivamente.

De tal forma, está lo planteado por Núñez (2021) quien determinó que por medio de la aplicación de shotcrete vía seca reduce los peligros y riesgos de cada área de estudio (donde existe deslizamiento de macizo rocoso), permitiendo de la forma brindar mejor optimización, para la ejecución de las obras subterráneas; aplicando de tal forma, con Split set, malla electrosoldada y anexado de hormigón; obteniendo de esta manera un factor considerable de seguridad y un menor riesgos en desprendimientos. Por ende, se confirmó de esta manera que la propuesta brindada en esta investigación en relación a métodos de soporte

está más que bien, ya que en relación a optimización tanto para costos y tiempo, es de gran ayuda.

De tal manera, el autor Rojas (2018) indicó que para su investigación consideró el comportamiento litomorfoestructural de la carretera, ya que se visualizó un alto grado de fracturamiento, originando fallas y por ende, inestabilidad del talud (deslizamiento de macizo rocoso); afirmando la importancia de la aplicación del paquete de ROCSCIENCE; aplicando como primer software el Dips v.6, para encontrar desprendimientos por rotura en cuña que origina los deslizamientos; también aplicó el Software RocData, permitió encontrar las características del macizo (GSI y resistencia compresión simple) y por último está el software Slide y software que mediante ello, encontró los factores de seguridad e identificando la zonificación de inestabilidad. Así mismo, para el desarrollo de esta investigación y considerando la problemática principal que es el deslizamiento de macizo rocoso, se consideró aplicar los software correspondientes al paquete de Rocscience; siendo el software Dips, que permitió determinar a qué tipo de familia de discontinuidades presentaba cada estación de estudio (las estaciones de estudio E-01 y E-02 sin fallamiento, mientras que las estaciones E-03 y E-04 fallas por cuña); posterior se aplicó el software RocDATA para determinar los criterios de rotura y por último se utilizó el software Swedge, que se consideró de factor de sismicidad y el clima de las áreas de estudio, nos brindó el factor de seguridad de las estaciones de estudio, siendo la E-03 y E-04.

Finalmente, desde el punto de vista crítico se consideró que los softwares del paquete de Rocscience, es muy amplio, sencillo para la aplicación y de suma importancia para el análisis en relación a inestabilidad de taludes, considerando los parámetros de estudio realizados IN SITU para el uso de las guías de clasificación geomecánica (RMR) y datos obtenidos de laboratorio. Dichos softwares son desarrollados para la aplicación en los diferentes rubros de ingeniería, ya sea civil, minero y geotécnico.

## VI. CONCLUSIONES

1. Como principal estudio, se realizó primero la descripción de la geología regional y local de las áreas de estudio; basándose en la información real obtenida por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico; siendo fuente muy confiable para este tipo de descripción; permitiendo conocer las eras geológicas, estratigrafía del área desde lo general a lo particular. Mediante la data obtenida in situ, con la toma de datos para el buzamiento; permitió identificar las diferentes fallas geológicas existentes en las estaciones de estudio; siendo fallas por cuña en las E-03 y E-04 (originan deslizamiento de macizo rocoso).
2. Al realizar el estudio geomecánico y así, poder determinar el método de soporte adecuado para el talud, se concluyó que a través de un buen análisis y el manejo adecuado de las guías de clasificación geomecánica se dedujo que, existente de acuerdo a las estaciones de estudio y observación directa mediante la aplicación de las guías de clasificación geomecánica, que para la E-01 y E-02 roca regular, tipo de Macizo rocoso III en un rango de 41-61 para dicha clasificación; mientras que para las E-03 y E-04 tipo de macizo rocoso tipo IV en un rango de 21-40
3. A través de los ensayos realizados en Laboratorio GSE, se pudo identificar el tipo de roca existente para cada estación de estudio; siendo rocas según su origen, rocas sedimentarias respectivamente, para la E-01 caliza, E-02 lutita verde, E-03 limolita y para la E-04 arenisca feldespática.
4. Se consideró también, el factor de sismicidad para poder encontrar el Factor de Seguridad del área de estudio; indicando que San Juan de Licupis se encuentra ubicado en la zona sísmica 3, obteniendo el valor de 0.35 y considerando también, el factor de las lluvias en la zona, puesto que llueve demasiado para esas zonas. Posteriormente, se encontró que para las E-03 y E-04 tienen factor de seguridad  $>1.25$ ; entonces requiere de sostenimiento planteándose métodos de sostenimiento más adecuados en relación a tiempos y costos, siendo mallas galvanizadas y shotcrete; detallándose desde que tipo de herramientas utilizar, mano de obra, ingenieros de seguridad, costo adicional, etc.



## VII. RECOMENDACIONES

1. Ante la problemática recurrente en el lugar, siendo La carretera San Juan de Licupis- Chota, los constantes deslizamientos de macizo rocoso, se recomienda directamente a la Municipalidad Distrital y Provincial, considerar los estudios de la presente investigación, desde un análisis geológico y geomecánica del área, conocer el tipo de roca existente en el lugar y así, poder aplicar las propuestas de métodos de sostenimiento planteadas hacia las estaciones de estudio.
2. A partir de nuestro estudio se evidencia el potencial de expandir el uso de equipo de laboratorio para uso de estudio geomecánica y, la implementación del uso de los equipos de laboratorio, tener los equipos correctamente calibrados y estar en óptimas condiciones; de esta manera, contribuye con el conocimiento de cada estudiante, en el desarrollo de este tipo de tesis las cuales son importantes porque con este método
3. Se recomienda a los alumnos interesados en tema de inestabilidad de taludes continuar con un buen análisis de las diferentes guías de estudio, como las tablas de clasificación geomecánica RMR, un correcto mapeo geomecánico, revisar el tipo de roca existente, considerando también el tipo de zona sísmica, el clima del lugar y factores ambientales.

## REFERENCIAS

1. ACOSTA, Irwin y BARÓN Hans. Análisis geomecánico para la estabilidad en las labores de desarrollo y producción de la mina Santa Clotilde 7-Chongoyape-Lambayeque. Tesis (Título de ingeniero de minas). Chiclayo: Universidad César Vallejo, Facultad de ingeniería, Escuela académico profesional de ingeniería de minas.2019.130pp.

Disponible en:

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/38854/Acosta\\_MIE-Bar%  
c3%b3n\\_CHE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/38854/Acosta_MIE-Bar%c3%b3n_CHE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

2. ADENIYI, Laibi [et al]. Geotechnical and geological investigation of slope stability of a section of road cut debris-slopes along NH-7, Uttarakhand. Results in Engineering [en línea].10[Fecha de consulta: 25 de octubre de 2022]

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590123021000281>  
[ISSN 2590-1230](#)

3. ALVA, Daniel y CONTRERAS Lenin. Diseño de estabilidad del talud mediante los softwares Slide y Plaxis en la carretera PE-10A sector Plazapampa en el año 2021. Tesis (Título de ingeniero de minas). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de ingeniería, Escuela académico profesional de ingeniería de minas.2021.153pp.

Disponible

en:

<https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/19705>

4. ARANA, Daniel y CONTRERAS Lenin. Diseño de estabilidad del talud mediante los softwares Slide y Plaxis en la carretera PE-10A sector Plazapampa en el año 2021. Tesis (Título de ingeniero de minas). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de ingeniería, Escuela académico profesional de ingeniería de minas.2019.148pp.

Disponible en:

[https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/4539/253T20190545\\_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/4539/253T20190545_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

5. ARROYO, José y RODRIGO, Willian. Estudio geomecánico para determinar el tipo de sostenimiento adecuado de los taludes en la carretera Trujillo-Otuzco km10+000 al km15+000. Tesis (Título de ingeniero de minas). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo Facultad de ingeniería, Escuela académico profesional de ingeniería de minas.2020.197pp.

Disponible en:  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/50649>

6. AYAY, Alex y CONDOR, Mark. Análisis geotécnico en la estabilidad de taludes de la carretera tramo Otuzco - Combayo distrito Encañada provincia de Cajamarca, 2020. Tesis (Título de ingeniero de minas). Cajamarca: Universidad Privada del Norte. Facultad de ingeniería, Escuela académico profesional de ingeniería de minas.2020.68pp.

Disponible en:  
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/28719>

7. BARBOZA, Humberto y ZAMBRANO, Williams. Análisis comparativo de la aplicación de los métodos Bishop simplificado y Morgenstern-Price para la determinación de la estabilidad de taludes. Tesis (Título de ingeniero de minas). Cajamarca: Universidad Privada del Norte. Facultad de ingeniería, Escuela académico profesional de ingeniería de minas.2021.66pp.

Disponible en:  
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/27636>

8. BARROS, P [et al]. Retaining Wall based on mechanically stabilized tire stack. Rev. ing. constr. [en línea]. 2019,34 (3): 252-267 [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2022]

Disponible en:  
[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50732019000300252&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732019000300252&lng=en&nrm=iso). ISSN 0718-5073.

9. BARTAKKS, Rupa [et al]. An Overview on Methods for Slope Stability. International Journal of Engineering Research & Technology. [en línea]. 2017,06 (3): 1-8[Fecha de consulta: 25 de octubre de 2022]

Disponible en:

<https://www.ijert.org/research/an-overview-on-methods-for-slope-stability-analysis-IJERTV6IS030496.pdf>

10. BRAVO, Matias [et al]. Analysis of the Influence of Geomechanical Parameters and Geometry on Slope Stability in Granitic Residual Soils. Residual Soils. Applied Sciences. [en línea]. 2022,12 (11) [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2022]

Disponible en:

<https://www.mdpi.com/2076-3417/12/11/5574>

11. CORREIA, Mariana. Slope Stability in Road Infrastructures. Residual Soils. Applied Sciences. [en línea]. 2017. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2022]

Disponible en:

<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/281870113703717/Slope%20Stability%20in%20Road%20Infrastructures.pdf>

12. FRUZZETTI, Viviene [et al]. Design Strategies to Mitigate Slope Instabilities in Structurally Complex Formations. Geociencias. [en línea]. 2020,10 (02): 1-82 [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2022]

Disponible en:

<https://www.mdpi.com/2076-3263/10/2/82#cite>

13. GARCÍA, Jhonathan. La estabilidad de taludes y la transitabilidad en la carretera longitudinal de la sierra, provincia de Chota - Cajamarca 2017. Tesis (Título de ingeniero de minas). Cajamarca: Universidad Cesar Vallejo. Facultad de ingeniería, Escuela académico profesional de ingeniería de minas.2017.126pp.

Disponible

en:

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/1443>

14. GURRUCHAGA, Daniela. Slope stability analysis by finite elements: a case study in la paz-boliva. Investigación & Desarrollo. [en línea]. 2020,20 (1): 99-111[Fecha de consulta: 22 de octubre de 2022]

Disponible en:

[https://www-scielo-org-bo.translate.google.com/scielo.php?pid=S2518-44312020000100008&script=sci\\_abstract&tlng=en&x\\_tr\\_sch=http&x\\_tr\\_sl=en&x\\_tr\\_tl=es&x\\_tr\\_hl=es&x\\_tr\\_pto=sc](https://www-scielo-org-bo.translate.google.com/scielo.php?pid=S2518-44312020000100008&script=sci_abstract&tlng=en&x_tr_sch=http&x_tr_sl=en&x_tr_tl=es&x_tr_hl=es&x_tr_pto=sc)

15. HARABINOVÁ, Slavka, KORMANÍKOVÁ, Eva. y HEGEDÜSOVÁ, Ivena. Análisis de Estabilidad de Taludes. Ingeniería Civil y Ambiental. [en línea]. 2021,17 (1): 192-199[Fecha de consulta: 22 de octubre de 2022]

Disponible en:

<https://sciendo.com/es/article/10.2478/cee-2021-0020>

16. Ismail, Abiodun [et al]. An Overview of Slope Failure in Mining Operations. Mining. [en línea]. 2022,2 (2): 350-384 [Fecha de consulta: 21 de octubre de 2022]

Disponible en:

<https://www.mdpi.com/2673-6489/2/2/19#cite>

17. LARSSON, Louise. Slope Stability Evaluation from a Risk Management Perspective. Tesis (Título de ingeniero de minas). Estocolmo.Facultad de ingeniería, Department of Civil and Architectural Engineering minas.2018.109pp.

Disponible en:

<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1232879/FULLTEXT01.pdf>

18. MONTE, Ignacio. Análisis de estabilidad de taludes de roca mediante el método de elementos finitos. Tesis (título de Ingeniero Civil de minas). Chile: Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería, Departamento Ingeniería Metalúrgica. 2020.108pp.

Disponible en:

<http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/461>

19. OJEDA, Kelly. Estabilización de taludes a través de pernos de anclaje en la rehabilitación y mejoramiento de la carretera Mollepata - Pallasca. Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes. Tesis (Título de ingeniero de minas). Huancayo: Universidad Peruana Los Andes. Facultad de ingeniería, Escuela académico profesional de ingeniería de minas.2019.230pp.

Disponible en:

<https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1516#:~:text=Se%20concluy%C3%B3%20que%20la%20estabilizaci%C3%B3n,manera%20cumple%20con%20los%20par%C3%A1metros>

20. ORTEGA, Darwin. Factor de seguridad y análisis de estabilidad del talud en roca, en la carretera Sarhua — Porta Cruz, progresivo km 35+000 — 2018. Tesis (Título de ingeniero de minas). Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica. Facultad de ingeniería, Escuela académico profesional de ingeniería de minas.2018.194pp.

Disponible en:

<https://repositorio.unh.edu.pe/items/57e794e3-b5e3-4ae4-8bfd-c2bed889b6e0>

21. PRADO, Adán. AGUILAR, Juan y CRUZ, Rinath. Análisis de estabilidad de talud de la carretera nic.7 en el km 176, municipio de Santo Tomas, del departamento de Chontales. Tesis (Título de Ingeniero Geólogo). Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. Facultad de ciencias e ingeniería, Departamento de Tecnología. 2020.102pp.

Disponible en:

<https://repositorio.unan.edu.ni/12506/1/ADAN%20ALBERTO%20PRADO%20GONZALEZ.pdf>

22. POZO, Cesar. Análisis de estabilidad de taludes de una extensión de 260 metros en la vía Papallacta Baeza, sector Cuyuja. Tesis (Título de ingeniero geólogo). Quito: Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería en Geología y Petróleos, Escuela Politécnica Nacional. 2021.149.

Disponible

en:

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21881/3/CD%2011374.pdf>

23. QUISPE, Darwin. Evaluación del factor de seguridad en taludes para la determinación del sistema de sostenimiento, carretera Huaypo Grande – Chinchero — Urubamba. Tesis (Título de ingeniero de minas). Cusco: Universidad Cesar Vallejo. Facultad de ingeniería, Escuela académico profesional de ingeniería de minas.2021.100pp.

Disponible en:

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/94751>

24. RAMOS, Freiser. Propuesta de un sistema de sostenimiento para la estabilidad del talud en el km 232 +390 al km 232+450 de la Interoceánica sur — Puno, 2020. Tesis (Título de ingeniero de minas). Puno: Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de ingeniería, Escuela académico profesional de ingeniería de minas.2020.101pp.

Disponible en:

<https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/16890>

25. RÍOS, Diego y VILLAGARAY Luiggi. Estudio comparativo de estabilidad de taludes entre el sistema de drenaje por perforación con anclajes y el sistema de gaviones con banquetas en la Carretera Central, Cerro Pucruchacra, San Mateo. Tesis (Título de ingeniero de minas). Huarochirí: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Facultad de ingeniería, Escuela académico profesional de ingeniería de minas.2021.119pp.

Disponible en:

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/657577?locale-attribute=es>

26. RODRIGO, Diego y VILLAGARAY Luiggi. Análisis de estabilidad de taludes en la carretera Lajas — Ajipampa. Tesis (Título de ingeniero de minas). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Facultad de ingeniería, Escuela académico profesional de ingeniería de minas.2017.62pp.

Disponible en:

<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1411>

27. ROJAS, Cluber. Comportamiento geotécnico de los taludes críticos de la carretera Lajas — el Tayal provincia de Chota. Tesis (Título de Ingeniero Geólogo). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Facultad de Ingeniería, Escuela académico profesional de ingeniería geológica. 2018.199pp.

Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2069>

28. SACKSCHEWSKI, Carlos. Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta –Huayllay entre las progresivas del km 102 al km 110. Tesis (Título de ingeniero de minas). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marco. Facultad de ingeniería, Escuela académico profesional de ingeniería de minas.2017.183pp.

Disponible en:

<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/5743>

29. SÁENZ, Alan . Análisis para estabilidad de taludes en roca utilizando mallas galvanizadas ancladas, Ciudad Nueva Fuera Bamba Apurímac. Tesis (Título de ingeniero de minas). Apurímac: Universidad Nacional del Centro del Peru. Facultad de ingeniería, Escuela académico profesional de ingeniería de minas.2017.157pp.

Disponible en:

<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/5743>

30. TARDEO, Cesar y ZANABRIA Ever. Análisis dinámico de estabilidad de taludes por elementos finitos en la zona de huayllapampa del distrito de cuenca Huancavelica. Tesis (Título de ingeniero de minas). Apurímac: Universidad Nacional de Huancavelica. Facultad de ingeniería, Escuela académico profesional de ingeniería de minas.2016.164pp.

Disponible en:

<https://repositorio.unh.edu.pe/items/1e37fee9-82ef-4842-a654-ab91bc8c6223>


31. VEGA, C y VÁSQUEZ, G. Análisis de inestabilidad del talud tramo NIC-7 (km 177-178) Santo Tomás, departamento de Chontales. Revista Científica de FAREM-Esteli [en línea]. 2020,34 (11): 192-199[Fecha de consulta: 22 de octubre de 2022]

<https://www.lamjol.info/index.php/FAREM/article/view/10016>

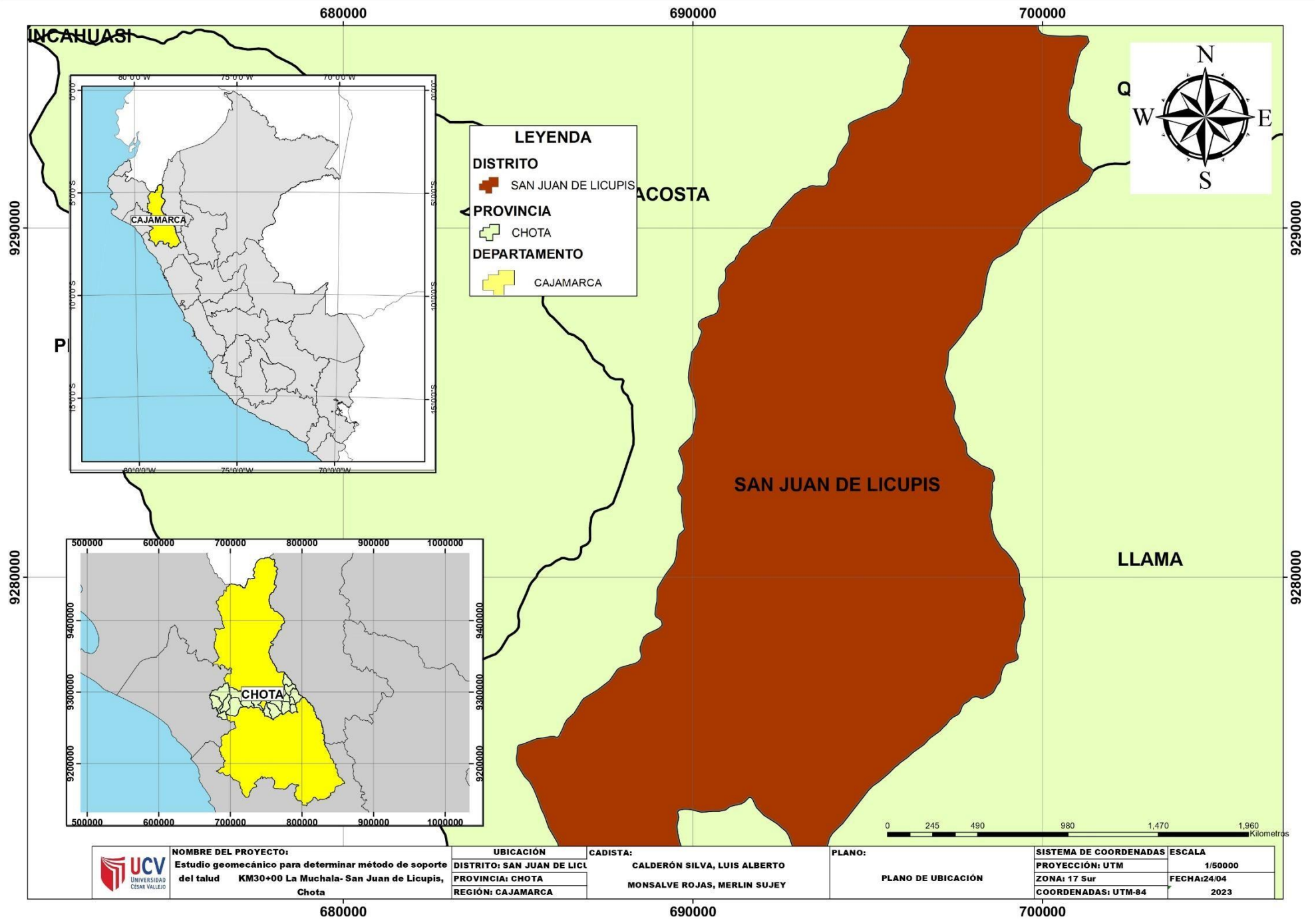


## ANEXOS

Anexo 1: Operalización de variables.

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>			MATRIZ DE CONSISTENCIA			
PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS	VARIABLE INDEPENDIENTE	TIPO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN	TÉCNICAS
¿De qué manera el estudio geomecánico determinará el método de soporte con el talud adecuado para evitar el deslizamiento en el tramo KM30+00, carretera La Muchala, San Juan de Licupis, Chota?	Elaborar el análisis geomecánico para determinar el método de soporte que permite controlar al talud en carretera La Muchala, San Juan Licupis KM 30+000.	Si se realiza un adecuado estudio geomecánico se podrá determinar el método adecuado de soporte al talud en el tramo KM 30+000, carretera La Muchala, San Juan de Licupis, Chota.	Clasificación geomecánica	Aplicada	Está conformada por el KM 30+000 de la carretera Chota - La Muchala.	Observación directa  Documentos
	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>DISEÑO</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
	5. Diagnosticar la geología local y regional de la zona, plasmar la toma de datos en la zona con respecto del buzamiento y dirección de buzamiento de las discontinuidades de la carretera La Muchala. 6. Determinar la inestabilidad del macizo rocoso mediante las aplicaciones de las clasificaciones en la carretera La Muchala. 7. Analizar el comportamiento del tipo de roca que existe, mediante los resultados que los ensayos de mecánica de suelos, para conocer la resistencia del macizo rocoso y plantear medidas de estabilización en la carretera		Método de soporte de talud	No experimental	los puntos de control que estará ubicado en tramo KM 30+000 en un tramo de <b>100 metros</b> de la carretera La Muchala	Guía de análisis documental  Guía de observación de campo

Fuente: Elaboración propia

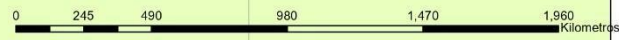
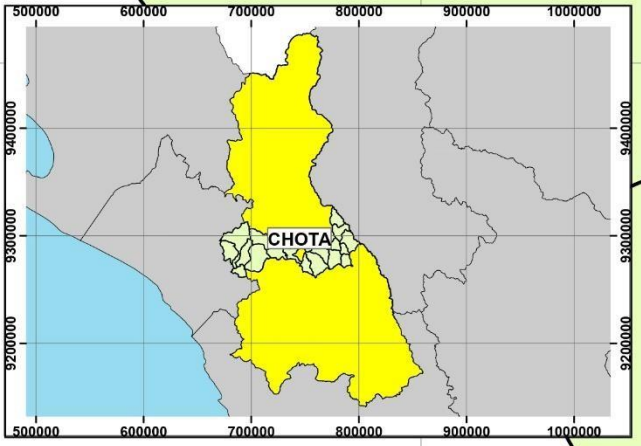


**LEYENDA**

**DISTRITO**  
 SAN JUAN DE LICUPIS

**PROVINCIA**  
 ACOSTA  
 LLAMA

**DEPARTAMENTO**  
 CAJAMARCA



**NOMBRE DEL PROYECTO:**  
 Estudio geomecánico para determinar método de soporte del talud KM30+00 La Muchala- San Juan de Licupis, Chota

**UBICACIÓN**  
 DISTRITO: SAN JUAN DE LICUPIS  
 PROVINCIA: CHOTA  
 REGIÓN: CAJAMARCA

**CADISTA:**  
 CALDERÓN SILVA, LUIS ALBERTO  
 MONSALVE ROJAS, MERLIN SUJEY

**PLANO:**  
 PLANO DE UBICACIÓN

**SISTEMA DE COORDENADAS**  
 PROYECCIÓN: UTM  
 ZONA: 17 Sur  
 COORDENADAS: UTM-84

**ESCALA**  
 1/50000  
**FECHA:** 24/04  
 2023

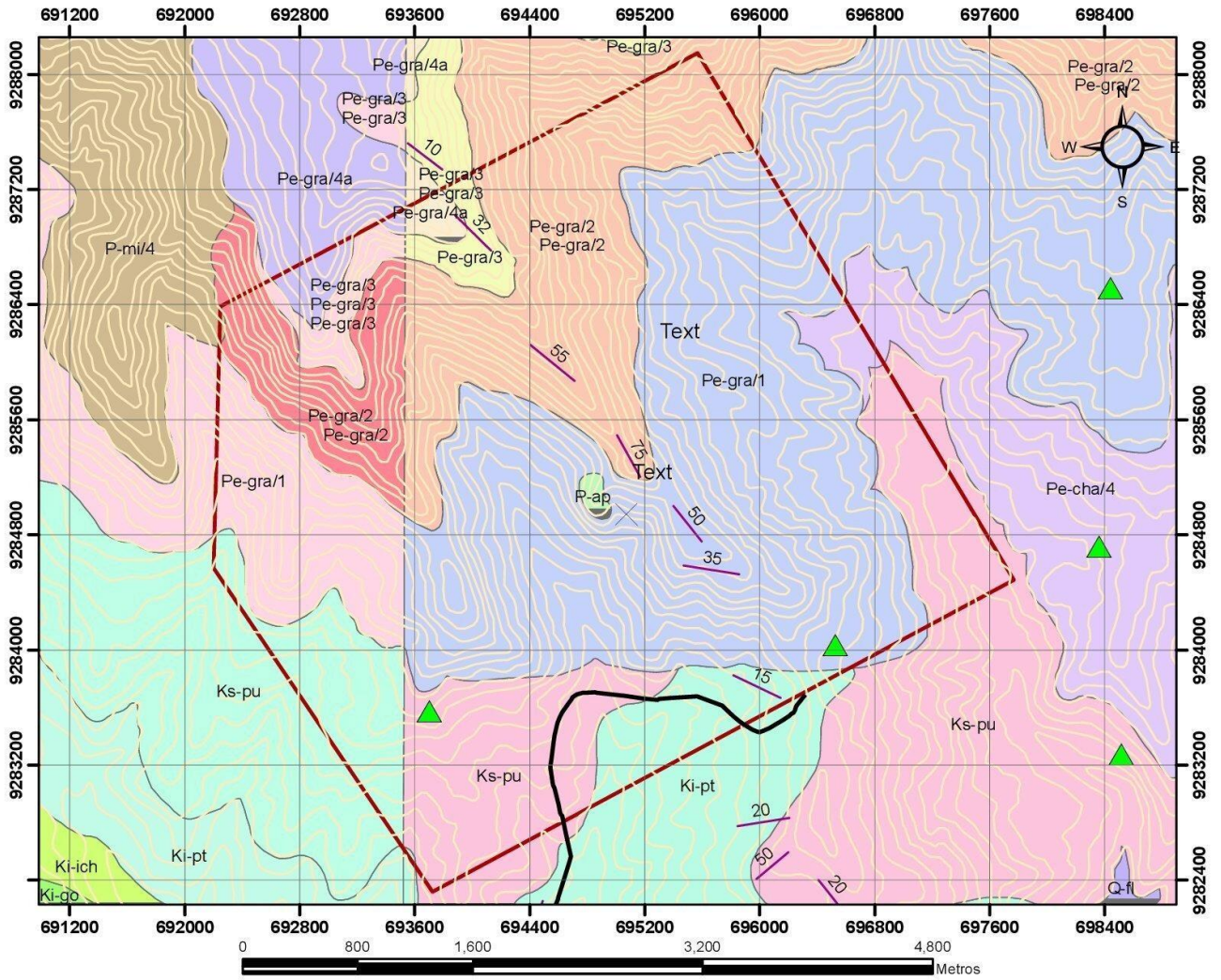
680000

690000

700000

# PLANO GEOLÓGICO

GEOLOGÍA LOCAL - CARRETERA LA MUCHALA, SAN JUAN DE LICUPIS - CHOTA



## LEYENDA

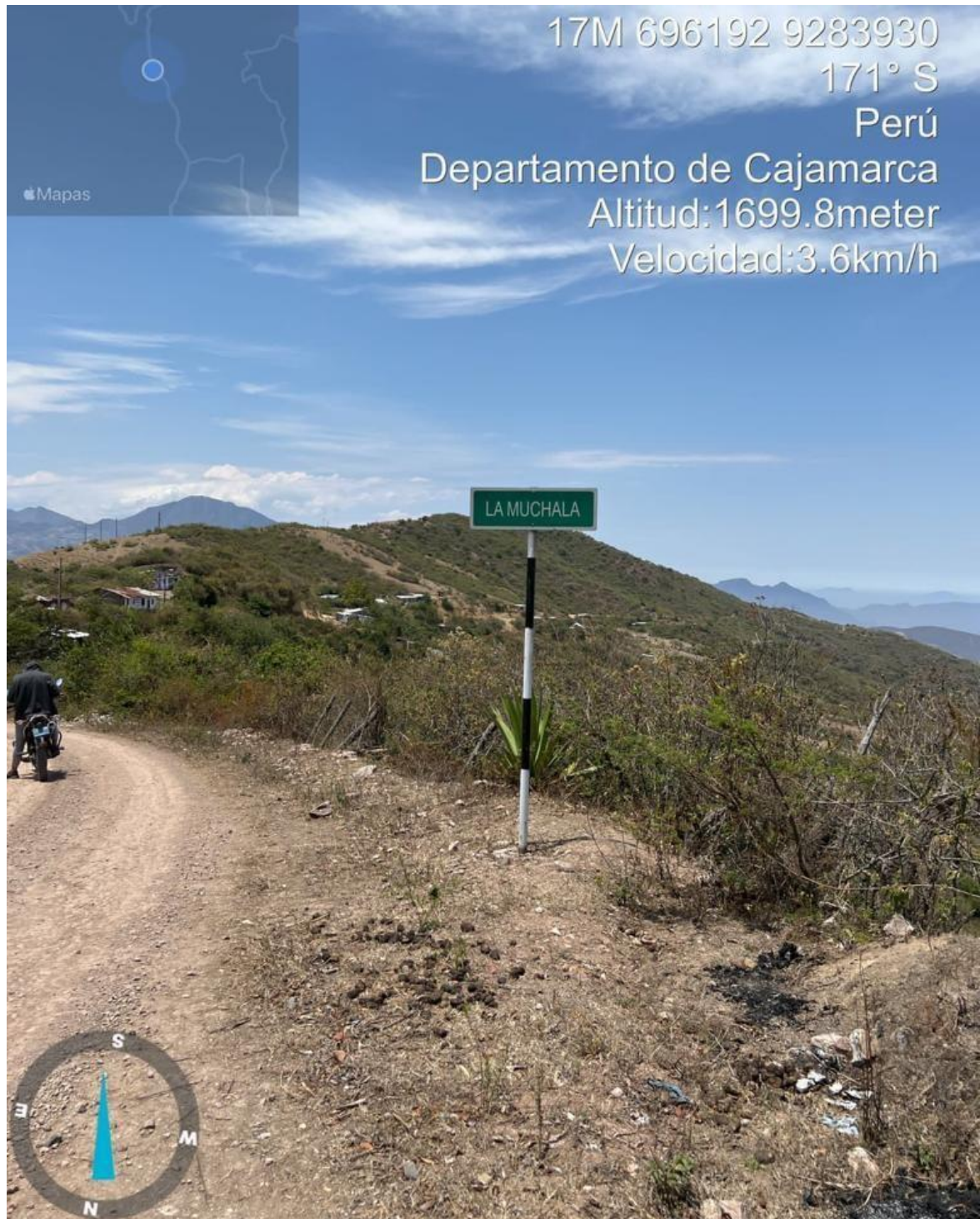
### Formación geológica

- Q-fl, Depósitos Fluviales
- Ki-go, Grupo Goyllarisquizga
- Ki-ich, Formación Inca-Chulec
- Ki-pt, Formación Pariatambo
- Ks-pu, Grupo Pulluicana
- P-ap, Andesitas
- Pe-cha/4, Rocas de la secuencia Volcánica Chancay - 54 Ma.
- Pe-gra/1, Rocas del Centro Volcánico La Granja 36-39 Ma
- Pe-gra/2, Rocas del Centro Volcánico La Granja 36-39 Ma
- Pe-gra/3, Centro Volcánico La Granja 36- 39 Ma
- Pe-gra/3, Rocas del Centro Volcánico La Granja 36-39 Ma
- Pe-gra/4a, Rocas del Centro Volcánico La Granja 36-39 Ma

### SIMBOLOGÍA

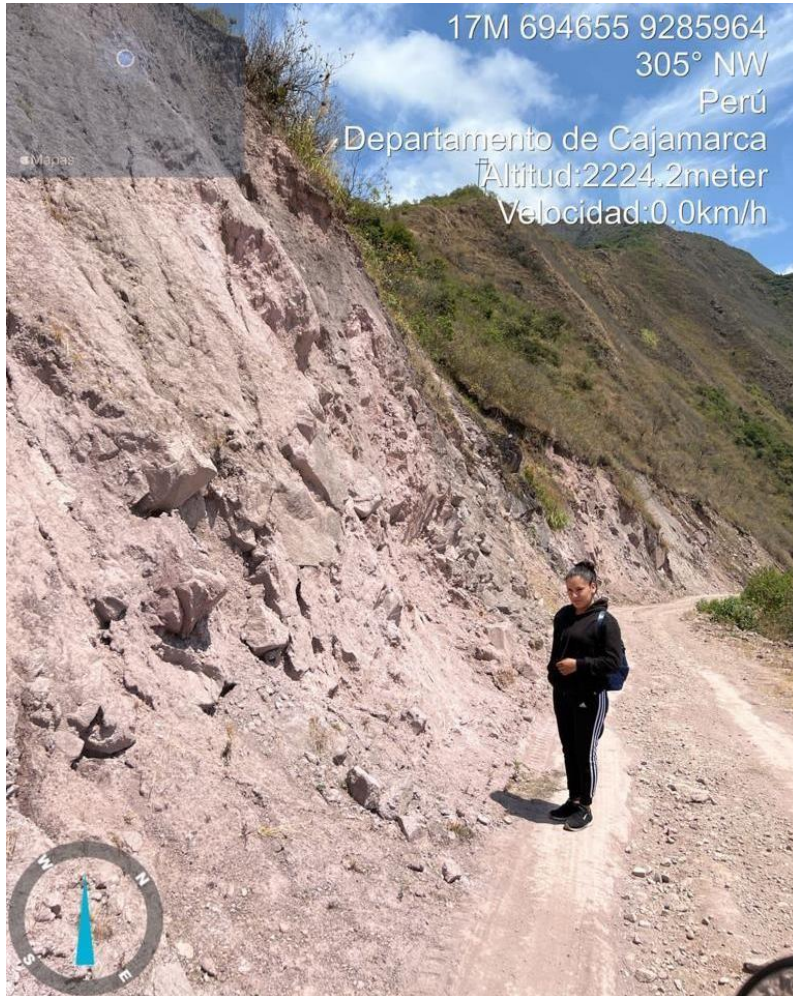
- Centros Poblados
- Vías de acceso
- Buzamiento
- Curvas de nivel
- ÁREA DE ESTUDIO

Ilustración 11: área de estudio, carretera la Muchala, San Juan de Licupis- Chota.



Fuente: fotografía, elaboración propia.

Ilustración 12: Toma de datos IN SITU



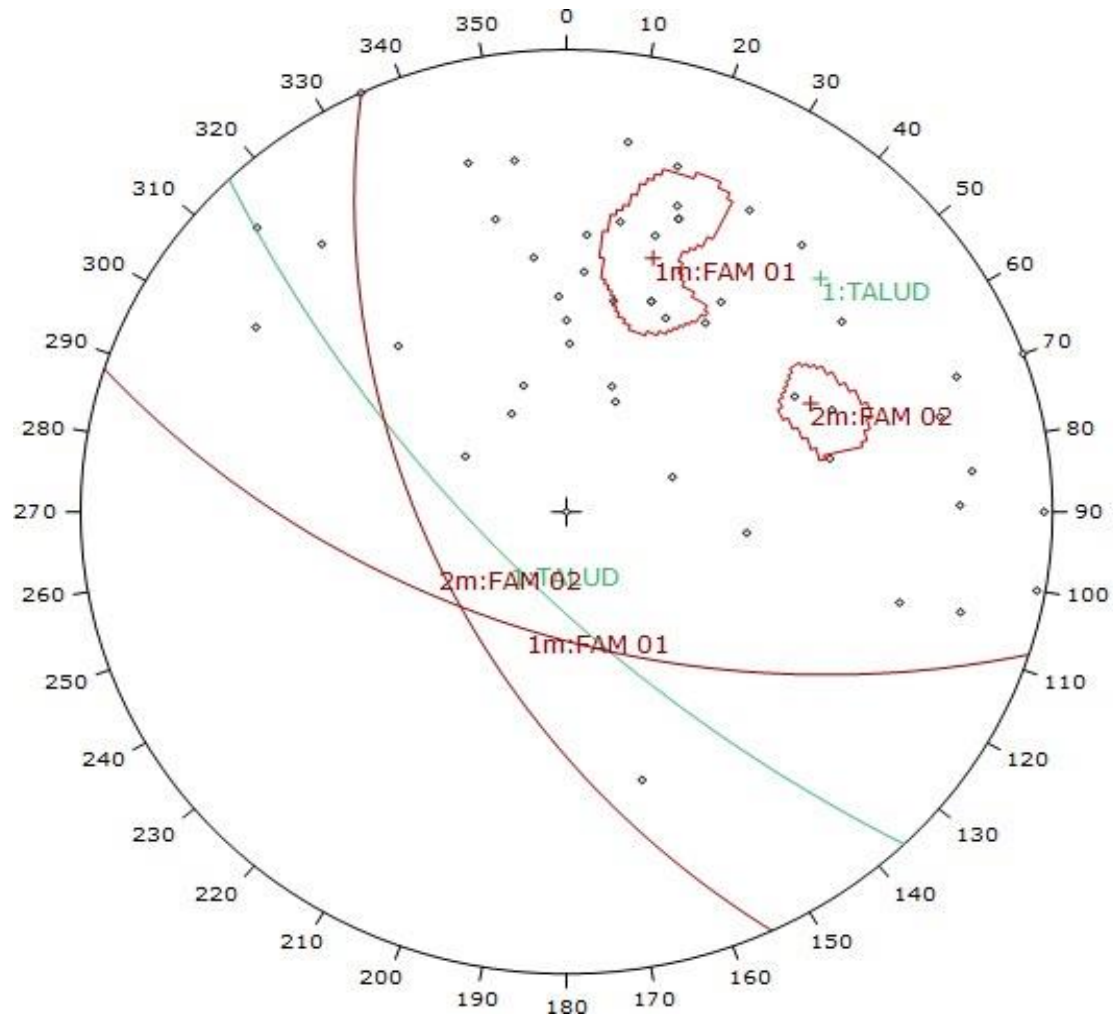
Fuente: fotografía, elaboración propia.

Tabla 35: Datos tomado in situ, del área de estudio E-01 (30+000km-30+250km).

ID	Dip	Dip Direction
1	78	189
2	27	152
3	75	172
4	70	234
5	76	165
6	75	139
7	83	134
8	71	286
9	90	250
10	50	178
11	74	122
12	90	155
13	27	120
14	50	192
15	62	184
16	74	220
17	81	250
18	65	190
19	26	251
20	61	248
21	53	215
22	53	136
23	77	255
24	58	215
25	32	162
26	50	206
27	62	345
28	74	210
29	78	269
30	32	199
31	66	167
32	58	173
33	68	200
34	76	197
35	70	199
36	80	264
37	68	200
38	55	184
39	45	180
40	52	201
41	89	270
42	58	258
43	40	181
44	29	203
45	41	277
46	56	242
47	80	285
48	64	197
49	52	201
50	89	280
51	0	0

Fuente: Software Dips - elaboración propia.

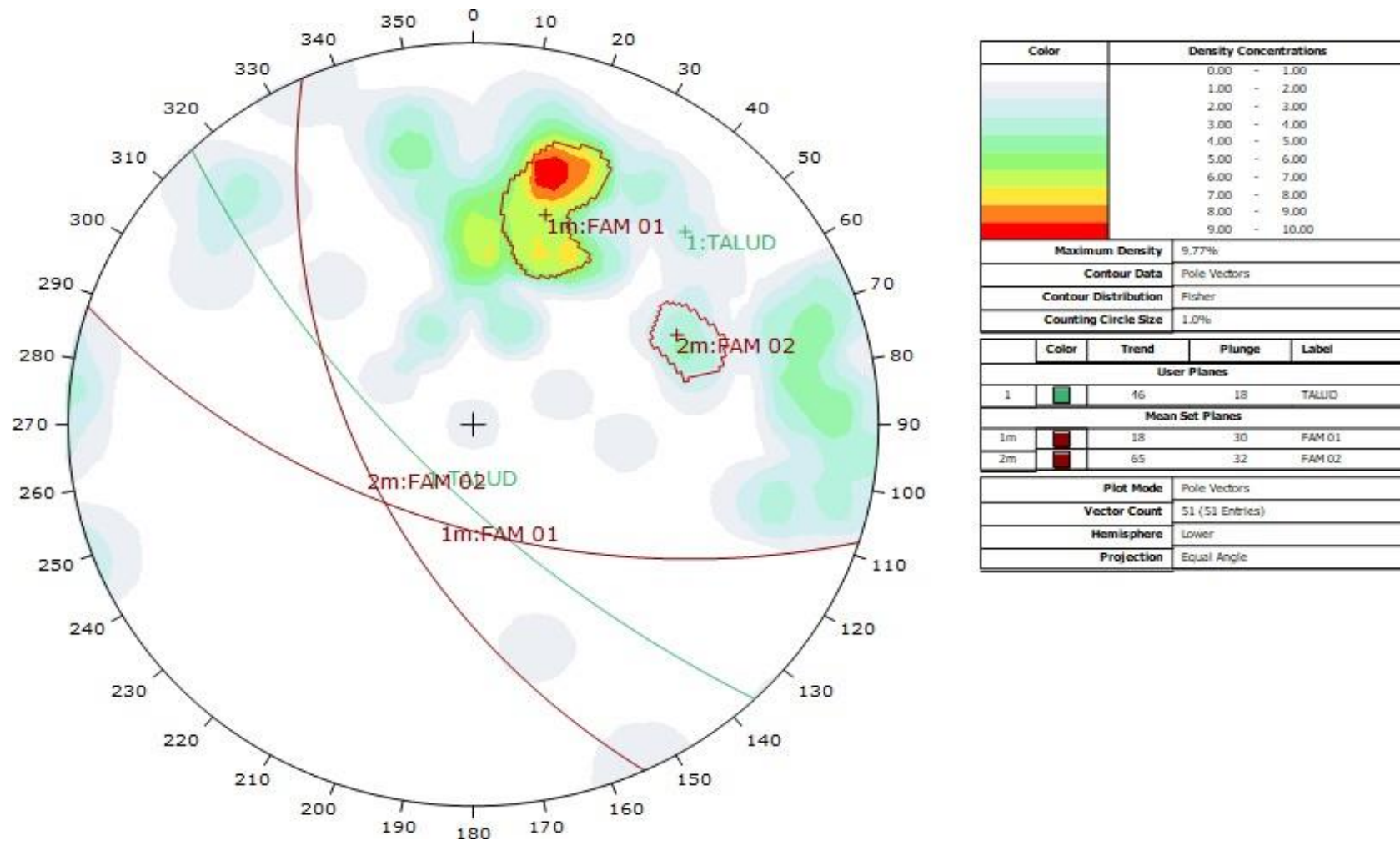
Ilustración 13: Trazado de polos de discontinuidades y trazado planos principales- Estación 01.



Symbol	Feature			
◊	Pole Vectors			
	Color	Trend	Plunge	Label
User Planes				
1	Green	16	18	TALUD
Mean Set Planes				
1m	Red	18	30	FAM 01
2m	Red	65	32	FAM 02
Plot Mode		Pole Vectors		
Vector Count		51 (51 Entries)		
Hemisphere		Lower		
Projection		Equal Angle		

Fuente: Software Dips - elaboración propia.

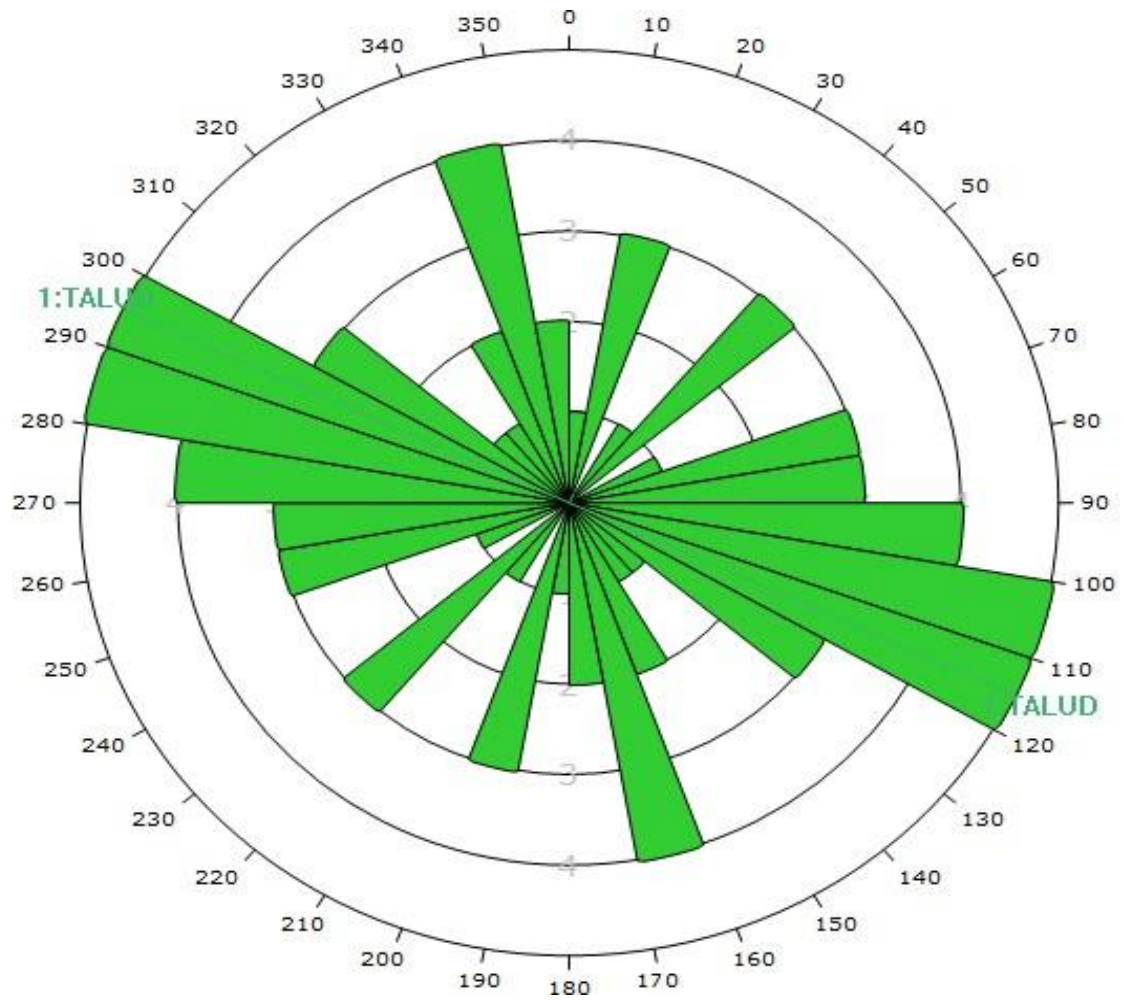
Ilustración 14: Trazado de contornos y planos principales - Estación 01.



Fuente: Software Dips - elaboración propia.



Ilustración 15: Trazado de rosetas- planos principales- Estación 01



<b>Plot Mode</b>	Rosette
<b>Plot Data</b>	Apparent Strike
<b>Face Normal Trend</b>	0.0
<b>Face Normal Plunge</b>	90.0
<b>Bin Size</b>	10°
<b>Outer Circle</b>	5 planes per arc
<b>Planes Plotted</b>	12
<b>Minimum Angle To Plot</b>	15.0°
<b>Maximum Angle To Plot</b>	90.0°

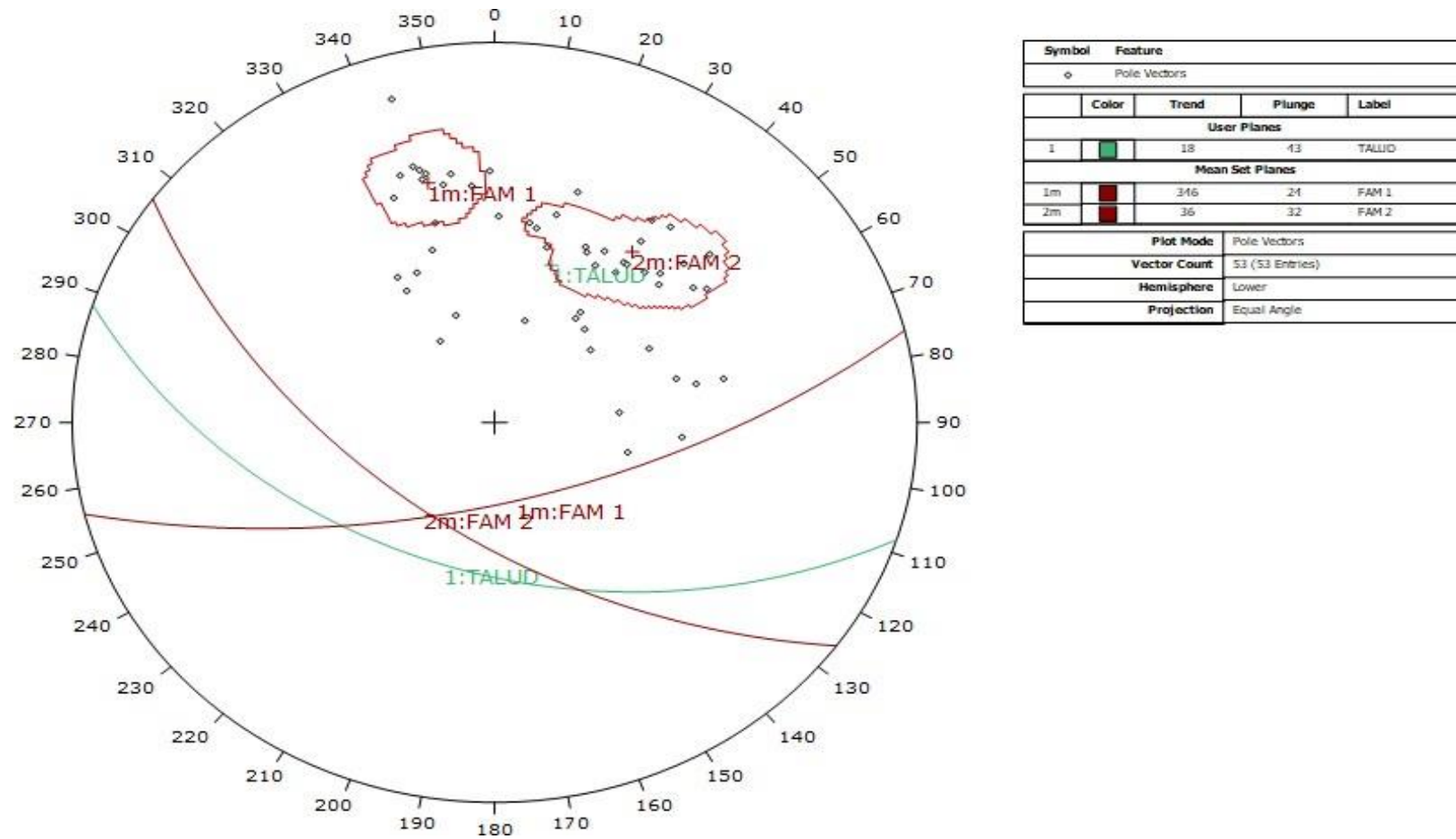
Fuente: Software Dips - elaboración propia.

Tabla 36: Datos tomado in situ, del área de estudio E-02 (30+250 km- 31+500 km).

ID	Dip	Dip Direction
1	63	235
2	55	191
3	58	225
4	36	221
5	37	215
6	52	216
7	67	165
8	55	216
9	39	215
10	65	158
11	69	161
12	65	169
13	51	210
14	44	149
15	57	165
16	61	233
17	69	165
18	56	189
19	47	155
20	67	171
21	51	195
22	36	284
23	56	222
24	48	275
25	55	210
26	68	166
27	48	255
28	54	205
29	33	265
30	51	162
31	53	206
32	55	217
33	48	149
34	33	230
35	28	149
36	83	164
37	63	227
38	57	181
39	66	215
40	31	195
41	61	216
42	45	242
43	67	219
44	70	164
45	67	179
46	59	195
47	64	175
48	56	227
49	68	229
50	33	162
51	58	258
52	52	258
53	65	198

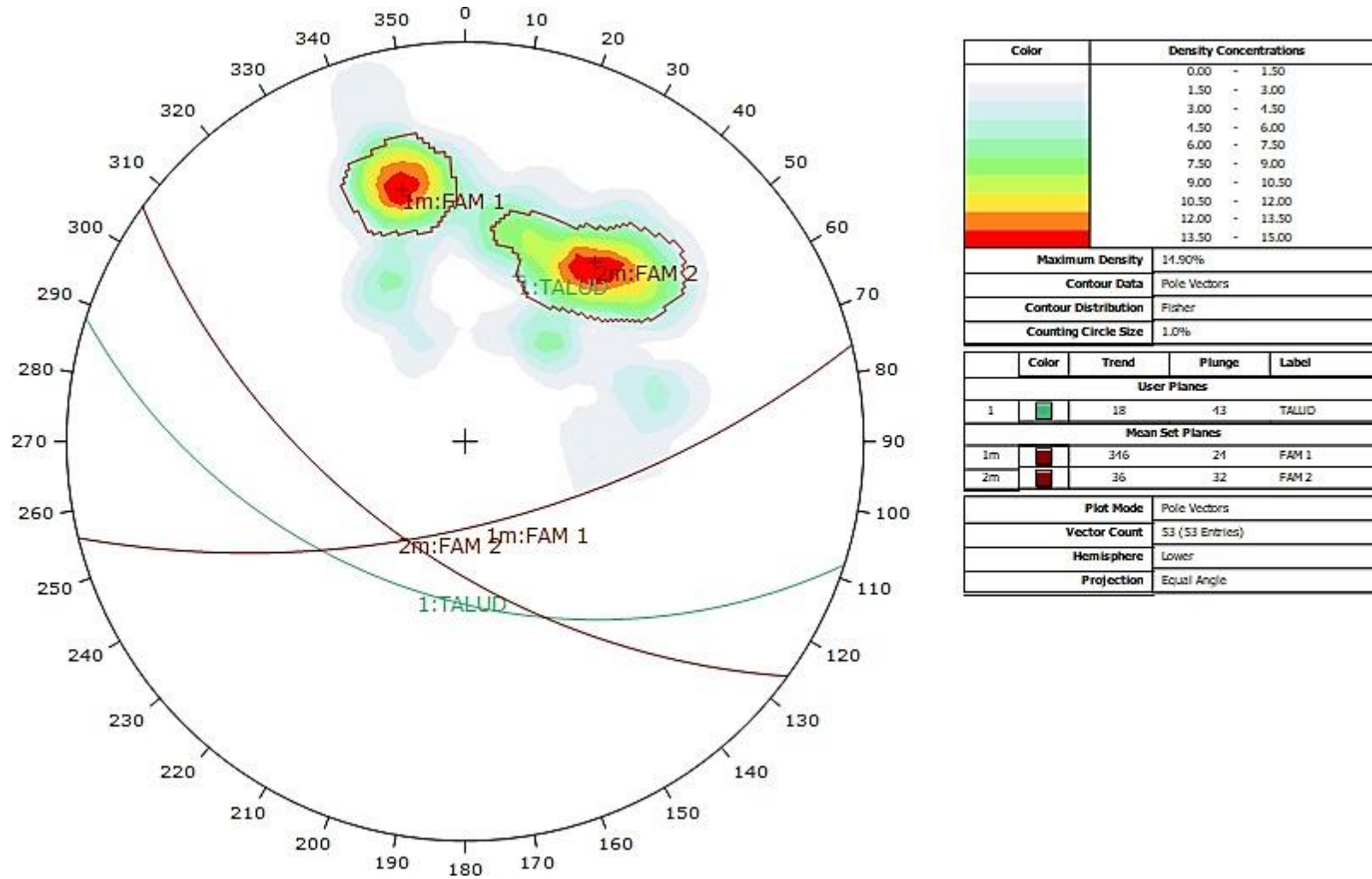
Fuente: Software Dips - elaboración propia.

Ilustración 16: Trazado de polos de discontinuidades y trazado planos principales- Estación 02.



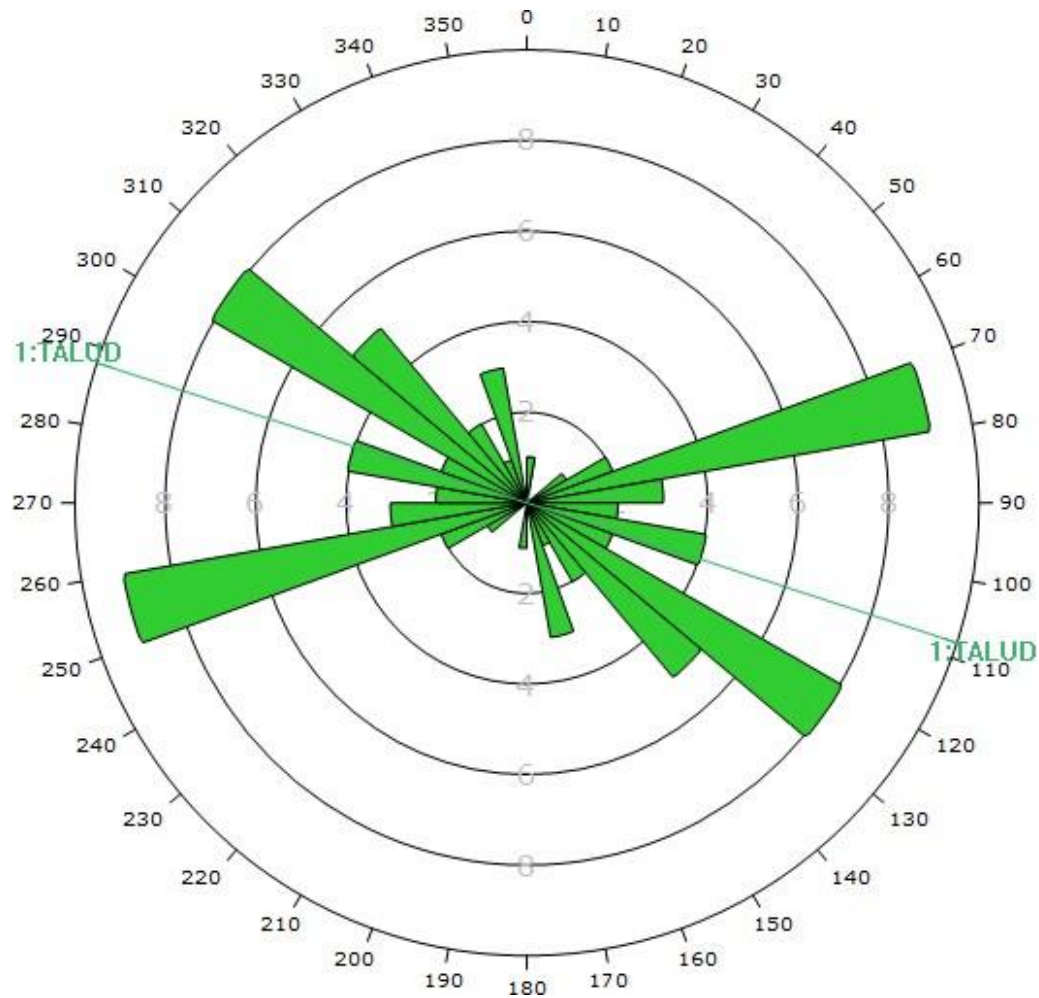
Fuente: Software Dips - elaboración propia.

Ilustración 17: Trazado de contornos y planos principales - Estación 02



Fuente: Software Dips - elaboración propia.

Ilustración 18: Trazado de rosetas- planos principales



<b>Plot Mode</b>	Rosette
<b>Plot Data</b>	Apparent Strike
<b>Face Normal Trend</b>	0.0
<b>Face Normal Plunge</b>	90.0
<b>Bin Size</b>	10°
<b>Outer Circle</b>	10 planes per arc
<b>Planes Plotted</b>	13
<b>Minimum Angle To Plot</b>	15.0°
<b>Maximum Angle To Plot</b>	90.0°

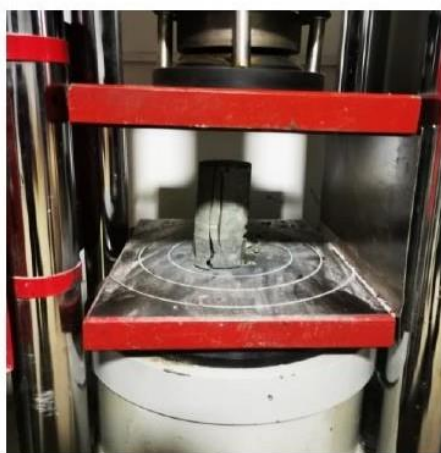
Fuente: Software Dips - elaboración propia.

### Ilustración 19: Resultados de análisis geomecánica en LABORATORIO GSE

ELEMENTO (s)		ROCA										
ITEM	ELEMENTO ESTRUCTURAL	Diámetro (mm)	ALTURA (mm)	PESO (kg)	TIPO DE ROTURA (*)	CARGA (kN)	CARGA (KG)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	VOLUMEN (mm <sup>3</sup> )	DENSIDAD (g/Cm <sup>3</sup> )	RESISTENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (Mpa)
1	M-01	54.00	120.00	748	3	73.83	7528	2290	274827	2.722	329	32.25
1	M-02	54.00	120.00	710	3	69.62	7099	2290	274827	2.583	310	30.41
1	M-03	54.00	120.00	628	3	14.18	1446	2290	274827	2.285	63	6.19
1	M-04	54.00	120.00	628	3	14.18	1446	2290	274827	2.285	63	6.19

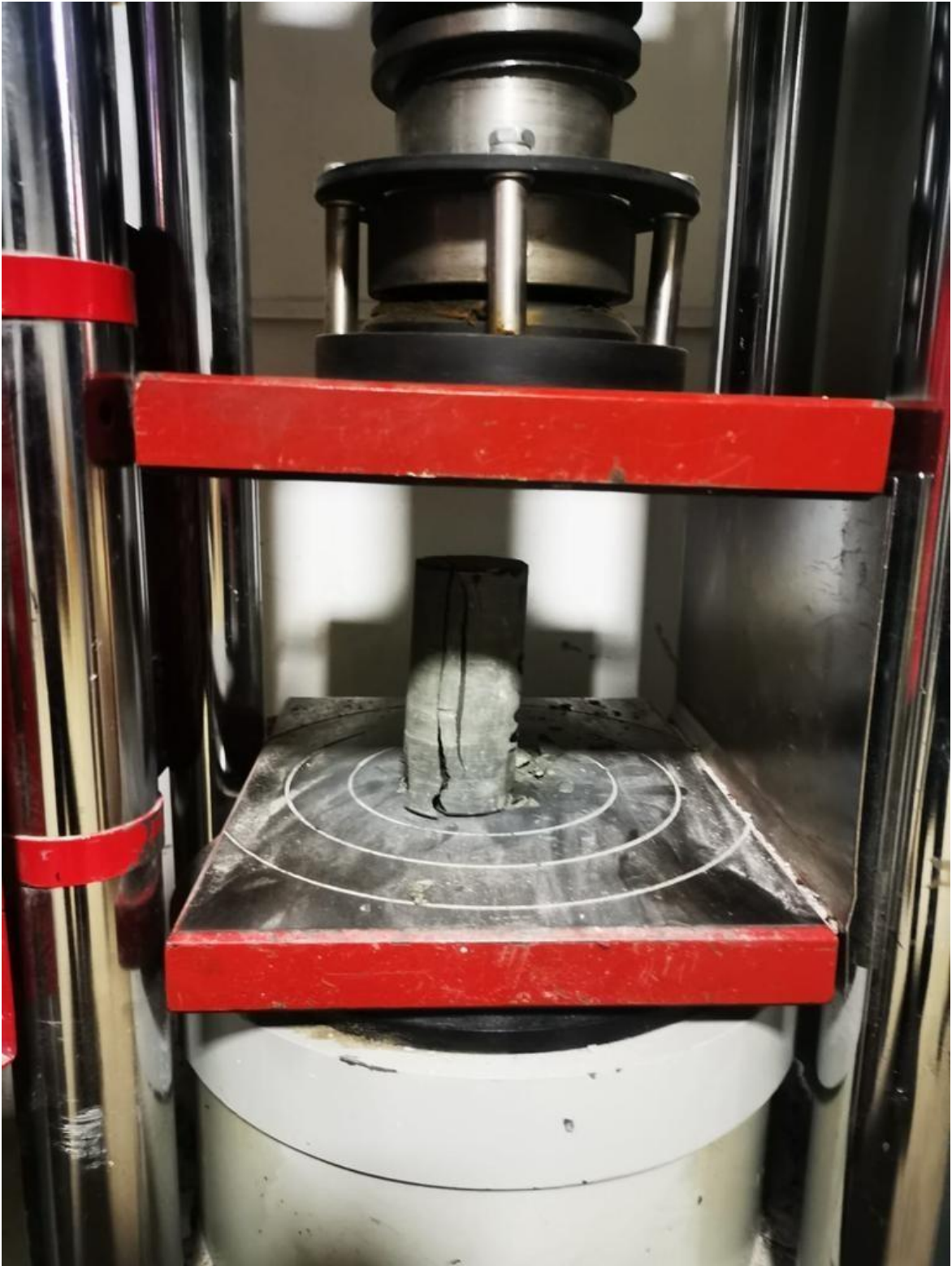
FOTOS ESQUEMA DE FALLAS

FOTO PESO DE LA MUESTRA



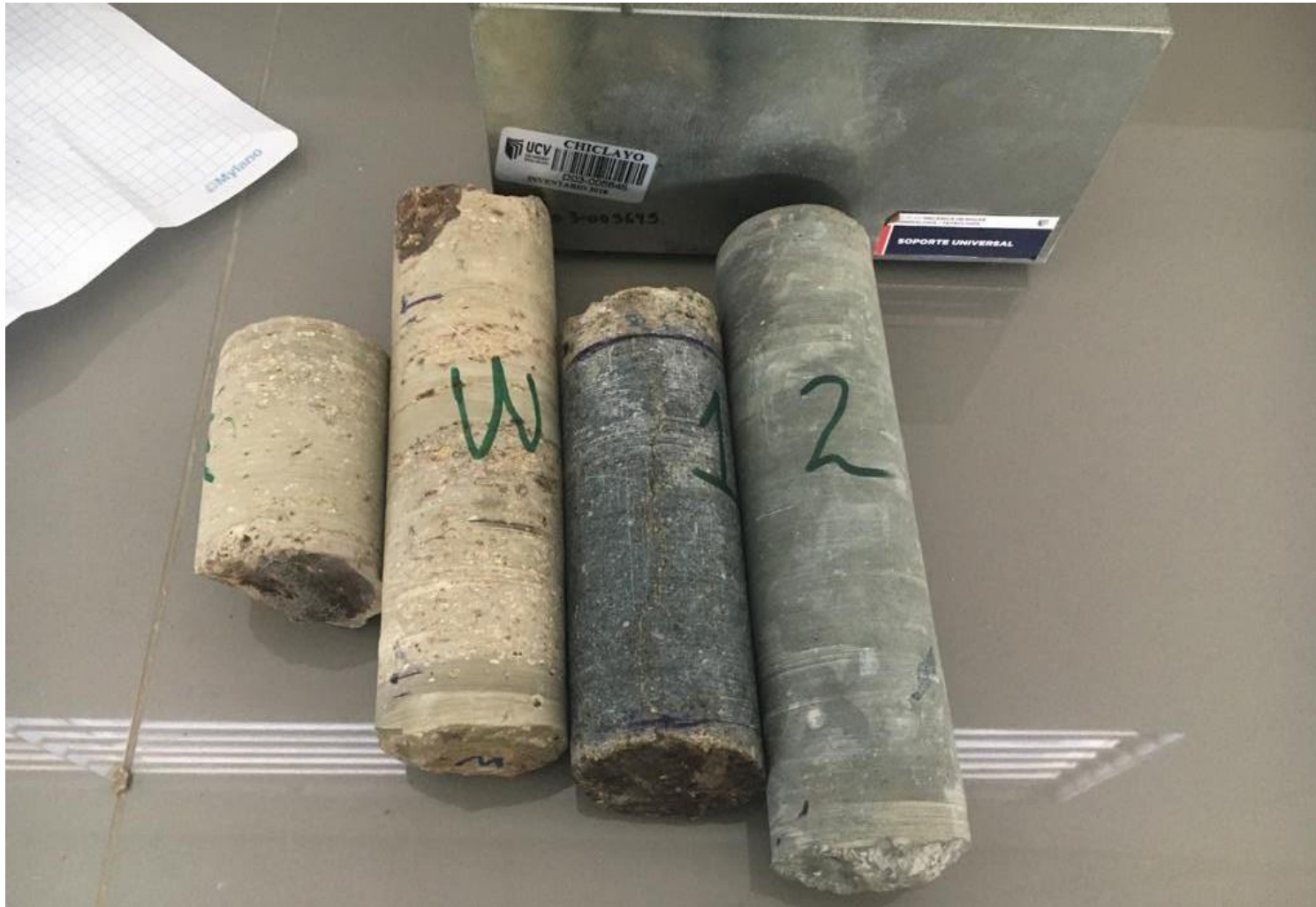
Fuente: laboratorio GSE

*Ilustración 20: Ensayos realizados a las muestras traídas de campo.*



Fuente: laboratorio GSE

Ilustración 21: Testigos obtenidos en laboratorio de las muestras traídas de campo de las estaciones de estudio.

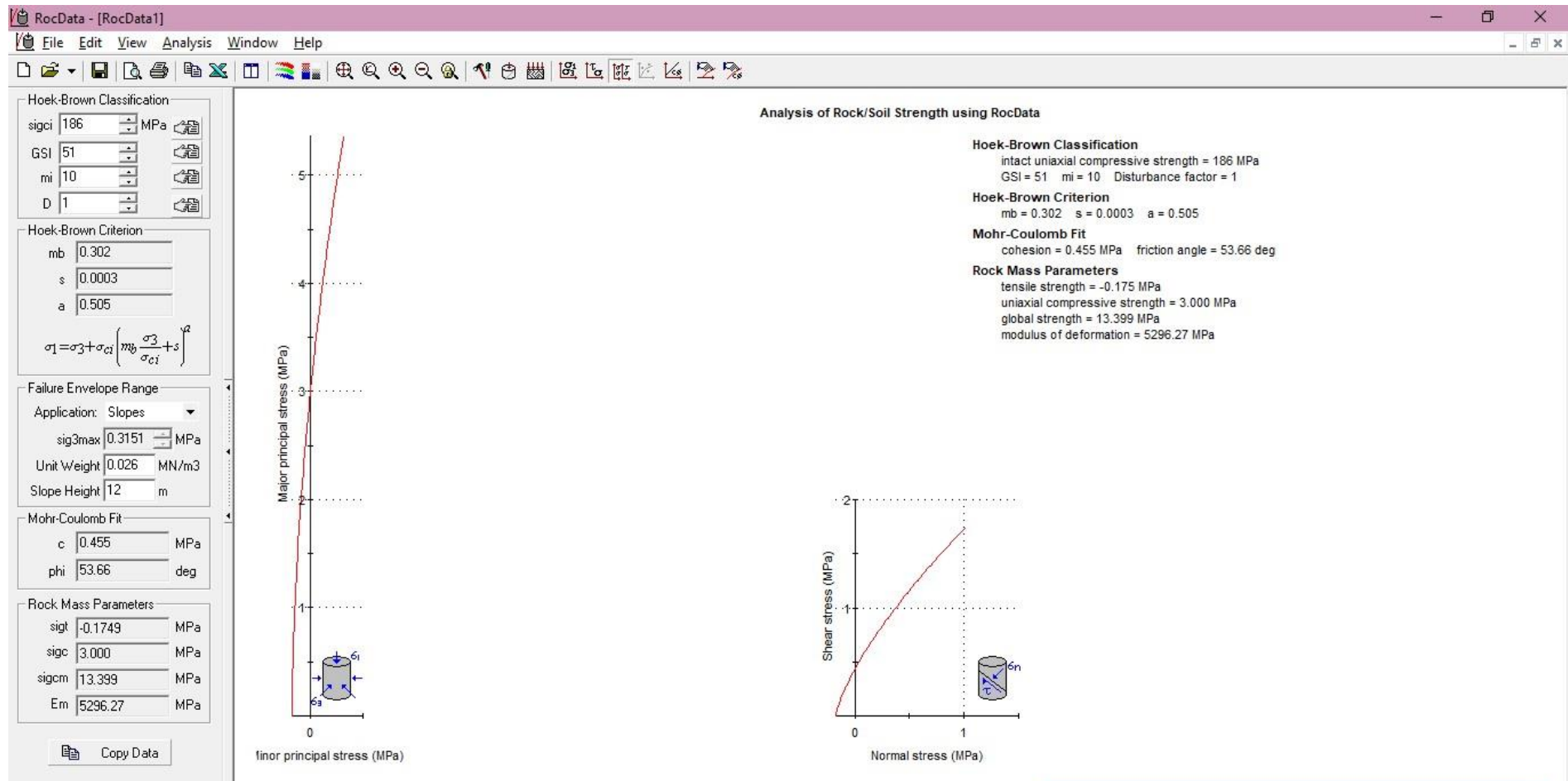




*Ilustración 22: Ensayos realizados a las muestras traídas de campo.*

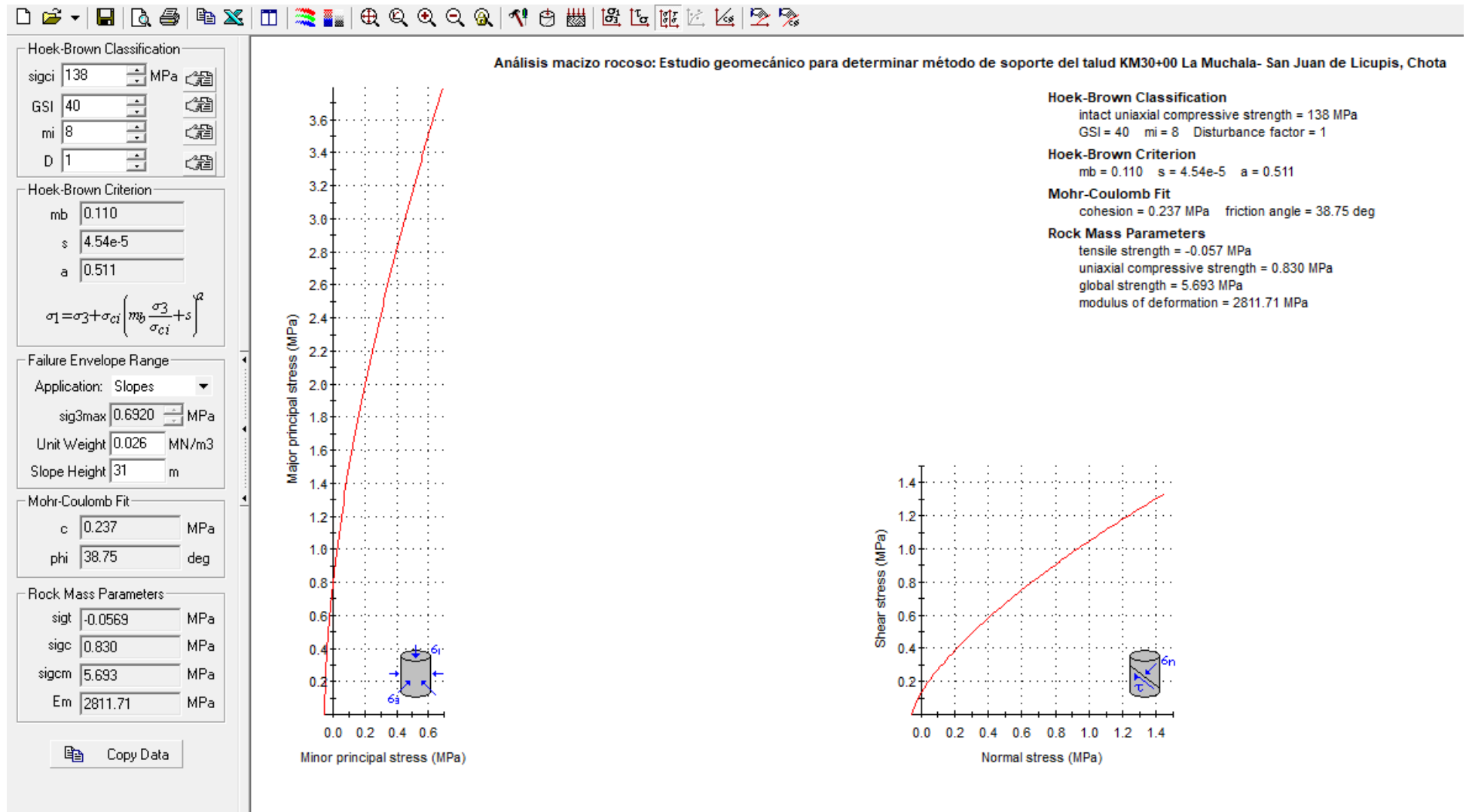


Ilustración 23: Criterio de Hoek/Brown y Mohr-Coulomb para la Estación E-01



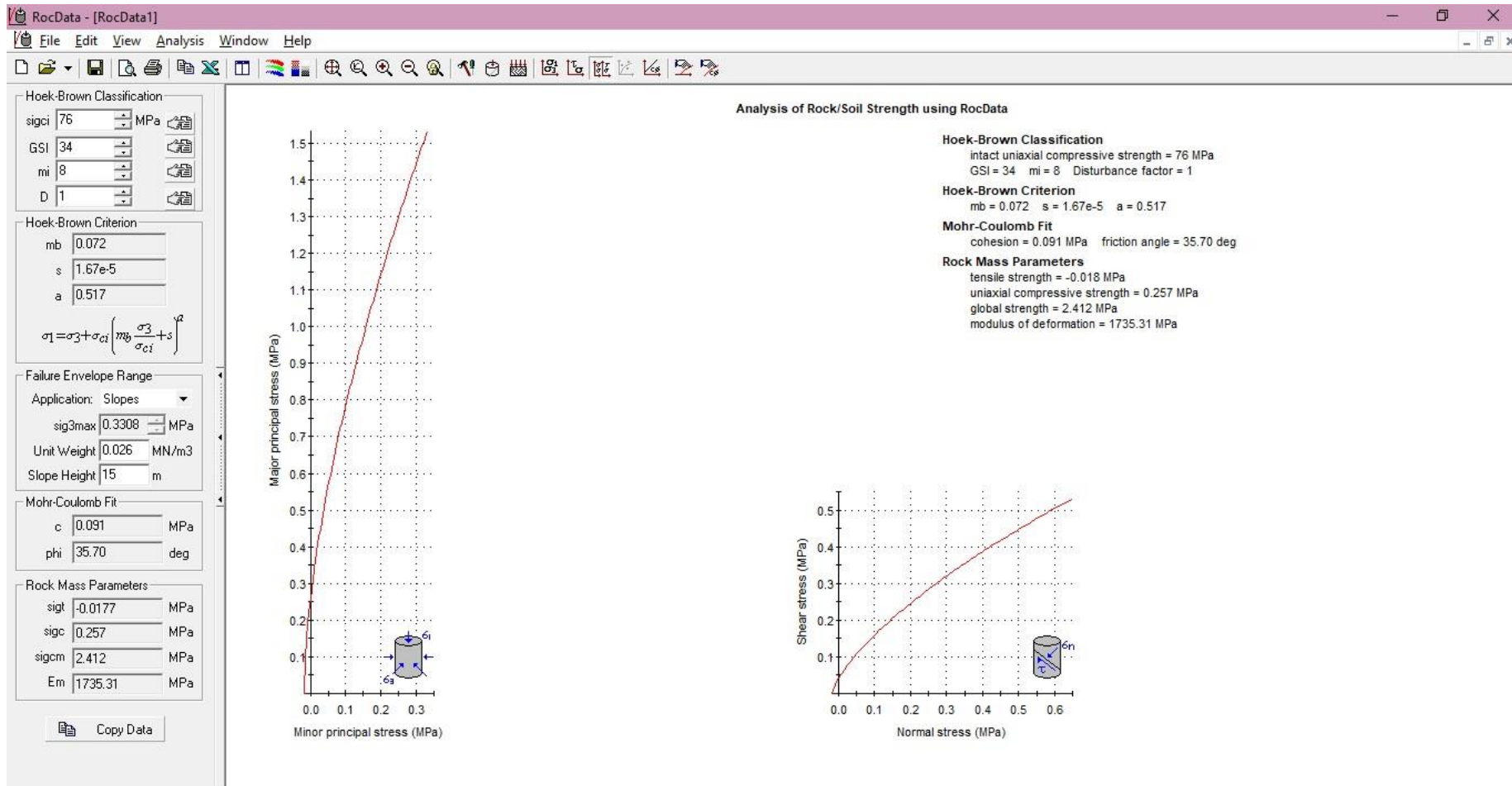
Fuente: Software RocDATA - elaboración propia.

Ilustración 24: Criterio de Hoek/Brown y Mohr-Coulomb para la Estación E-02



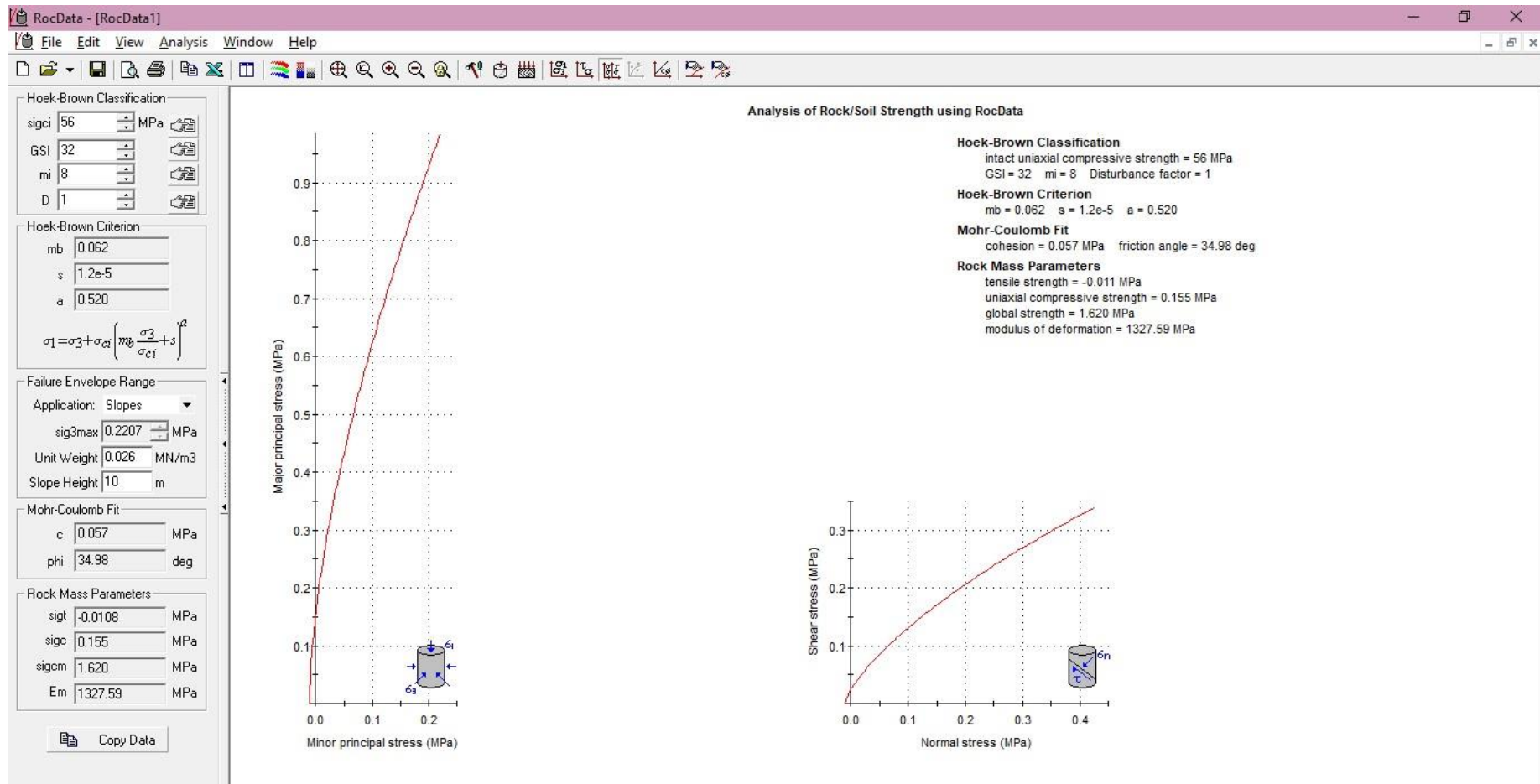
Fuente: Software RocDATA - elaboración propia.

Ilustración 25: Criterio de Hoek/Brown y Mohr-Coulomb para la Estación E-03



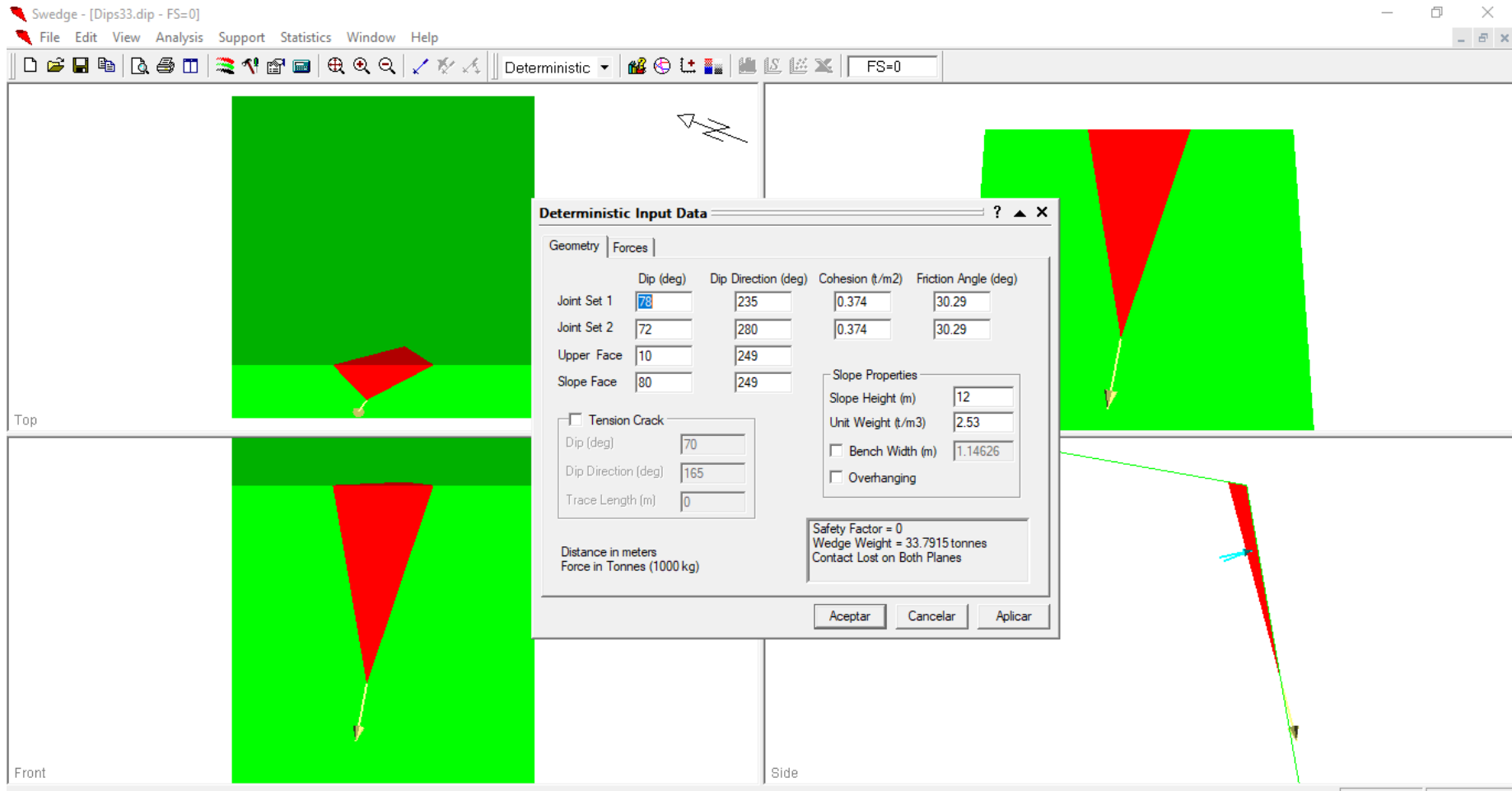
Fuente: Software RocDATA - elaboración propia.

Ilustración 26: Criterio de Hoek/Brown y Mohr-Coulomb para la Estación E-04



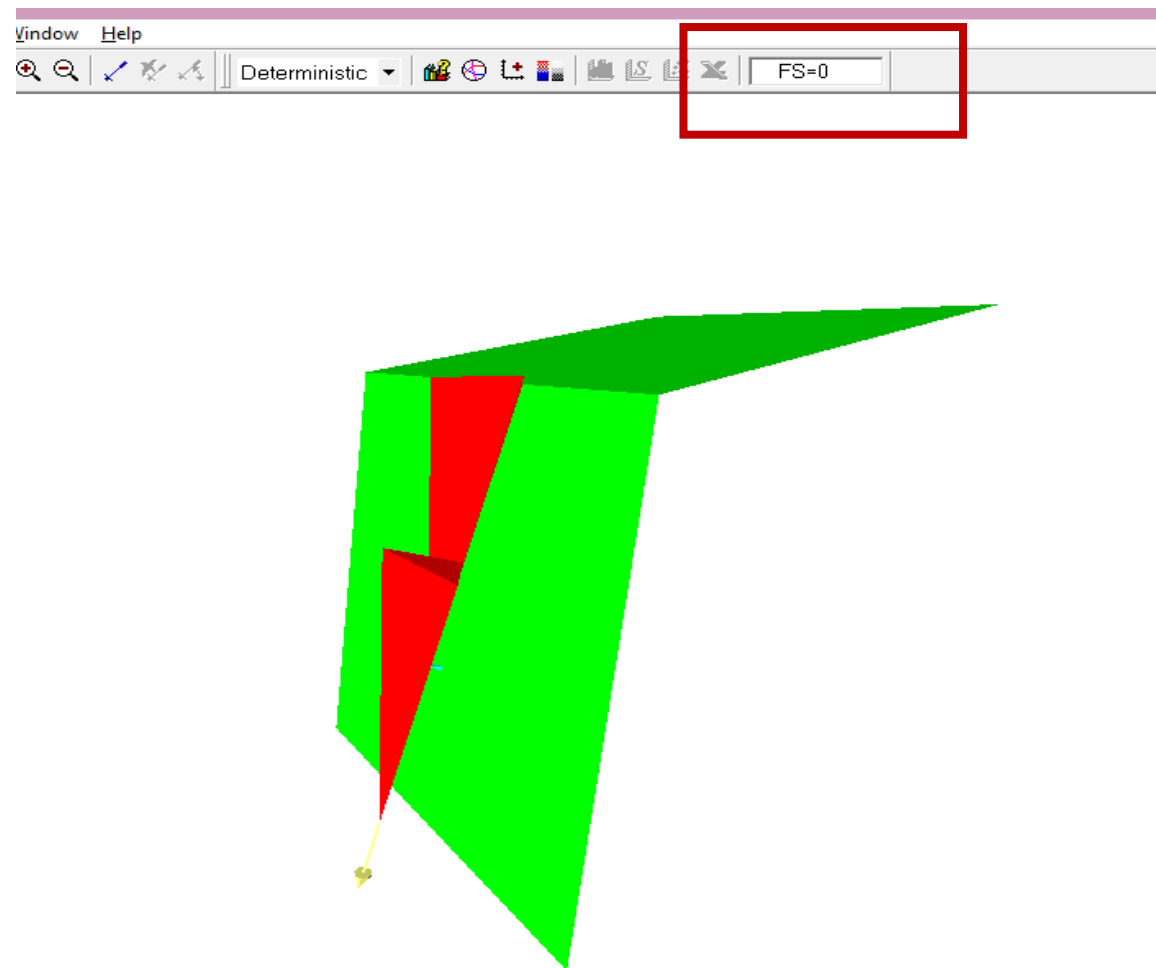
Fuente: Software RocDATA - elaboración propia.

Ilustración 27: Aplicación del software Swedge- estación E-03.



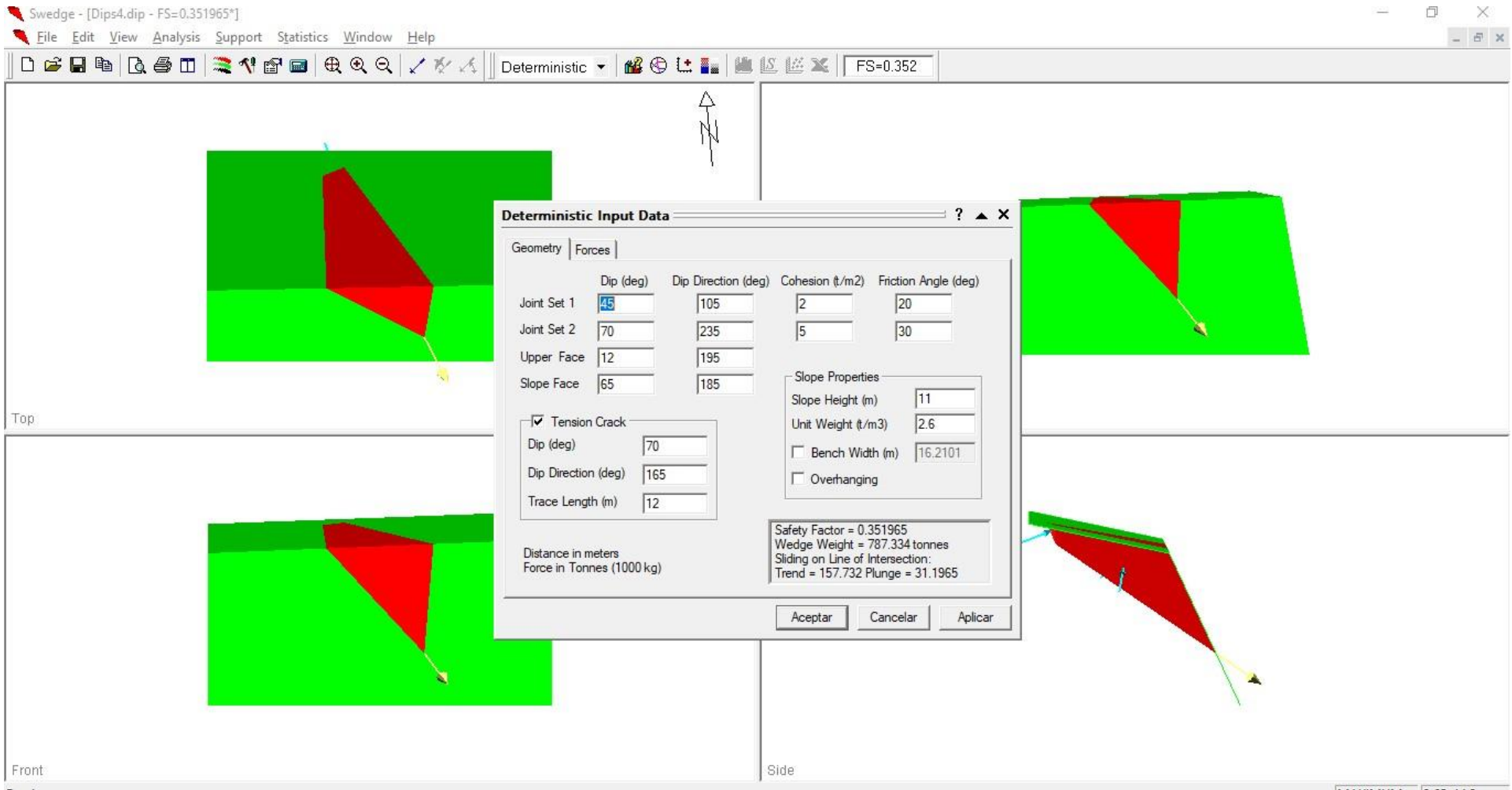
Fuente: Software SWEDGE - elaboración propia

Ilustración 28: Aplicación del software Swedge- estación E-03.



Fuente: Software SWEDGE - elaboración propia

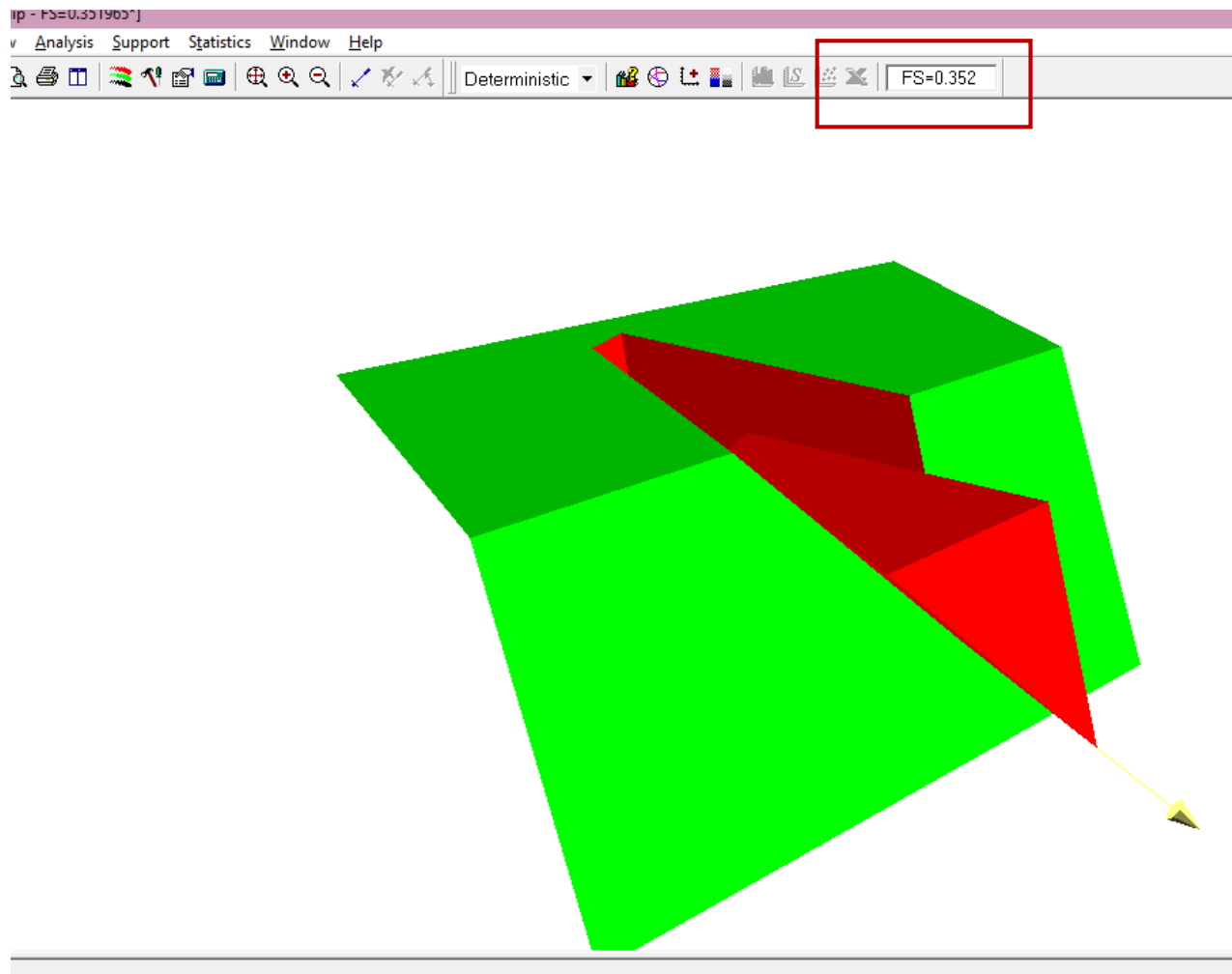
Ilustración 29: Aplicación del software Swedge- estación E-04



Fuente: Software SWEDGE - elaboración propia



Ilustración 30: Aplicación del software Swedge- estación E-04.



Fuente: Software SWEDGE - elaboración propia

## Anexo 32.

### FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTOS

#### I. DATOS GENERALES

- Apellidos y Nombres del experto: DONAYRES QUISPE GILBERTO
- Grado Académico: MAGISTER
- Institución donde labora: MINERA LOS ANDES S.A.C. – GERENTE GENERAL
- Dirección: Av. Nicolás de Piérola 1131 Of 204 Lima Teléfono: 931 391 612 Email: [gdonayres@mineralosandes.com](mailto:gdonayres@mineralosandes.com)
- Autor (es) del instrumento: CALDERÓN SILVA, LUIS ALBERTO y MONSALVE ROJAS, MERLIN SUJEY

#### II. ASPECTOS DE VALIDACION

Nº	INDICADORES	Deficiente	Bajo	Regular	Bueno	Muy bueno
		1	2	3	4	5
01	El instrumento considera la definición conceptual de la variable					X
02	El instrumento considera la definición procedimental de la variable					X
03	El instrumento tiene en cuenta la operacionalización a la variable					X
04	Las dimensiones e indicadores corresponden a la variable					X
05	Las preguntas o ítems derivan de las dimensiones e indicadores					X
06	El instrumento persigue los fines del objetivo general					X

07	El instrumento persigue los fines de los objetivos específicos					X
08	Las preguntas o ítems están realmente la variable					X
09	Las preguntas o ítems están redactadas claramente					X
10	Las preguntas siguen un orden lógico					X
11	El Nº de ítems que cubre cada indicador es el correcto					X
12	La estructura del instrumento es la correcta					X
13	Los puntajes de calificación son adecuados					X
14	La escala de medición del instrumento utilizado es la correcta					X

**III. OPINION DEL APLICABILIDAD:** El estudio Geomecánico para el método de soporte del talud KM30+00 La Muchala - San Juan de Licupis, Chota – **EN LA PRACTICA ANALITICA Y OPERATIVAMENTE ES APLICABLE.**

**IV. Promedio de Valoración:** 90

**FIRMA**  
  
 MINERALOS ANDES S.A.C  
 Ing.º Gilberto Donayres Quispe  
 GERENTE GENERAL

**MSc. Gilberto Donayres Quispe**

**D.N.I. Nº 23992146**

**Anexo 33.**

## FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

### (FICHA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO)

#### I. DATOS GENERALES

- **Apellidos y Nombres del experto:** DONAYRES QUISPE GILBERTO
- **Grado Académico:** MAGISTER
- **Institución donde labora:** MINERA LOS ANDES S.A.C. – GERENTE GENERAL
- **Dirección:** Av. Nicolás de Piérola 1131 Of 204 Lima Teléfono: 931 391 612 Email: [gdonayres@mineralosandes.com](mailto:gdonayres@mineralosandes.com)
- **Título del trabajo de investigación:** “Estudio Geomecánico para el método de soporte del talud KM30+00 La Muchala - San Juan de Licupis, Chota”
- **Investigador (es):** CALDERÓN SILVA, LUIS ALBERTO y MONSALVE ROJAS, MERLIN SUJEY

#### II. ASPECTOS A VALIDAR

Indicadores	Criterios	Deficiente (0-20)	Baja (21-40)	Regular (41-60)	Buena (61-80)	Muy buena (81-100)
Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado					90
Objetividad	Esta expresado en conducta observables					90
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					90
Organización	Existe una organización lógica					90
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					90

Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias					<b>90</b>
Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos					<b>90</b>
Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores					<b>90</b>
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					<b>90</b>
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación					<b>90</b>

**PROMEDIO DE VALORACION: 90**

**III. OPINION DEL APLICABILIDAD:** El estudio Geomecánico para el método de soporte del talud KM30+00 La Muchala - San Juan de Licupis, Chota – **EN LA PRACTICA ANALITICA Y OPERATIVAMENTE ES APLICABLE.**

**IV. Datos del Experto:**

Nombre y apellidos: **GILBERTO DONAYRES QUISPE D.N.I. Nº 23992146**

Grado académico: **MAGISTER** Centro de Trabajo: **MINERA LOS ANDES S.A.C.- GERENTE GENERAL**

**Firma:**



**Fecha: 12/05/2023**

**MSc. Gilberto Donayres Quispe**

**D.N.I. Nº 23992146**

## Anexo 34.

### FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTOS

#### 1. DATOS GENERALES

- **Apellidos y Nombres del experto:** Castro Zavaleta Liliana
- **Grado Académico:** Magister
- **Institución donde labora:** Universidad Privada del Norte
- **Dirección:** Urb. Residencial Montemar C41, Moche, Trujillo   **Teléfono:** 940148424 **Email:** [liliana.castro@upn.pe](mailto:liliana.castro@upn.pe) / [liliana123\\_e@hotmail.com](mailto:liliana123_e@hotmail.com)

**Autor (es) del instrumento:** Calderón Silva, Luis Alberto / Monsalve Rojas, Merlin Sujey

#### 2. ASPECTOS DE VALIDACION

Nº	INDICADORES	Deficiente	Bajo	Regular	Bueno	Muy bueno
		1	2	3	4	5
1	El instrumento considera la definición conceptual de la variable					x
2	El instrumento considera la definición procedimental de la variable					x
3	El instrumento tiene en cuenta la operacionalización a la variable					x
4	Las dimensiones e indicadores corresponden a la Variable					x

5	Las preguntas o ítems derivan de las dimensiones e Indicadores					X
6	El instrumento persigue los fines del objetivo general					X
7	El instrumento persigue los fines de los objetivos Específicos					X
8	Las preguntas o ítems están realmente la variable					X
9	Las preguntas o ítems están redactadas claramente					X
10	Las preguntas siguen un orden lógico					X
11	El Nº de ítems que cubre cada indicador es el correcto					X
12	La estructura del instrumento es la correcta					X
13	Los puntajes de calificación son adecuados					X
14	La escala de medición del instrumento utilizado es la correcta					X

**3. OPINION DEL APLICABILIDAD:** Es aplicable

**4. Promedio de Valoración 90**

**FIRMA:**



.....  
**Liliana Castro Zavaleta**  
 ING. DE MINAS  
 R. CIP. 146253

**DNI: 43803365**

## Anexo 35

### 1. DATOS GENERALES

### 2. FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (FICHA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO)

- **Apellidos y Nombres del experto:** Castro Zavaleta Liliana
- **Grado Académico:** Magister
- **Institución donde labora:** Universidad Privada del Norte
- **Dirección:** Urb. Residencial Montemar C41, Moche, Trujillo      **Teléfono:** 94014842
- **Email:** [liliana.castro@upn.pe](mailto:liliana.castro@upn.pe) / [liliana123\\_e@hotmail.com](mailto:liliana123_e@hotmail.com)
  - a. **Título del trabajo de investigación:** Estudio geomecánico para determinar método de soporte del talud KM30+00 La Muchala-San Juan de Licupis, Chota
  - b. **Investigador (es):** Calderón Silva, Luis Alberto / Monsalve Rojas, Merlin Sujej

### 3. ASPECTOS A VALIDAR

Indicadores	Criterios	Deficiente (0-20)	Baja (21-40)	Regular (41-60)	Buena (61-80)	Muy buena (81-100)
Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado				x	
Objetividad	Esta expresado en conducta observables				x	
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					x
Organización	Existe una organización lógica					x



Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					X
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias					X
Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos					X
Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores					X
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				X	
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación					X

4. **OPINION DEL APLICABILIDAD:** Es aplicable

5. **Promedio de Valoración: 90**

**FECHA:** 16/05/23

  
 Liliana Castro Zavaleta  
 ING. DE MINAS  
 R. CIR 146253

**DNI:**43803365

### FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTOS

#### 1. DATOS GENERALES

- **Apellidos y Nombres del experto:** CIEZA SANCHEZ EDWAR
  - **Grado Académico:** Doctor en Gestión Pública y Gobernabilidad
  - **Institución donde labora:** Universidad Nacional Autónoma de Chota
  - **Dirección:** Av. Todos los Santos N° 401
- Teléfono:**972698285  
**Email:** edwarcs\_2014@hotmail.com

**Autor (es) del instrumento:** Calderón Silva, Luis Alberto

Monsalve Rojas, Merlin Sujey

#### 2. ASPECTOS DE VALIDACION

Nº	INDICADORES	Deficiente	Bajo	Regular	Bueno	Muy bueno
		1	2	3	4	5
1	El instrumento considera la definición conceptual de la variable				x	
2	El instrumento considera la definición procedimental de la variable					x
3	El instrumento tiene en cuenta la operacionalización a la variable					x

4	Las dimensiones e indicadores corresponden a la variable					X
5	Las preguntas o ítems derivan de las dimensiones e indicadores					x
6	El instrumento persigue los fines del objetivo general					X
7	El instrumento persigue los fines de los objetivos específicos					X
8	Las preguntas o ítems están realmente la variable					x
9	Las preguntas o ítems están redactadas claramente					x
10	Las preguntas siguen un orden lógico					X
11	El Nº de ítems que cubre cada indicador es el correcto					x
12	La estructura del instrumento es la correcta					x
13	Los puntajes de calificación son adecuados					x
14	La escala de medición del instrumento utilizado es la correcta					X

3. **OPINION DEL APLICABILIDAD:**

4. PROMEDIO DE VALORACION: 90 FIRMA:

  
**DNI: 45705439** SANCHEZ SANCHEZ  
 INGENIERO CIVIL  
REGISTRO COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU N° 185264

**Anexo 37.**

**FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO  
(FICHA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO)**

**1. DATOS GENERALES**

- **Apellidos y Nombres del experto:** Cieza Sánchez Edwar
- **Grado Académico:** Doctor en Gestión Pública y Gobernabilidad
- **Institución donde labora:** Universidad Nacional Autónoma de Chota
- **Dirección::** Av. Todos los Santos N°401                      **Teléfono:**  
**Email:** edwarcs\_2014@hotmail.com

**a. Título del trabajo de investigación:**

**b. Investigador (es):**

**2. ASPECTOS A VALIDAR**

Indicadores	Criterios	Deficiente (0-20)	Baja (21-40)	Regular (41-60)	Buena (61-80)	Muy buena (81-100)
Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado				x	
Objetividad	Esta expresado en conducta observables					x
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					x
Organización	Existe una organización lógica					X
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					x

Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias					X
Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos					X
Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores					X
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					X
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación					X

- 3. OPINION DEL APLICABILIDAD:
- 4. PROMEDIO DE VALORACION: 90

DNI: 45795431

FIRMA:



EDWAR CIEZA SÁNCHEZ  
INGENIERO CIVIL  
REGISTRO COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU N° 185264



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, FIGUEROA ALFARO RICHARD WAGNER, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA DE MINAS de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Estudio geomecánico para el método de soporte del talud KM30+00 La Muchala- San Juan de Licupis, Chota", cuyos autores son MONSALVE ROJAS MERLIN SUJEY, CALDERON SILVA LUIS ALBERTO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 10 de Julio del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
FIGUEROA ALFARO RICHARD WAGNER <b>DNI:</b> 43971832 <b>ORCID:</b> 0000-0002-2159-6160	Firmado electrónicamente por: RWFIGUEROAAL el 14-07-2023 12:21:34

Código documento Trilce: TRI - 0583187