

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Geológica

“PROPUESTA Y DISEÑO PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES UBICADO EN EL KM 1360 + 100 – KM 1360 + 600, TUMBACUCHO, HUALGAYOC – 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autores:

Milton Vasquez Vasquez
Nilthon Manuel Zamora Campos

Asesor:

Mg. Ing. Miguel Ricardo Portilla Castañeda

Cajamarca - Perú

2021

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación va dedicado principalmente a nuestros padres, hermanos y familiares, por el apoyo incondicional que siempre nos brindaron día a día en nuestra formación profesional, para poder ser personas útiles para la sociedad, por darnos el apoyo y así poder concluir una carrera profesional que nos servirá para nuestro futuro y por creer profundamente en nuestras capacidades y siempre estar de lado nuestro, brindándonos los mejores consejos, guiándonos y haciéndonos unas Personas de bien.

Nilthon Manuel Zamora Campos.

Milton Vásquez Vásquez.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos profundamente al Ing.: Miguel Ricardo Portilla Castañeda, un profesional de gran sabiduría y por su apoyo incondicional que nos brinda para poder desarrollar nuestra tesis de manera correcta, gracias por las ganas de transmitirnos sus conocimientos en el día a día y así poder llegar a una meta anhelada que siempre soñamos tener nuestro título profesional, también un agradecimiento especial a la Universidad Privada del Norte, (UPN), por cobijarnos desde inicio de nuestra carrera hasta concluir de una forma satisfactoria, para poder ser profesionales egresado de sus aulas.

Milton Vásquez Vásquez.

Nilthon Manuel Zamora Campos.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
RESUMEN.....	11
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO II. METODOLOGIA.	17
CAPITULO III. RESULTADOS	22
CAPITULO IV DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	129
REFERENCIAS.....	134
ANEXOS.....	137

INDICE DE FIGURAS.	Pág.
Figura 1.	14
Figura 2.	15
Figura 3.	16
Figura 4.	17
Figura 5.	18
Figura 6.	19
Figura 7.	21
Figura 8.	23
Figura 9.	24
Figura 10.	26
Figura 11.	27
Figura 12.	
Figura 13.	

Figura 14. 30

Figura 15. 32

Figura 16. 33

Figura 17. 34

Figura 18..... 35

Figura 19.

Figura 20. 38

Figura 21. 39

Figura 22. 40

Figura 23. 44

Figura 24. 55

Figura 25. 60

Figura 26. 64

Figura 27. 67

Figura 28. 70

Figura 29. 71

Figura 30.	76
Figura 31.	77
Figura 32.	78
Figura 33.	
Figura 34.	
Figura 35.	
Figura 36.	86
Figura 37.	88
Figura 38.	89
Figura 39.	91
Figura 40.	92
Figura 41.	93
Figura 42.	94
Figura 43.	95
Figura 44.	96
Figura 45.	97

Figura 46.	99
Figura 47.	100
Figura 48.	101
Figura 49.	102
Figura 50.	104
Figura 51.	105
Figura 52.	106
Figura 53.	107
Figura 54.	109
Figura 55.	110
Figura 56.	111
Figura 57.	112

INDICE DE TABLAS	Pág.
Tabla 1.	12
Tabla 2.	13
Tabla 3.	41
Tabla 4.	42
Tabla 5.	45
Tabla 6.	46
Tabla 7.	48
Tabla 8.	49
Tabla 9.	49
Tabla 10.	51
Tabla 11.	52
Tabla 12.	53
Tabla 13.	54
Tabla 14.	54
Tabla 15.	56

Tabla 16.	57
Tabla 17.	58
Tabla 18.	59
Tabla 19.	61
Tabla 20.	61
Tabla 21.	63
Tabla 22.	64
Tabla 23.	68
Tabla 24.	72
Tabla 25.	74
Tabla 26.	75
Tabla 27.	78
Tabla 28.	98
Tabla 29.	103
Tabla 30.	108
Tabla 31.	113

RESUMEN

Los deslizamientos que se producen cada año en la carretera Hualgayoc-Bambamarca exactamente ubicada en el caserío de Tumbacucho, es un gran problema para los vehículos que tiene que esperar horas o días para que hagan limpieza y puedan transitar de manera segura, es por eso que en el presente año se realizó visitas a la zona de estudio, donde se pudo observar deslizamiento de suelo y roca, grietas sobre los taludes los cuales son indicios que se siga produciendo deslizamientos. Este estudio tiene como objetivo elaborar una propuesta y diseño para la estabilidad de taludes, para ellos se realizó tomas de data de campo, donde se excavo una calicata, se procedió a realizar ensayos en laboratorio clasificando a los suelos como CL y a la roca como calidad media, los cuales son muy propensos a deslizamientos como fenómenos de sismicidad, estos resultados fueron analizados mediante el software SlideV7.0(Spencer y Morgenstern-Price) en condiciones estáticas y psedoestaticas, clasificando a los taludes como inestable según la norma para proyectos civiles, concluyendo que la propuesta realizada de muros y gaviones ayudara a evitar futuros deslizamientos.

Palabras clave: Deslizamiento, grietas, estabilidad, sismicidad.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En el mundo las carreteras se constituyen en zonas muy accidentadas, estas están acompañadas con taludes naturales con pendientes pronunciadas y esto se suma al ambiente agresivo, con sus diferentes climas, que poco a poco se van erosionando el material que conforma el talud, terminando en un deslizamiento de masa, que daña o bloquea las carreteras y en el peor de los casos que convierte en una trampa mortal para los transeúntes o cualquier ser vivo que se encuentre cerca de él, un ejemplo es la carretera que conecta las ciudades de Manizales y Marquita en Colombia, presenta taludes inestables, que se origina a raíz de la construcción de la misma, ya que sus pendientes dejan de ser naturales por cortes que realizaron al construir la carretera, por lo que ya en varios tramos de la vía, se presenciaron deslizamientos de grandes masas del talud, que terminaron por bloquear la vía y hasta cobrar vidas humanas, (García, 2017).

Los análisis de estabilidad de los taludes pueden ser abordados con diferentes enfoques y el problema consiste en determinar las pendientes máximas que permitan construirlos de una manera estable y segura, evitando las fallas por deslizamientos, vuelco, desprendimientos, etc. Evaluar la estabilidad de un talud implica un estudio en el cual se debe, entre otros factores: caracterizar la resistencia del suelo, establecer el perfil del talud, así como las condiciones de filtración y agua subterránea, seleccionar una superficie de deslizamiento o falla y calcular su

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

factor de seguridad.

A partir de este factor de seguridad (el cual se elige en base al destino del talud) se determina la superficie de falla crítica, (Alvares, 2021).

La Paz es considerada como una de las ciudades más vulnerables de Bolivia, en términos de deslizamientos de tierra. Debido a su topografía particular, condiciones geológicas inestables y frecuente intervención humana, la seguridad y la economía de las personas se ven comprometidas. Villa Exaltación es un sector de La Paz ubicado en la región fronteriza entre la zona sureste de la ciudad de El Alto y la cuenca del río Alpacoma. Según el Mapa de Riesgos (2011), presenta un índice de alto riesgo, como resultado de un nivel de vulnerabilidad moderado y un alto rango de peligrosidad, debido a sus características naturales, está catalogada como zona de alta prioridad en la intervención.

Para adquirir la solución más adecuada, es esencial comprender los mecanismos y datos técnicos con una secuencia cronológica, también es importante recordar que los materiales del suelo se destacan por su grado de complejidad, lo que hace que la predicción del comportamiento sea muy difícil ya que estos materiales son heterogéneos en espacio y profundidad, (Gurruchaga, 2020).

Las localidades de Chimbote y Nuevo Chimbote en el departamento de Ancash en Perú, localizadas en la zona norte costera del país y ubicadas en la Zona 4 del mapa de zonificación sísmica en la Norma Sismorresistente Peruana definida como de “Alto Peligro Sísmico” (PGA de

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

0,45 g) debido a su cercanía a la zona de interacción entre las placas tectónicas Sudamericana y Nazca, lo cual fue evidenciado tras el terremoto de Ancash en 1970.

Razón por la cual, en el año 2013 se llevó a cabo el proyecto de Zonificación Sísmica y Geotécnica, por parte del Instituto Geofísico del Perú. El objetivo del proyecto era el de determinar las características geotécnicas y geofísicas del subsuelo, que se encuentran directamente relacionadas con la respuesta dinámica del terreno bajo la influencia de un sismo.

Entre los productos obtenidos a partir del estudio de zonificación sísmica y geotécnica, se puede mencionar: la adquisición, procesamiento y análisis de 11 perfiles sísmicos mediante el análisis multicanal de ondas superficiales (MASW), estimándose la propagación de las velocidades de ondas S en cada estrato del subsuelo hasta los 30 m de profundidad; medición de 695 puntos de vibración Nakamura natural del suelo obteniéndose el período fundamental de vibración del suelo en cada punto a partir de la técnica de H/V . Delimitación de unidades geológicas y geomorfológicas del área; Clasificación SUCS y el mapa de la capacidad de carga admisible del suelo; Estudio de sismicidad del área; Finalmente, el mapa de zonificación sísmico - geotécnica del suelo en Chimbote y Nuevo Chimbote, (Bernal, 2017).

En la presente investigación se presenta, la propuesta y diseño de estabilidad de taludes, ubicado en la región Cajamarca, provincia y distrito de Hualgayoc en el caserío de Tumbacucho, La zona se encuentra bajo diversos riesgos geológicos internos y externos, siendo uno de los

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

principales la inestabilidad de taludes en la carretera, el cual es un problema que acarrea a nivel nacional, los deslizamientos producen cambios en la morfología del terreno, diversos daños ambientales, daños en las obras de infraestructura, destrucción de viviendas, bloqueo de ríos, cuencas y afecta las carreteras.

La zona es bastante compleja, debido a la presencia de geo-estructuras fuertemente disturbadas, también una geomorfología muy accidentada, los aspectos geológicos, hidrológicos y sísmicos de las diferentes zonas de la carretera dando lugar a plegamientos, los cuales, por estar constituidos por material arcilloso, areniscas y lutitas; son propensas a un fuerte proceso de erosión, meteorización física y química, por ello este evento se da por causa de la empresa minera que anteriormente operaba en el lugar ya que realizaban perforación y voladura y con el paso del tiempo con tanto movimiento interno se pierde la dureza de la roca y el suelo en la parte superficial es por eso que se tiene el problema hoy en día, como se sabe que en nuestro país uno de los problemas que se debe de empezar a manejar en distintas zonas a nivel nacional, (Ávila, 2021).

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la mejor propuesta y diseño para la estabilidad de taludes en el caserío de Tumbacucho, Hualgayoc – 2021?

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

1.1. Objetivos

1.2.1. General

Elaborar una propuesta para el diseño y la estabilidad de taludes en el caserío de Tumbacucho, Hualgayoc – 2021.

1.2.2. Específicos

Determinar los parámetros geotécnicos del macizo rocoso y del suelo ubicado en el km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc – 2021.

Calcular el FS para los distintos taludes ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc – 2021.

Determinar las características principales y las causas que originan los deslizamientos del material a fin de establecer un diseño de estabilidad en el caserío Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

1.3. Hipótesis

La propuesta y diseño de estabilidad de taludes si es favorable para evitar los deslizamientos en el Km 1360 + 100 – Km 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc – 2021.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

CAPÍTULO II. METODOLOGIA

2.1. Tipo de investigación

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo puesto que se recopila y se analiza los datos recogidos en campo, el diseño del estudio es descriptivo y de carácter exploratorio ya que no se manipularán las variables y es de tipo aplicado. Con un diseño no experimental, y de corte transversal, porque se observará, describirá y explicará detalladamente lo que ocurre los principales eventos de deslizamiento de talud, en tiempo de lluvia con mayor intensidad y en tiempo de verano con un grado de intensidad menor, también estudiar el tipo de rocas que afloran en la zona de estudio, (Oblitas, 2018).

2.2. Población y Muestra (Materiales, instrumentos y métodos).

2.2.1. Población

Todos los taludes que se encuentran en el tramo del Km 1360 + 100 – Km 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc – 2021.

2.2.2. Muestra

Las 04 estaciones geo mecánicas de muestreo en los depósitos no consolidados y de macizo rocoso del talud ubicado en el Km 1360 + 100 – Km 1360 + 600, dentro de la zona afectada por los acontecimientos geológicos que se están realizando para sacar muestras respectivas en la zona de Tumbacucho, Hualgayoc – 2021.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.

2.3.1. Observación directa

Los instrumentos a utilizar en este proyecto son las fichas de observación y libreta de campo, para poder recolectar toda la información necesaria que se pueda obtener en campo de manera que nos ayude a identificar una posible propuesta y diseño de estabilidad de taludes en el caserío de Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

2.3.2. Análisis documental

Uno de los instrumentos principales que será utilizado en este estudio viene a ser el análisis documental dentro del cual se utilizará es la ficha de registro de datos, que servirá para analizar los datos obtenidos en la zona de estudio en el cual se utilizó lo siguiente:

2.3.3. Instrumentos.

Ficha de observación geomecánica, cuaderno de campo, cámara fotográfica, brújula Brunton Azimutal, GPS Nvegatorio Garmin Mal 60 Cx, Flexómetro (50m) y Flexómetro (5m), lápiz de dureza cardibe (rayador), picota geológica, mapa topográfico, geológico e imagen satelital.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

2.3.4. Análisis de datos

El análisis de datos e interpretación de datos será realizado en gabinete mediante el uso de los siguientes softwares: Slide v7.0, Dips v6.0, Roc Data, Rock Plane, SWedge, Microsoft office (Word, Excel, PowerPoint).

2.4. Procedimiento

2.4.1. Etapa de pre campo o gabinete.

Esta etapa se conforma en dos fases: la primera; antes de comenzar el trabajo en campo se recopiló información referente al tema de investigación, con búsqueda bibliográfica en la base de datos de “Scielo, Redalyc y Alicia”, Investigaciones, tesis, revistas y estudios relacionados con la inestabilidad de taludes en carreteras.

La segunda conformada por las campañas de campo, constituido en el análisis e interpretación de los datos, así mismo también se dio uso a los softwares siguientes como son: el slide 6.0. Microsoft Office 2016, ArcGIS 10.5., y También Google earth pro versión 7.0, para poder desarrollar de una manera adecuada dicho proyecto.

2.4.2. Etapa de campo.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Una vez encontrados en la zona de estudio primero se observó los principales taludes de la zona en el cual se inició una investigación para encontrar el motivo principal por el cual la mayoría de taludes de la zona venían abajo en el tiempo de invierno con mayor frecuencia , pero también en el verano se veía afectada con un grado menor, en el cual se logró identificar que los principales agentes geológicos afectaban directamente a la zona de estudio, por otro lado el nivel freático que se encontraba casi a la superficie de manera que chorrea el agua a la parte alta del talud eso hace que el suelo y roca suelta que se encuentra en el lugar se moje y seda en cualquier momento ya que también este material está compuesto por material sedimentario como lutitas, areniscas y otro material que es fácil de moverse cuando hay presencia de agua, logrando identificar estos principales problemas se procedió a realizar el estudio más adecuado.

Para poder estabilizar la zona y brindar mayor seguridad tanto a la gente que vive en la zona, como también a la protección de la vía de comunicación que conduce de la ciudad de Hualgayoc a Bambamarca y viceversa, tomándose muestras de las calicatas realizadas y llevándolos al laboratorio a la ciudad de Cajamarca, además de toma de datos de campo respectivos.

2.4.3. Etapa de laboratorio.

Esta etapa correspondiente al laboratorio, donde consistió en analizar las muestras tomadas en campo, de esta manera se halló los parámetros físicos geo- mecánicos de muestra de

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

suelo y roca. Para el suelo se realizó un análisis granulométrico, cohesión, fricción, peso unitario, y corte directo, una vez ya obtenidos todos estos datos se prosigue al siguiente paso evaluar una posible propuesta y diseño de estabilidad de taludes en la zona de Tumbacucho, Hualgayoc.

2.4.4. Etapa de gabinete

Ya una vez habiéndose descrito y clasificado la litología de la zona de estudio se procedió al procesamiento e interpretación de la data obtenida en campo, con lo cual se definió los diferentes eventos geológicos en la zona de estudio, también se analiza y se esquematiza el trabajo obtenido y se contrasta la información ya obtenida de la investigación con la fin de validar toda la información recolectada y siendo conforme la información, ya para posteriormente poder redactar todos los capítulos restantes de la investigación, a base de los resultados obtenidos.

2.4.5. Etapa final de gabinete.

Con la información obtenida en todas las etapas anteriores y los datos obtenidos en campo, se procedió a analizar, procesar e interpretar, en el cual se utilizaron Softwares como: Slide v7.0, Dips v6.0, Roc Data V5, Rock Plane, SWedge. Gracias a estos softwares y a la información obtenida nos ayudaron a analizar e interpretar todos los posibles eventos que puede suceder en la zona de Tumbacucho, Hualgayoc – 2021. Con los cuales se logró obtener los resultados finales de esta manera se culminó con la elaboración de tesis.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

CAPITULO III. RESULTADOS

3.1. Aspectos Generales

3.1.1. Ubicación

La ciudad de Hualgayoc, está ubicada en la parte superior de la cuenca del río Hualgayoc - Arascorgue, cuya dirección de flujo es SW-NE y cuyas aguas discurren en dirección NE hacia algunas de las comunidades campesinas de la provincia y también parte de la ciudad de Bambamarca, las principales elevaciones que se tienen son hacia el oeste Cerro Corona con una elevación de 3950 m.s.n.m, al norte Cerro Jesús con una elevación 3900 m.s.n.m y hacia el SE Cerro José con una elevación 3850 m.s.n.m.

Geográficamente la zona de estudio se encuentra en la cordillera occidental de los andes en el norte del Perú, al SW de la ciudad de Hualgayoc, entre el Km+10 y Lm 23+4 de la carretera Hualgayoc- Bambamarca, en el caserío de Tumbacucho, con coordenadas UTM: DATUM WGS84-ZONA – 17S.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

3.1.2. Política.

Políticamente la zona de estudio se encuentra en:

- ✓ Departamento: Cajamarca
- ✓ Provincia: Hualgayoc
- ✓ Distrito: Hualgayoc

Las coordenadas de los vértices de la zona de estudio se especifican en la siguiente tabla.

Tabla 1.

Coordenadas UTM-GS84 de los vértices de la zona de estudio.

VERTICE	ESTE	NORTE
V1	766815	9194500
V2	766790	9252330
V3	766460	9252635
V4	766425	9252565

Nota: en esta tabla se muestra las coordenadas UTM – GS84, de la zona de Tumbacucho.

Fuente: propia

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

3.2. Accesibilidad

El acceso al punto inicial del área de estudio se realiza en dos tramos; primero, desde la ciudad de Cajamarca hasta la ciudad de Hualgayoc, y el segundo tramo desde la ciudad de Hualgayoc hasta la comunidad de Tumbacucho, desde Hualgayoc para llegar a la comunidad de Tumbacucho, se puede tomar la ruta, Hualgayoc- Bambamarca.

Tabla 2.

Vía de acceso al tramo de estudio Tumbacucho, Hualgayoc-2021.

Ruta – terrestre	Distancia	Tiempo	Vía	Estado
Cajamarca – Hualgayoc	79 km	3.30hrs	Asfaltada	Bueno
Hualgayoc - Tumbacucho	1 km	10 min.	asfaltada	Bueno

Nota: tabla donde se muestra las distancias respectivas desde la ciudad de Cajamarca hasta la zona de estudio.

Fuente: propia.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.



Figura 1. Mapa político de la provincia de Hualgayoc Fuente: Ingemmet.

3.3. Clima y vegetación.

El clima del distrito de Hualgayoc es semejante al de cualquier otra parte de los Andes Peruanos, con una estación seca de abril a septiembre y la estación húmeda de octubre a marzo. Durante la estación seca, en altitudes mayores de 3500 m.s.n.m, los días son templados pero la temperatura de muchas noches baja al punto de congelación o bajo cero.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

La cobertura vegetal está caracterizada por distintas clases de pastos de los cuales el más común es el ichu, algunas laderas muestran Arboles como Pino y Eucalipto.



Figura 2. En la presente figura se muestra la vegetación existente en la zona de estudio ubicado en Tumbacucho, Hualgayoc -2021.

Fuente: propia.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

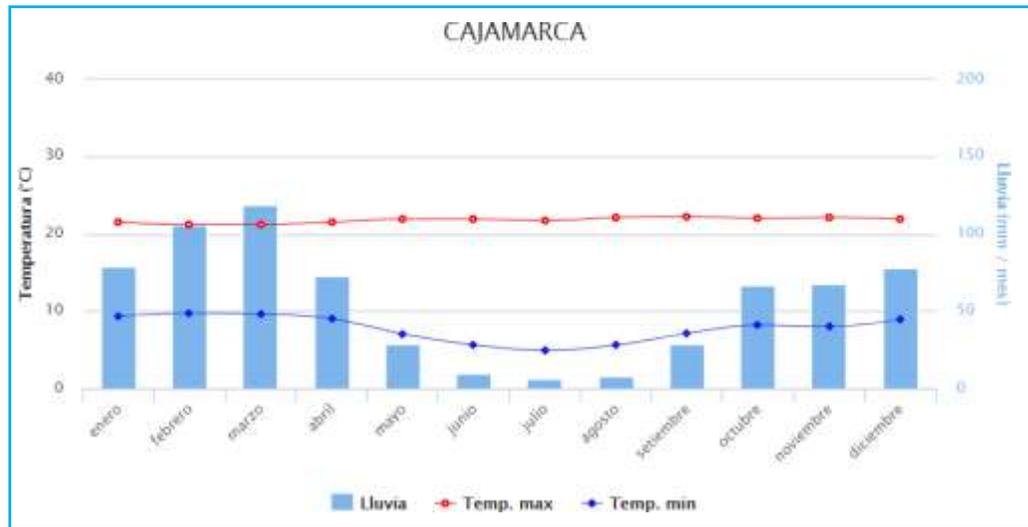


Figura 3. Temperatura en la zona de estudio durante todo el año.

Fuente: SENAMHI.

3.4. Geología Regional

Las unidades Geológicas tomando como base los estándares del INGEMET Geomorfológicamente la zona de estudio del caserío de Tumbacucho, Hualgayoc, presenta las siguientes unidades, lomadas del terreno con elevaciones de bajo ángulo y pendiente suaves que está comprendida entre 10° a 25°, donde se muestra material de origen sedimentario que este compuesto por areniscas, arcillas, conglomerados, etc., a continuación, se muestra una figura de la zona.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.



Figura 4. Presencia de lomadas sobre el área de estudio.

Fuente: Propia.

Donde las laderas son los desplazamientos de masa de tierra o de rocas que se encuentran en pendiente, relativamente inclinados, con pendiente comprendida entre 20° a 45° compuesto por material sedimentario de las formaciones del grupo Goyllarisquizga, Inca, Pariatambo, Yumagual. Esto son movimientos de flujo, que no tienen una superficie neta de lo que sería desplazamiento, y estos son de una forma vertical como se muestra en la figura.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.



Figura 5. Laderas presentes en la zona de Tumbacucho, Hualgayoc - 2021. Fuente: Propia.

3.4.1. Estratigrafía.

Las rocas sedimentarias de la parte sur del departamento de Cajamarca, están compuestas por rocas cretácicas que abarcan desde las edades desde el Valniano hasta el Campaniano, el cretácico en Hualgayoc y alrededores por más de 5000 m; en muchas localidades las rocas del Cretáceo Inferior cubren concordantemente a las rocas Jurásicas, y en otras localidades están cubiertas por una secuencia de capas rojas conglomeráticas del Cretáceo Superior y paleógeno

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

neógeno. La parte inferior 44 del Cretáceo, está caracterizada por material clástico, areniscas y lutitas con cantidades menores de calizas intercaladas.

Las rocas Cretácicas suprayacentes son principalmente calizas con cantidades variadas de lutitas intercaladas del Cretáceo (Campaniano), luego de la transgresión marina a inicios del Aptiano donde se depositarían de sedimentos calcáreos de cuencas someras y profundas representadas por las formaciones: Grupo Goyllarisquizga, Inca, Chulec, Pariatambo, Yumagual, (Crisólogo, 2009).



Figura 1. Se muestran estratos de areniscas de color gris rojizo intercalados con niveles delgados de lutitas de color beige azulado.

Fuente: Propia

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

3.5. Geología Local

3.5.1. Estratigrafía.

La zona de estudio ubicada en el Km 1360 + 100 – Km1360 + 600, en el caserío de Tumbacucho en la provincia de Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca está formada por rocas de origen sedimentario que son muy sensibles al momento de la presencia de agua que tienden a ceder, en esta zona de estudio está conformado por rocas del cretáceo inferior que se componen de rocas conglomeradas de una coloración rojizo, las rocas más existentes en este lugar son las sedimentarias, metamórficas e ígneas, entre las rocas sedimentarias las que más sobre salen son las lutitas, areniscas, en algunas partes las calizas, y los conglomerados. En las metamórficas hay las pizarras, como también la presencia de rocas intrusivas y volcánicas, (Quispe, 2019).

3.5.2. Formación Pariatambo (ki – pa)

Esta formación aflora en las partes más altas del distrito de Hualgayoc, la misma que se puede observar a lo largo del anticlinal de Los Negritos. Tiene aproximadamente entre 200 – 300 m de espesor.

Presenta niveles delgados a medios de calizas bituminosas de color gris oscuro, intercalado con niveles delgados de lutitas negras, su estratificación es rítmica y en general las capas más masivas están intemperizadas en un color gris claro, mientras que las inter -estratificaciones de

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

lutitas y calizas arcillosas, que son de color gris a negro, afloran en pequeños estratos debido a que se desintegran con facilidad formando suelos los cuales están cubiertos por vegetación.

Las mismas que son más resistentes que las calizas de la formación Chúlec, a continuación, se muestra la figura de la zona.

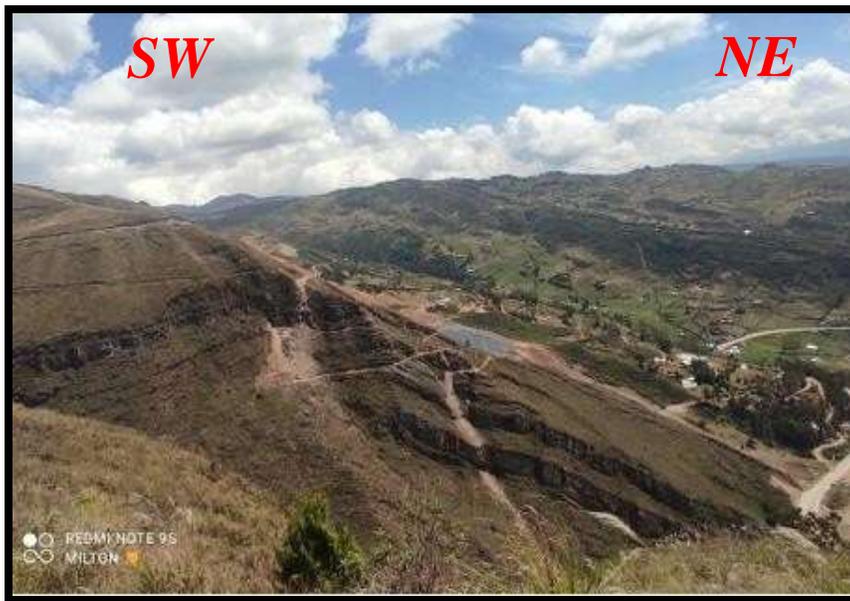


Figura 2. Anticlinal ubicado en los negritos la Tahona. **Fuente:** Propia

3.5.3. Formación Yumagual (ks – yu).

La mayor exposición de esta formación se da hacia la zona sur del distrito de Hualgayoc, en la carretera del paso Coymolache, en la zona se pudo observar, secuencia de margas, gris

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

parduzcas en bancos más o menos uniformes, también de calizas nodulares grises azuladas intercaladas con margas, así mismo se observó la presencia de venillas de calcita debido a la cercanía con un cuerpo caliente que vuelve en disolución a las calizas formándolas y distribuyéndolas irregularmente, dichas calizas se pudieron notar con una potencia que oscila entre 400 - 500 m.

También, se observó claramente la estratificación y la presencia de bancos muy potentes y margas distribuidas irregularmente en menor cantidad, Paleontológicamente esta Formación se encuentra entre el Neo - Albiano y parte temprana del Cenomaniano, perteneciente al Cretáceo Inferior y Cretáceo Superior, en el techo a la Formación Yumagual.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.



Figura 3. Estratificación de margas y presencia de calizas presentes en la zona sur del distrito de

Hualgayoc.

Fuente: Propia.

3.5.4. Formación Chulec (ki – chu).

Su mayor exposición se da a lo largo de la carretera, desde el campamento de Culquirrumi hasta el caserío de Apan Bajo, esta formación tiene aproximadamente 300 - 350 m de calizas nodulares y margas de color marrón crema, intercaladas con niveles delgados de lutitas calcáreas, los estratos varían en su potencia desde 20 – 80 cm de grosor.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Los sedimentos que componen esta formación son altamente blandos, esta formación es fosilífera por excelencia por lo que presenta los siguientes fósiles: Knemiceras, los cuales son característicos del Albiano, Lyelliceras, es conocido a fines del Albiano inferior, Neithea, Enallaster texanus (Benavides, 1956).



Figura 4. Se observa la presencia de calizas y en la parte inferior presencia de una beta malaquita.

Superficial.

Fuente: Propia.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

3.5.5. Formación Inca (ki – i).

Esta formación, inicialmente llamada “Capas Rojas” del Barremiano por TAFUR (1950), para luego sea definida por BENAVIDES (1956) como formación Inca, refiriéndose a los afloramientos al este de los Baños del Inca en Cajamarca.

Las capas de las rocas, varían desde unos centímetros hasta varios metros de espesor, el color de estas rocas varía en la superficie, de rojizo a naranja amarillento, en el cañón del río Hualgayoc las rocas han sido alteradas, porque están en contacto con el intrusivo dacítico y los diferentes sills presentes en la zona.

Por lo que se hace más difícil diferenciarlas de las rocas ígneas, la litología de ella, consiste en niveles laminares de areniscas, así como también lutitas y limolitas ferruginosas de color pardo oscuro y en la parte baja con pequeños niveles de calizas arenosas. Paleontológicamente esta formación se encuentra entre el Albiano superior y el Albiano Inferior, perteneciente al Cretáceo Inferior. Infra yaciendo en el techo a la Formación Chulec.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.



Figura 5. Láminas de areniscas, así como también lutitas y limolita ferruginosas, en la parte baja

Niveles de calizas arenosas.

Fuente: Propia.

3.5.6. Grupo Goyllarisquizga (ki – g).

Estas rocas están expuestas principalmente en el cañón del río Hualgayoc, presentando estratos de areniscas cuarzosas de color gris rojizo intercalados con niveles delgados de lutitas de color beige azulado, lodolitas interestratificadas y niveles pequeños de lutitas calcáreas de color marrón claro. La base de esta secuencia no está expuesta en la superficie.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

En Hualgayoc no se hallaron fósiles en esta formación por lo que no se puede precisar con claridad la edad de estas rocas (Benavides, 1956), sin embargo, sus relaciones estratigráficas son las mismas a las encontradas en las regiones vecinas y los Andes Centrales del Perú, por lo que se le asigna al Neocomiano Inferior - Aptiano. Esta formación infrayace a la formación Inca (Bol.38 INGEMMET).

Paleontológicamente esta formación se ubica en el Neocomiano – Aptiano, esta formación infrayace a la Formación Inca.



Figura 6. Estratos de areniscas cuarzosas de color gris rojizo intercalados con niveles de lutitas de color beige azulado.

Fuente: Propia.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

3.5.7. Depósitos Cuaternarios.

Estos depósitos están presentes en las márgenes del cañón del río Hualgayoc, así como también en las laderas de caserío de Tumbacucho específicamente en la zona de estudio donde se pretende proponer el diseño y propuesta para la estabilidad de taludes, también se encuentran presentes en la subcuenca como también en las zonas cercas al estudio realizado, los cuales los vamos a describir a continuación.



Figura 7. Depósitos cuaternarios de la zona de Tumbacuco, Hualgayoc. **Fuente:** Propia.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

3.5.8. Depósitos Coluviales.

Este tipo de depósitos están asociados a masas inestables y están compuestos principalmente por fragmentos angulares gruesos y heterogéneos, debido al poco transporte que estos han tenido, los mismos que presentan un color negruzco a amarillento, y estos fragmentos están sostenidos por una matriz de composición variable con presencia de arenas, arcillas y limos y distintas cantidades.



Figura 8. FIGURA 08. Presencia de fragmentos angulares y heterogéneos en la zona de estudio Tumbacucho, Hualgayoc – 2021.

Fuente: Propia.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

3.5.9. Rocas Intrusivas.

Loa intrusivos que se encuentran expuestos en el cerro Jesús y socavon real están compuestos básicamente por rocas dacíticas con una coloración blanquecina a pardo amarillento o gris, ya que por ello presentan una textura porfirítica, esta roca ha sido alterada por fluidos hidrotermales, también por los minerales ferromagnesianos han sido alterados a sericita o arcilla y la matriz silicificada o sericitizada, debido a que es una zona muy mineralizada en el lugar eso es una de las causas principales de la existencia de este tipo de roca, a continuación se muestra una figura donde muestra las rocas dacíticas.



Figura 9. Roca alterada por fluidos hidrotermales, en la zona de Hualgayoc. **Fuente:** Propia

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

3.5.10. Geología Estructural.

Existen diferentes definiciones en lo que respecta a geología estructural, para Sitter, (1976). Es el análisis de la deformación de los estratos sedimentarios, pero antes de poder estudiar dicha deformación es esencial conocer la secuencia sedimentaria de los estratos en cuestión. Cuando el plegamiento es relativamente suave, el orden de sucesión estratigráfico es fácil de averiguar partiendo de la ley de superposición. Sin embargo, para Billings M, (1974), es el estudio de la arquitectura de la Tierra, en tanto es determinada por movimientos terrestres, los cuales causan pliegues, diaclasas, fallas y clivajes.

El movimiento del magma, debido a que con frecuencia está íntimamente asociado con el desplazamiento de rocas sólidas, es también un tema que está dentro del dominio de la Geología Estructural.

Según estas definiciones la geología estructural se refiere al estudio y análisis de las deformaciones producto de los movimientos tectónicos generados al interior de la tierra, a

continuación, se describen las principales estructuras presentes en la zona de estudio en el distrito de Hualgayoc, caserío de Tumbacucho en el Km 150 +200 – 150 + 400.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.



Figura 10. Presencia de estructuras en la zona de estudio, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Fuente: Propia.

3.5.11. Pliegues.

Los principales pliegues que se puede observar en la zona de Tumbacucho es el anticlinal que viene ubicado en el cerro los negritos que nuevamente se logra apreciar en el caserío de Pílancones el cual es un pliegue asimétrico y monoclinal donde hay presencia de roca caliza y también en su parte superior está compuesta por arbustos como los tayancos, la zarza y pajonales propios de la zona. El mismo que está formado sobre el Grupo Goyllarisquizga del Cretáceo Inferior, a continuación, se muestra una imagen donde se nota claramente lo antes mencionado.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

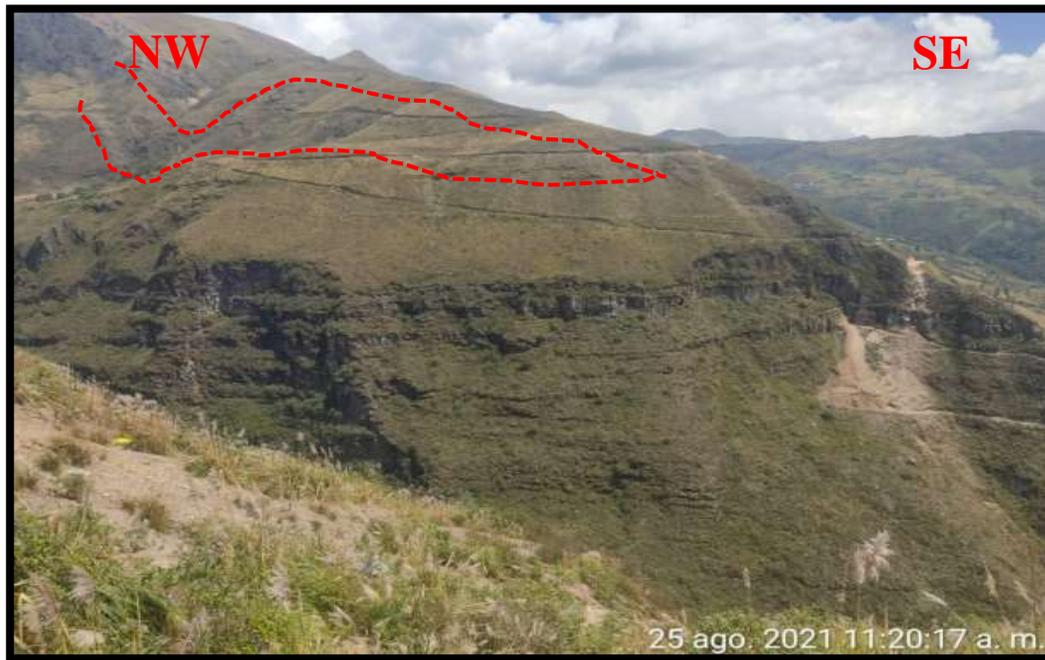


Figura 11. Presencia de pliegue en el cerro los negritos de Hualgayoc.

Fuente: Propia.

3.5.12. Fallas

Estas estructuras de falla normal que se les puede observar principalmente en las rocas sedimentarias que se encuentran presentes en el trayecto de la carretera de Hualgayoc hacia Bambamarca, así como también algunas de ellas se encuentran presentes en el intrusivo diorítico del proyecto cerro corona, como se muestra a continuación en la siguiente figura.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.



Figura 12. Vista de deslizamiento desde parte baja de taludes.

Fuente: Propia

3.5.13. Diaclasas.

Estas discontinuidades se encuentran presentes en menores espaciamientos de 10 cm a 40 cm, aberturas menores a 1 mm, paredes ligeras a moderadamente rugosas, rellenos de carbonatos y óxidos con espesores generalmente menores de 5 mm, en ciertos casos algo mayores llegando hasta 2 cm, moderadamente intemperizadas, y condiciones de agua subterránea de secas a húmedas, también se nota la humedad en las diaclasas el cual lo hace que estén frágiles al momento de querer extraer una muestra de ella.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

A continuación, se muestra una figura de las diaclasas presentes en la zona de estudio, para poder observar e identificar la existencia de dichas diaclasas en el lugar.



Figura 13. Presencia de diaclasas en una pared del talud de estudio en la zona de Tumbacucho.

Fuente: Propia.

3.6. Geomorfología.

Es una ciencia de síntesis que tiene por objeto clasificar y explicar las formas del relieve; en cambio Soeters R. 1976. Se define a la Geomorfología como la ciencia que trata de la superficie terrestre y sus orígenes.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Según estas definiciones, la geomorfología tiene por objetivo la descripción de las formas del terreno, la explicación de su génesis, es decir de su origen y evolución a través del tiempo geológico, así como la explicación y descripción de los agentes geomorfológicos modeladores de la superficie terrestre. En ese sentido, el relieve terrestre hace referencia a las formas que tiene la corteza terrestre o litosfera en la superficie, tanto al referirnos a las tierras emergidas, como al relieve submarino, es decir, al fondo del mar, para clasificar las unidades geomorfológicas vamos a utilizar la clasificación de Rodríguez Cruzado, R. (2016), quien lo clasifica de la siguiente manera.

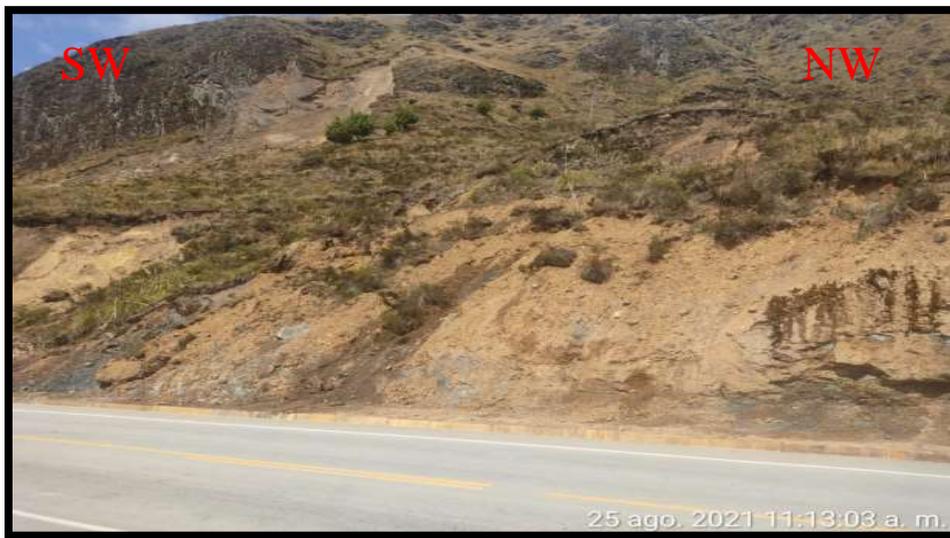


Figura 14. Presencia de geomorfología en la zona de estudio de Tumbacucho - 2021. **Fuente:** Propia.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

3.6.1. Planicies.

Estas geo formas están presentes en la zona de Hualgayoc, específicamente en el caserío de Tumbacucho donde se encuentra en una altitud aproximada entre 3250 m.s.n.m. hasta 3400 m.s.n.m. Correspondiente donde la superficie presenta ligeras ondulaciones, la misma que se localizó ocupando algunas partes de la zona de estudio, la pendiente dominante fluctúa entre el rango de 0° a 8°.

Litológicamente está constituida por rocas sedimentarias y también rocas volcánicas correspondientes principalmente a las formaciones Yumagual, Pariatambo, Chulec.

La cobertura vegetal presente es principalmente gramíneas, ichu, montes silvestres propios de la zona como por ejemplo pastos nativos como la grama y la pajilla, también se en este lugar se puede apreciar que se desarrollan actividades agrícolas y ganaderas, la topografía poco accidentada restringe la ocurrencia de acciones erosivas actuales por lo que no ocurren mayores cambios en la zona.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.



Figura 15. Planicies presentes en Tumbacucho – Hualgayoc, 2021. **Fuente:** Propia.

3.6.2. Lomadas.

En estas geoformas son elevaciones naturales del terreno de similar altura que las colinas, pero con diferencia que las cimas son más grandes, redondeadas y alargadas, y cuyas pendientes están entre 8° y 20° . Las mismas que no deben pasar los 150 a 200 m de altura, estas zonas de terreno sirven como una opción para desarrollar el pastorero para los pobladores que tienen sus viviendas alrededor y muy escasamente es utilizado para el desarrollo de una pequeña agricultura.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Litológicamente se encuentran en las Formaciones Inca, Chúlec, Pariatambo y Yumagual, presentándose principalmente en la margen derecha de la carretera Hualgayoc – Bambamarca y en las márgenes de la quebrada Mesa de Plata.



Figura 16. Grietas sobre los taludes.

Fuente: Propia.

3.6.3. Escarpes.

Estos sectores se encuentran con una topografía muy accidentada y está conformada por laderas montañosas moderadamente ramificadas estructuralmente plegadas donde aún se conservan rasgos de las estructuras originales a pesar de haber sido afectadas por procesos de denudación (anticlinal), estas están constituidas por rocas sedimentarias y del cretáceo superior, así como también tiene la presencia de rocas ígneas.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

La pendiente dominante corresponde al rango mayor al 50°. En estas zonas difícilmente se puede practicar actividades de agricultura y ganadería debido a que tienen una pendiente muy pronunciada aquí en este lugar la erosión actual es muy visible, también se puede observar claramente que hay movimiento de masas, deslizamientos y caída de rocas.



Figura 17. Escarpes en la zona Tumbacucho – Hualgayoc, 2021.

Fuente: Propia.

3.7. Investigación Y Trabajos De Campo.

3.7.1. Calicata

Con la finalidad de determinar el Perfil Estratigráfico del área en estudio, se ha realizado una (01) excavación a cielo abierto o calicata, localizada convenientemente, acorde al área del proyecto:

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

3.7.2. Muestreo Disturbado.

Se tomaron muestras disturbadas de cada uno de los tipos de suelos encontrados (Mab), en cantidad suficiente, para realizar los ensayos de laboratorio.

3.7.3. Registro de excavaciones.

Paralelamente al muestreo, se realizó el registro de las Calicatas, bajo la Norma A.S.T.M. D 2488 (Procedimiento Visual-Manual, Descripción e Identificación de Suelos), anotándose las principales características de los tipos de suelos encontrados, tales como: espesor, humedad, compacidad, dilatancia, plasticidad, tenacidad, etc.

3.7.4. Ensayos de Laboratorio

Los ensayos se realizaron bajo las Normas A.S.T.M. y A.A.S.H.T.O., de manera de poder determinar las características del terreno en estudio. Estos fueron los siguientes:

Tabla 3.

Ensayos de laboratorio con muestras tomadas en las calicatas de la zona de estudio.

Ensayos de laboratorio	
01 análisis granulométrico por tamizado	AASTHO T 88
01 liquido	AASTHO T 89 – ASTM D 4318
01 plástico	AASTHO T 89 – ASTM D 4318

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

01 ensayo de contenido de humedad	AASHTO T 265 – ASTM D 2216
01 ensayo de corte directo	ASRM D 3080

Nota: se realiza los ensayos del análisis granulométrico, límite líquido, límite plástico, contenido de humedad.

3.7.5. Clasificación de Suelos.

La clasificación de la muestra ensayada, ha sido clasificada mediante al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.).

Tabla 4.

Clasificación de suelos en %.

CALICATA	C – 1
Muestra	M – 1
Profundidad (m)	De 0.00 m. a 3.00 m.
% pasa tamiz N.º 4	100.00
% pasa el tamiz N.º 200	75.30
Límite líquido (%)	45.00
Índice plástico (%)	23.00
Contenido de humedad (%)	18.29
Clasificación S.U.C. S	CL

Nota: la clasificación de suelos que se realiza en la tabla se ha realizado de la calicata C – 1.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

3.7.6. PERFIL DEL SUELO.

3.7.6.1. Descripción de los estratigráficos.

En base a los trabajos de campo y ensayos de laboratorio se deduce la siguiente conformación: **La Calicata C-1**, Presenta un único estrato hasta 3.00 m. de profundidad, constituido por arcilla inorgánica de baja plasticidad, color marrón claro, mezclada con 24.70% de arena gruesa a fina y exenta de grava.

3.7.6.2. Aspectos relacionados con la Napa Freática.

Se debe señalar que no se encontró el nivel freático en las calicatas estudiadas.

1. Análisis de sostenimiento.

Se ha considerado un muro de contención en voladizo. Sus dimensiones son las siguientes:

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

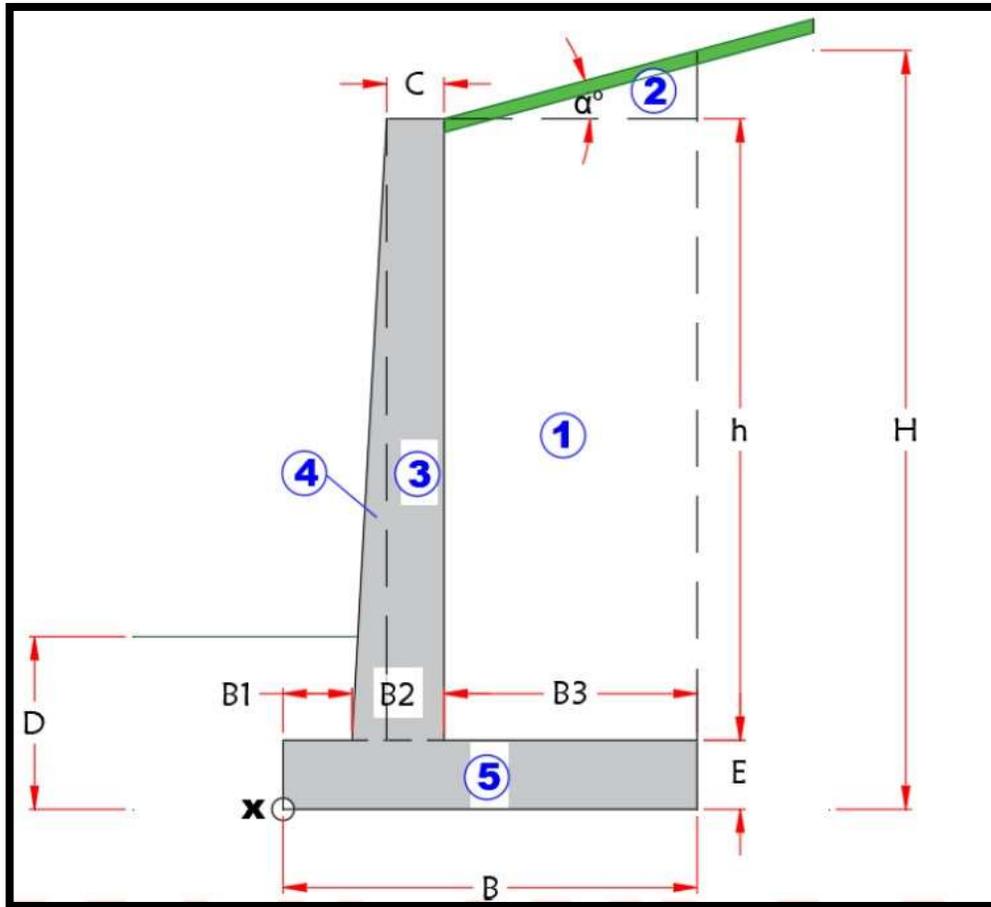


Figura 18. Muro de contención en voladizo, para la estabilidad de taludes en el caserío de Tumbacucho, Hualgayoc -2021. Fuente: Lab. Guersan ingenieros.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Donde:

Tabla 5.

Dimensiones del muro de voladizo a ser utilizado en la zona de estudio, Tumbacucho-Hualgayoc-2021.

MURO EN VOLADIZO	
DIMENSIÓN:	VALOR:
h=	6.00 m
D=	3.00 m
H=	6.80 m
B1=	1.00 m
B2=	1.20 m
B3=	2.50 m
B=	4.70 m
C=	0.50 m
E=	0.80 m
I (min 0.02)	0.1 2
α° =	0
α rad=	0

Nota: medidas a utilizar en la propuesta de diseño para la estabilidad de taludes en Tumbacucho – 2021.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Tabla 6.

Propiedades del suelo de fundación del muro.

CALICATA		C – 1
Muestra		M – 1
Tipo de Suelo		CL
Ángulo de Fricción Interna (°)	\emptyset	14.12
Cohesión (Kg/cm ²)	c	0.182
Densidad Natural del suelo (Kg/cm ³)	γ_H	0.00158

Nota: se muestran cada uno de las propiedades del suelo de la calicata C – 1, del caserío de Tumbacucho, Hualgayoc – 2021.

Para determinar si las dimensiones propuestas para el estribo y la profundidad de cimentación son las idóneas se debe calcular los factores de seguridad contra el volcamiento, el deslizamiento y la falla por capacidad de carga, usando las siguientes expresiones:

$$FS(\text{volcamiento}) = \frac{\sum M_R}{\sum M_0}$$

Donde:

FS(volcamiento): el factor de seguridad contra el volcamiento respecto a la puntera.

$\sum M_R$: Suma de momentos de las fuerzas que tienden a resistir el volcamiento del muro respecto a

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

la puntera.

ΣM_0 : Suma de momentos de las fuerzas que tienden a volcar el muro respecto al punto C.

Donde:

$$FS(\text{delizamiento}) \frac{\Sigma F_{R'}}{\Sigma F_d}$$

$FS(\text{deslizamiento})$: Factor de seguridad contra el deslizamiento.

$\Sigma F_{R'}$: Suma de fuerzas horizontales resistentes.

ΣF_d : Suma de fuerzas horizontales de empuje.

$$FS(\text{capacidad de carga}) \frac{q_u}{q_{m\acute{a}x}}$$

Donde:

$FS(\text{capacidad de carga})$: Factor de seguridad contra la falla de capacidad de carga.

q_u : Capacidad de carga de una cimentación superficial.

$q_{m\acute{a}x}$: Presión máxima.

Asimismo, las propiedades de los materiales que intervienen en la comprobación de dichos factores se muestran a continuación. Tener en cuenta que el material de relleno debe ser granular:

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Tabla 7.

Propiedades de los materiales de la zona de estudio.

PROPIEDADES DE MATERIALES			
CONCRETO	$\gamma_c^o=$	0.0024	Kg/cm ³
RELLENO	$\gamma_1=$	0.001851	Kg/cm ³
GRANULAR	$\Phi_1=$	36.16	°
	$c_1=$	0	Kg/cm ²
SUELO DE	$\gamma_2=$	0.001583	Kg/cm ³
CIMENTACION	$\Phi_2=$	14.12	°
	$c_2=$	0.182	Kg/cm ²

Nota: Se muestran las propiedades del concreto como; relleno granular y suelo de cimentación.

Luego, se determina el momento resistente del muro con las dimensiones y propiedades anteriores descritas. Asimismo, se calcula el coeficiente pasivo estático de Rankine para la base de la losa de cimentación, también se determina la presión pasiva y activa de Rankine. El resumen se muestra a continuación:

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Tabla 7.

En la siguiente tabla se muestra coeficiente de presión de tierra.

COEFICIENTE DE PRESION DE TIERRA			
Coeficiente pasivo estático Rankine	Kp deslizamiento =	1.645	
PRESION DE TIERRA			
Presión pasiva de Rankine	Pp=	25727.75	Kg/m
Presión activa de Rankine	Pa=	11033.79	Kg/m
Comp. Horizontal Fz. Activa de Rankine	Ph=	11033.79	Kg/m
Comp. Vertical Fz. Activa de Rankine	Pv=	0.00	Kg/m

Nota: se muestran detalladamente el coeficiente de la tierra y también la presión en kg/m.

Finalmente, con los datos antes mencionados se comprueba la estabilidad de los estribos contra el volcamiento, deslizamiento y falla por capacidad de carga:

Tabla 9.

Estabilidad de muro de contención y factores de seguridad.

ESTABILIDAD DEL MURO DE CONTENCIÓN		
FACTOR DE SEGURIDAD CONTRA EL VOLCAMIENTO		
MOMENTO DE VOLCAMIENTO:	25009.9293	Kg-m/m
FS (volcamiento)	5.53	
Comprobación del factor de seguridad (min. 2 o 3)	Cumple	
FACTOR DE SEGURIDAD CONTRA EL DESLIZAMIENTO		

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

FS (deslizamiento)		3.59	
Comprobación del factor de seguridad (min. 1.5)		Cumple	
FACTOR DE SEGURIDAD CONTRA LA FALLA POR CAPACIDAD DE CARGA			
Excentricidad	e=	0.04	m
q pie - talón	q pie=	10964.38	Kg/m ²
	q talón=	9899.02	Kg/m ²
Capacidad de carga última			
Factores de capacidad de carga:	Nc	10.4432	
	Nq	3.63	
	Ny	2.33	
Factores de profundidad:	Fqd	1.187	
	Fcd	1.258	
	Fyd	1	
Factores de inclinación:	Fqi	0.738	
	Fci	0.738	
	Fyi	0.010	
Valores adicionales:	Q	4749	Kg/m ²
	B'	4.62	m
	D/B'	0.65	
	ATAN(D/B')	0.58	
	Ψ	0.22	rad
Capacidad de carga última del suelo	Qu	32838.827	Kg/m ²
		3.28	Kg/cm ²
FS (capacidad de carga)		3	
Comprobación del factor de seguridad (FS ≥ 3)		Cumple	
Capacidad portante admisible	Qadm	1.09	Kg/cm²

Nota: se muestran los resultados de estabilidad del muro de contención y los factores de seguridad, para la estabilidad de taludes en Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

1.1. RESULTADOS DE ENSAYOS DEL LABORATORIO.

Tabla 10.

En la siguiente tabla se muestra el contenido de humedad como resultado de los ensayos del laboratorio.

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Temperatura de secado	110°C
Tara N°	D – 20
Wt + M. húmeda (g)	1823.10
Wt + M. seca (g)	1558.50
W agua (g)	264.60
W tara (g)	112.10
W M. seca (g)	1446.40
W (%)	18.29%

Nota: obtención de los resultados del contenido de humedad realizado en el laboratorio Guersan ingenieros, a las muestras de la zona de estudio, Tumbacucho, Hualgayoc – 2021.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Tabla 11.

En la siguiente tabla se muestra el límite líquido.

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N.º	1	2	3
Wt+ M. Húmeda (g)	33.78	32.83	33.35
Wt+ M. Seca (g)	27.35	26.49	27.05
W agua (g)	6.43	6.34	6.30
W tara (g)	13.61	12.58	12.79
W M. Seca (g)	13.74	13.91	14.26
W (%)	46.80%	45.58%	44.18%
N.º GOLPES	16	22	32

Nota: Se muestran los resultados de limite liquido de la muestra con la tara n° 1,2 y 3, y número de golpes.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Tabla 11.

Temperatura de secado y contenido de humedad.

TEMPERATURA DE SECADO	
Preparación de muestra	
60°C	110°C
CONTENIDO DE HUMEDAD	
60°C	110°C
AGUA USADA	
DESTILADA	
POTABLE	
OTRA	

Nota: En esta tabla se muestra la temperatura de secado y el contenido de humedad que se ha realizado.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Tabla 11.

En la siguiente tabla se muestra el límite plástico y el promedio final.

LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N.º	4	5	Promedio
Wt+ M. Húmeda (g)	20.69	21.25	
Wt+ M. Seca (g)	18.82	19.34	
W agua (g)	1.87	1.91	
W tara (g)	10.41	10.73	
W M. Seca (g)	8.41	8.61	
W (%)	22.24%	22.18%	22.21%

Nota: En esta tabla se plasman los resultados obtenidos del límite líquido y su promedio respectivo.

Tabla 14.

Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.

LÍMITE LÍQUIDO	45.00%
LÍMITE PLÁSTICO	22.00%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	23.00%

Nota: se muestra el porcentaje de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de la muestra llevada al laboratorio.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

A continuación, se muestra la figura del límite líquido obtenido.

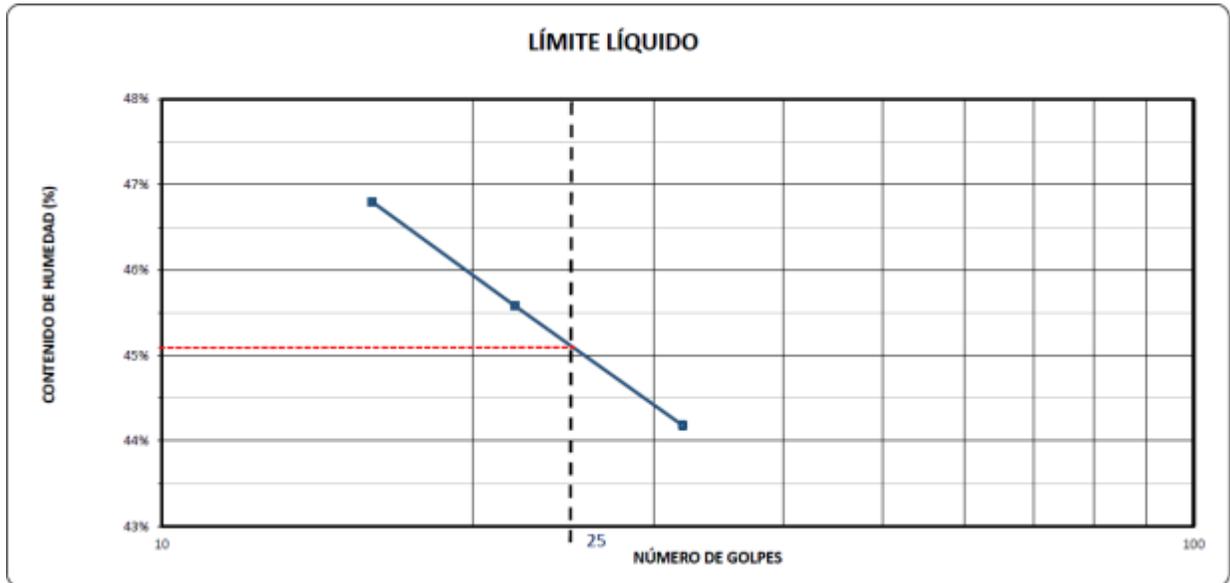


Figura 19. En la figura se muestra el límite líquido de la muestra tomada en campo.

Fuente: Lab. Guersan ingenieros.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Tabla 15.

Condiciones de muestra total.

Condiciones de la muestra total				
Temperatura de secado	110°C	Porcentaje de gravas, arenas y finos	% total	
Peso total muestra seca (g)	500.00	Grava (%)	0.00	
Peso total muestra seca < N° 4 (g)	500.00	Arena gruesa (%)	17.06	
Peso total muestra seca < N° 4 (g)	0.00	Arena fina (%)	7.64	100.00 %
Peso total muestra húmeda (g)	591.47	Finos (%)	75.30	

Nota: se muestras cada una de las condiciones de muestra total, temperatura de secado, porcentaje total.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Tabla 15.

Análisis de fracción gruesa.

ANÁLISIS FRACCIÓN GRUESA					
Tamiz		Peso	Porcentaje	Porcentaje	
N°	Abertura (mm)	Retenido Parcial	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
⅜"	9.52	0.00	0.00	0.00	100.00
¼"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
TOTAL			WG = 0.00		

Nota: en la tabla N° 16 se muestra cada uno del análisis de fracción gruesa realizada en los diferentes tamices.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Tabla 15.

Análisis de fracción fina.

ANALISIS FRACCION FINA					
CORRECCIÓN DE MUESTRA CUARTEADA: 0.2000					
PESO SECO FRACCIÓN FINA: 500.00					
N 10	2.00	17.50	3.50	3.50	96.50
N 20	0.85	22.90	4.58	8.08	91.92
N 30	0.60	25.20	5.04	13.12	86.88
N 40	0.43	19.70	3.94	17.06	82.94
N 60	0.25	15.30	3.06	20.12	79.88
N 100	0.15	12.10	2.42	22.54	77.46
N 200	0.08	10.80	2.16	24.70	75.30
Cazoleta	--	--	--	--	--
TOTAL	5.				

Nota: En la tabla N° 17 se muestran los resultados obtenidos del análisis de fracción fina de la muestra.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Tabla 15.

Límites de consistencia A.S.T.M 4318 / A.A.S.H.T.T 89.

LÍMITES DE CONSISTENCIA A.S.T.M. D 4318 / A.A.S.H.T.O. T 89	
LÍMITE LÍQUIDO:	45.00%
LÍMITE PLÁSTICO:	22.00%
ÍNDICE PLÁSTICO:	23.00%
CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	CL

Nota: En la tabla se muestra los límites de consistencia de las muestras tomadas en campo.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

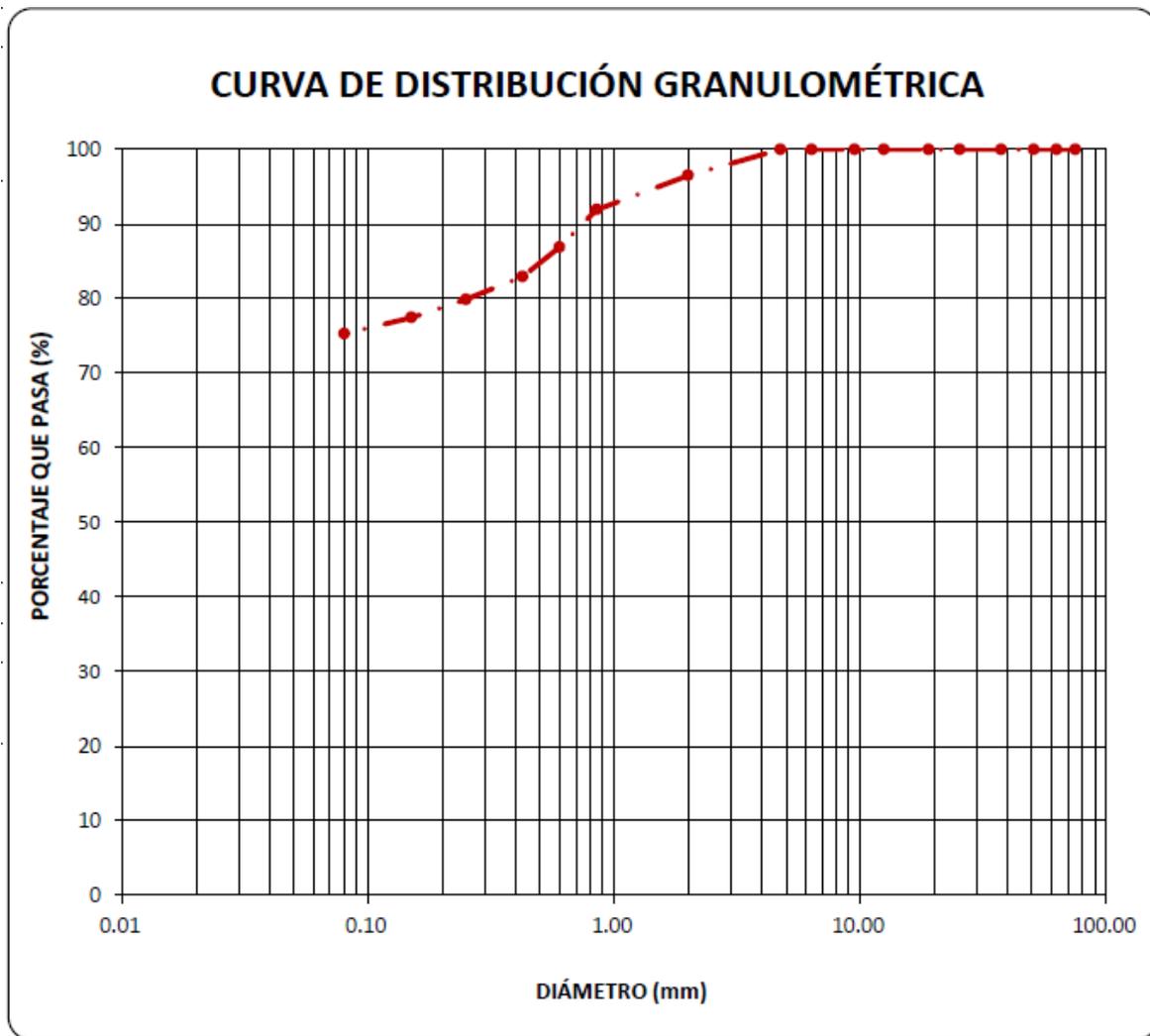


Figura 20. Curva de distribución granulométrica, en donde se muestra el porcentaje que pasa y el diámetro en mm. **Fuente:** Lab. Guersan Ingenieros.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Tabla 19.

Densidad húmeda y sus propiedades en un cilindro metálico.

DENSIDAD HÚMEDA		
PROPIEDADES	CILINDRO METÁLICO	
	Peso del anillo (W_c) (g)	74.49
	Diámetro (a) (cm)	5.96
	Altura (b) (cm)	1.82
	Volumen del anillo (V_c) (cm ³)	50.78
	Peso de la muestra + anillo ($W_h + c$) (g)	154.85
	Peso de la muestra (W_h) (g)	80.4
	Dh (g/cm³)	1.583

Nota: En la tabla N° 19 se muestra la densidad Húmeda en campo método volumétrico.

Tabla 20.

Ensayo de corte directo estándar en suelos A.S.T.M D 3080

Clasificación S.U.C.S.	CL	ESTADO		INALTERADO
DATOS DE MOLDE				
Molde	Diámetro	Altura (cm)	Área (cm ²)	Volumen
circular	(cm) 5.96	1.82	27.899	(cm ³) 50.78
				Peso (g) 74.49

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

DATOS DEL ENSAYO						
Esfuerzo Normal (kg/cm ²)	0.50 Kg/cm ²		1.00 Kg/cm ²		2.00 Kg/cm ²	
Velocidad ensayo (mm/min)	0.152		0.104		0.055	
Peso del anillo + muestra (g)	154.850		154.810		154.900	
Peso Muestra (g)	80.360		80.320		80.410	
Deformación Final (mm)	-0.247		-0.401		-0.649	
Etapa	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Tara	1	2	3	4	5	6
Peso de la tara (g)	10.21	10.44	10.51	11.31	10.78	11.27
Peso tara + muestra húmeda (g)	90.57	91.81	90.83	91.97	91.19	92.43
Peso tara + muestra seca (G)	78.15	78.67	78.40	78.89	78.73	79.26
Altura (cm)	1.82	1.80	1.82	1.78	1.82	1.76
Diámetro (cm)	5.96	5.96	5.96	5.96	5.96	5.96
Contenido de humedad (%)	18.28%	19.26%	18.31%	19.35%	18.34%	19.37%
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.583	1.604	1.582	1.618	1.584	1.642

Nota: En esta presente tabla se muestran los resultados de datos de molde, datos de ensayo, con sus respectivas etapas inicial y final.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Tabla 21.

En la siguiente tabla se muestra la etapa de aplicación de carga.

Clasificación S.U.C.S.	CL		ESTADO				INALTERADO			
ETAPA DE APLICACIÓN DE CARGA										
Desplazamiento	0.50 Kg/cm ²			1.00 Kg/cm ²			2.00 Kg/cm ²			
horizontal (mm)	Carga		Esfuerzo	Carga		Esfuerzo	Carga		Esfuerzo	
			de corte			de corte			de corte	
	N	Kg	Kg	N	Kg	Kg	N	kg	Kg (cm ²)	
			(cm ²)			(cm ²)				
0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	
0.100	7.13	0.727	0.026	9.74	0.993	0.036	14.72	1.501	0.054	
0.200	11.98	1.222	0.044	18.94	1.931	0.069	28.11	2.867	0.103	
0.300	18.64	1.901	0.068	28.46	2.902	0.104	47.07	4.800	0.172	
0.400	26.72	2.725	0.098	33.60	3.426	0.123	58.61	5.976	0.214	
0.500	30.53	3.113	0.112	42.27	4.310	0.154	70.01	7.139	0.256	
1.000	36.52	3.724	0.133	49.86	5.085	0.182	83.94	8.559	0.307	
1.500	41.46	4.228	0.152	58.21	5.936	0.213	98.79	10.073	0.361	
2.000	46.88	4.781	0.171	67.62	6.896	0.247	114.70	11.696	0.419	
2.500	53.64	5.469	0.196	78.32	7.987	0.286	131.41	13.400	0.480	
3.000	62.01	6.323	0.227	86.78	8.849	0.317	146.39	14.928	0.535	
3.500	68.00	6.934	0.249	95.77	9.765	0.350	162.30	16.550	0.593	

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

4.000	76.84	7.836	0.281	105.72	10.780	0.386	176.89	18.038	0.647
4.500	84.26	8.592	0.308	112.89	11.511	0.413	187.50	19.119	0.685
5.000	84.26	8.592	0.308	112.89	11.511	0.413	187.50	19.119	0.685
5.500	84.26	8.592	0.308	112.89	11.511	0.413	187.50	19.119	0.685
6.000	84.26	8.592	0.308	112.89	11.511	0.413	187.50	19.119	0.685

Nota: Ensayo de corte directo estándar en suelos, se muestra su desplazamiento, carga y esfuerzo de corte.

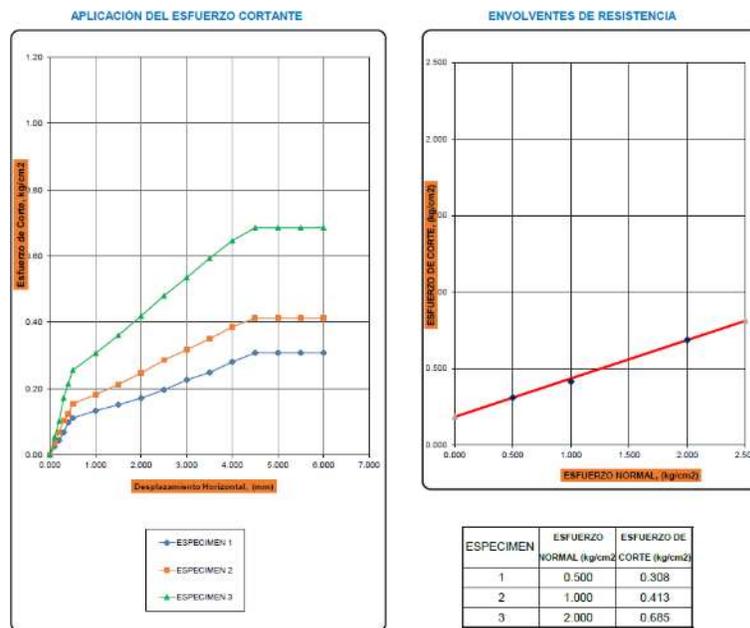


Figura 21. En esta figura se muestra el esfuerzo de corte, Kg/cm², en donde se muestra la aplicación del esfuerzo cortante y envolvente de resistencia, en desplazamiento horizontal y en esfuerzo normal.

Fuente: Lab. Guersan ingenieros.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Tabla 22. Parámetros de resistencia de corte.

PARAMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE		
Cohesión =	0.182	Kg/ cm ²
Angulo de fricción interna	14.12	°

Nota: se muestran la cohesión y el ángulo de fricción interna.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

5.1. Perfiles estratigráficos

Profundidad (m)	Muestra	DESCRIPCIÓN	Clasificación		Contenido de humedad	Límites de Consistencia	
			Símbolo	Símbolo Gráfico		LL (%)	IP (%)
0.10 0.20 0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20 1.30 1.40 1.50 1.60 1.70 1.80 1.90 2.00 2.10 2.20 2.30 2.40 2.50 2.60 2.70 2.80 2.90 3.00 3.00	M - 1	ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR MARRÓN CLARO, MEZCLADA CON 24.7% DE ARENA GRUESA A FINA Y EXENTA DE GRAVA.	CI		18.29%	45.00	23.00
3.10 3.20 3.30 3.40 3.50 3.60 3.70 3.80 3.90 4.00							

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

5.1.1. Croquis de detalle de cimentación.

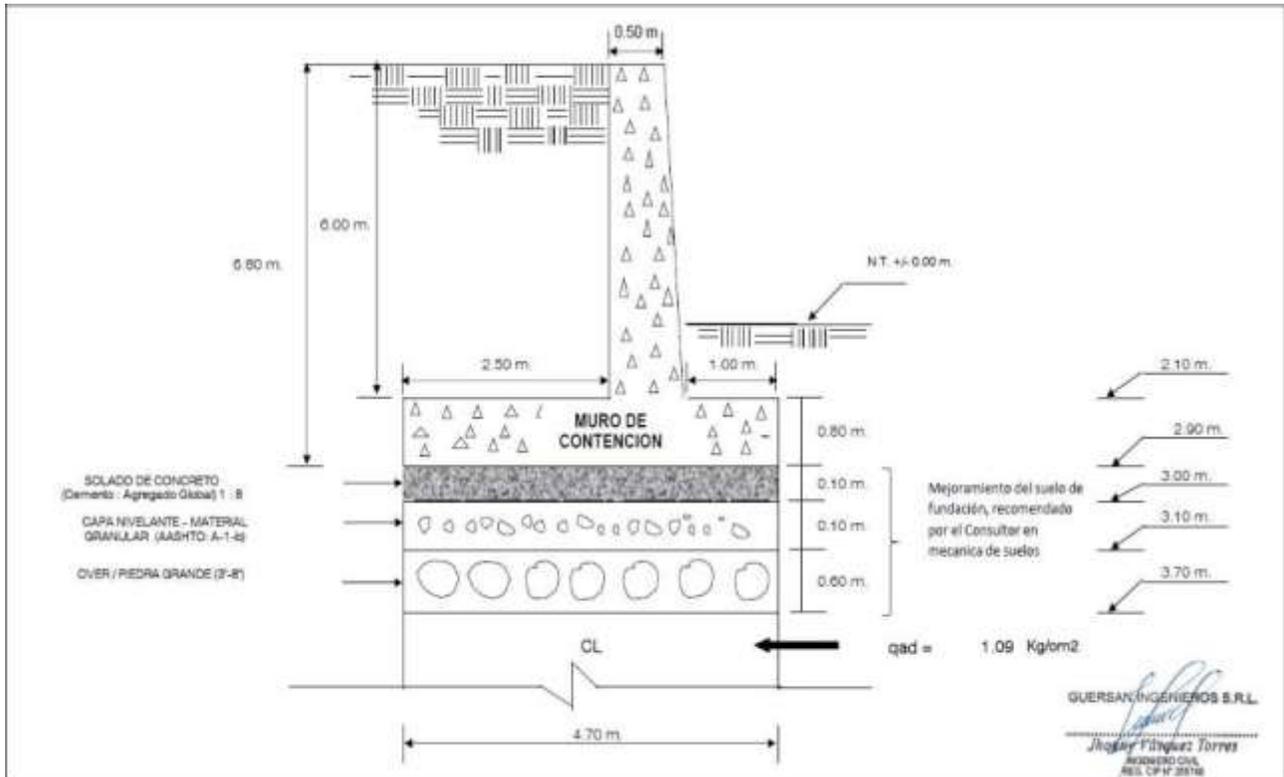


Figura 22. En esta presente figura se presenta el croquis detallado para la cimentación del muro, como una propuesta, para estabilizar los taludes en el Km 150 + 200 - Km 150 + 400, Tumbacucho, Hualgayoc- 2021

Fuente: Lab. Guersan ingenieros.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Para la obtención la valoración de la puntuación los parámetros de la resistencia la compresión simple se utilizó la siguiente figura:

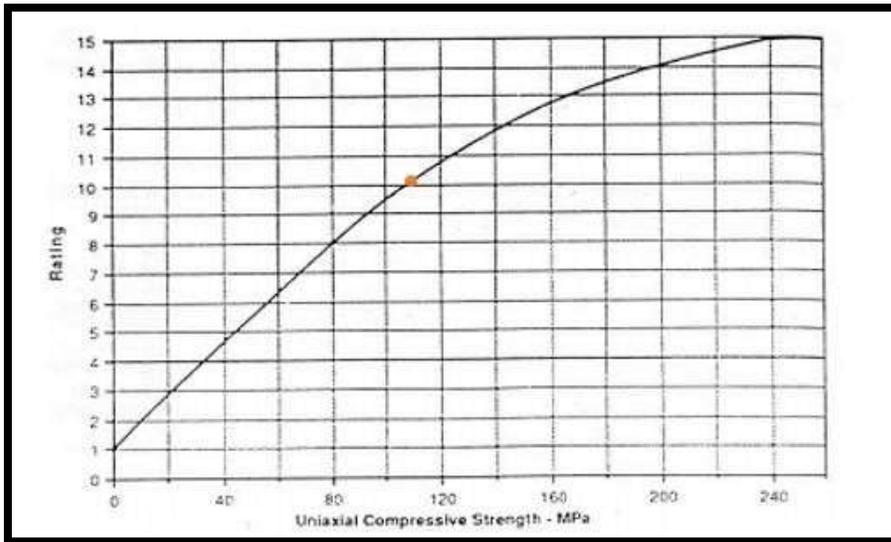


Figura 1: Ploteo de la valoración en MPa de la resistencia a la compresión uniaxial.

Fuente: Gavilanes (2002).

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Además, el puntaje el parámetro de RQD se empleó la siguiente figura:

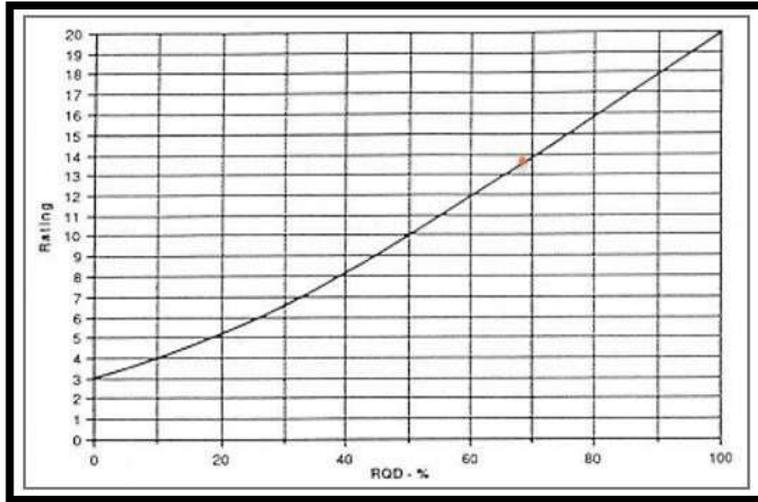


Figura 23. Ploteo de la valoración en porcentaje el RQD. **Fuente:** Gavilanes (2002).

Así mismo, para la puntuación del parámetro del espaciado se utilizó la siguiente figura

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

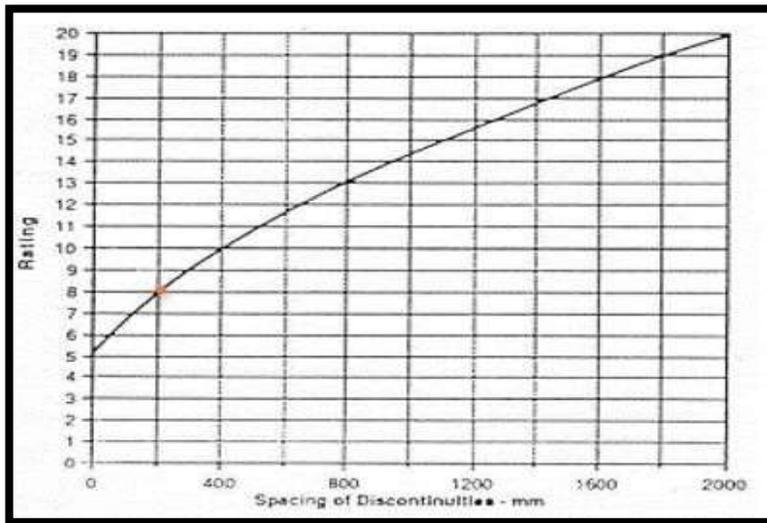


Figura 24. Ploteo de valoración del espaciamiento entre discontinuidades en mm.

Fuente: Gavilanes (2002).

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Tabla 24.

Calidad del macizo rocoso con relación al índice RMR.

CLASIFICACIÓN DEL MACIZO	
ROCOSO RMR	
RMR	DESCRIPCIÓN
91-100	MUY BUENA "A"
81-90	MUY BUENO "B"
71-80	BUENA "A"
61-70	BUENA "B"
51-60	REGULAR "A"
41-50	REGULAR "B"
31-40	MALA "A"
21-30	MALA "B"
0-20	MUY MALA "A"

Nota: RMR Básico obtenido a partir de la sumatoria de los 05 parámetros en el cual el plotea la

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Roca es el tipo Regular "A"

Fuente: Gavilanes (2002).

A continuación, se calculará los factores de corrección $F1, F2, F3$ y $F4$, para la obtención del SMR en una rotura del tipo planar según la clasificación de la Romana

$$F1 = [1 - \sin(\alpha_j - \alpha_s)]^2$$

$$F1 = [1 - \sin(236 - 320^\circ)]^2$$

$$F1 = [1 - \sin(84^\circ)]^2$$

$$F1 = 0.80$$

$$F2 = \tan(b_j)^2$$

$$F2 = \tan(68)^2$$

$$F2 = 1$$

$$F3 = bs - bj = 69 - 68 = 3^\circ \text{ por lo que la puntuación será de } 0$$

$$F3 = 0$$

$$SMR = RMR + (F1 \times F2 \times F3) + F4$$

$$SMR = 57 + (0.80 \times 1 \times 0) + 10$$

$$SMR = 67$$

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Tabla 25. *Luego describimos el grado de estabilidad en función del valor obtenido de SMR.*

SMR	Estabilidad
100 - 81	Totalmente Estable
80 - 61	Estable
60 – 41	Parcialmente Estable
40 – 21	Inestable
< 20	Totalmente Inestable

Nota: Parámetros de estabilidad según el SMR Romana, por lo que el talud se comporta

Estable ante una rotura planar.

Fuente: Gavilanes (2002).

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Tabla 26. Según la el sistema de clasificación SMR se sugiera las siguientes recomendaciones y/o medidas de sostenimiento o soporte.

MEDIDAS DE SOSTENIMIENTO RECOMENDADAS PARA CADA CLASE DE ESTABILIDAD		
Clase	SMR	Soporte
I a	91 – 100	Ninguno
I b	81 – 90	Ninguno/Saneos
II a	71 – 80	(Ninguno/Cunetas) Pernos puntuales
II b	61 – 70	Cunetas al pie del talud/malla Pernos puntuales o sistemáticos
III a	51 – 60	Cuneta y/o malla Pernos puntuales o sistemáticos Hormigón lanzado localizado (Cunetas al pie del talud y/o malla)
III b	41 – 60	Pernos sistemáticos/Anclajes Hormigón lanzado localizado Muro de pie
IV a	31 – 40	Anclaje Hormigón lanzado sistemático Muro de pie y/o concreto (Reexcavación). Drenaje
IV b	21 – 30	Hormigón lanzado reforzado sistemático Muro de pie y/o concreto (Reexcavación). Drenaje profundo
V a	nov-20	Muros de contención Reexcavación

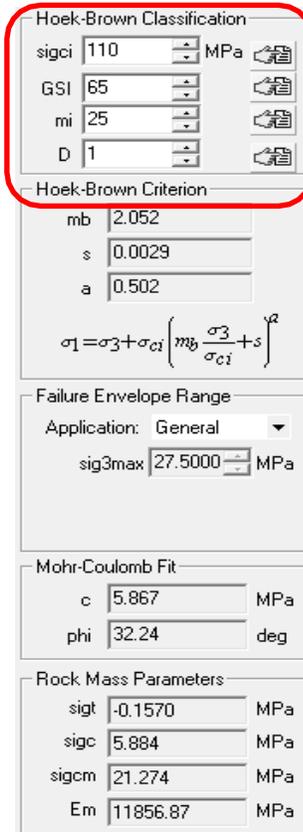
Fuente: (Gavilanes & Andrade, 2004)

Nota: Recomendaciones se soporte, en la cual se puede apreciar de que se recomienda la Construcción de cunetas al pie de talud.

Fuente: Gavilanes (2004).

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

F Mediante los parámetros de Resistencia a la Compresión, GSI, actor de disturbancia, y la constante litológica.



Hoek-Brown Classification
 sigci 110 MPa
 GSI 65
 mi 25
 D 1

Hoek-Brown Criterion
 mb 2.052
 s 0.0029
 a 0.502

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

Failure Envelope Range
 Application: General
 sig3max 27.5000 MPa

Mohr-Coulomb Fit
 c 5.867 MPa
 phi 32.24 deg

Rock Mass Parameters
 sigt -0.1570 MPa
 sigc 5.884 MPa
 sigcm 21.274 MPa
 Em 11856.87 MPa

Figura 26. Ingresamos los datos para que realicemos el análisis respectivo.

Fuente: RocDataV5.0.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

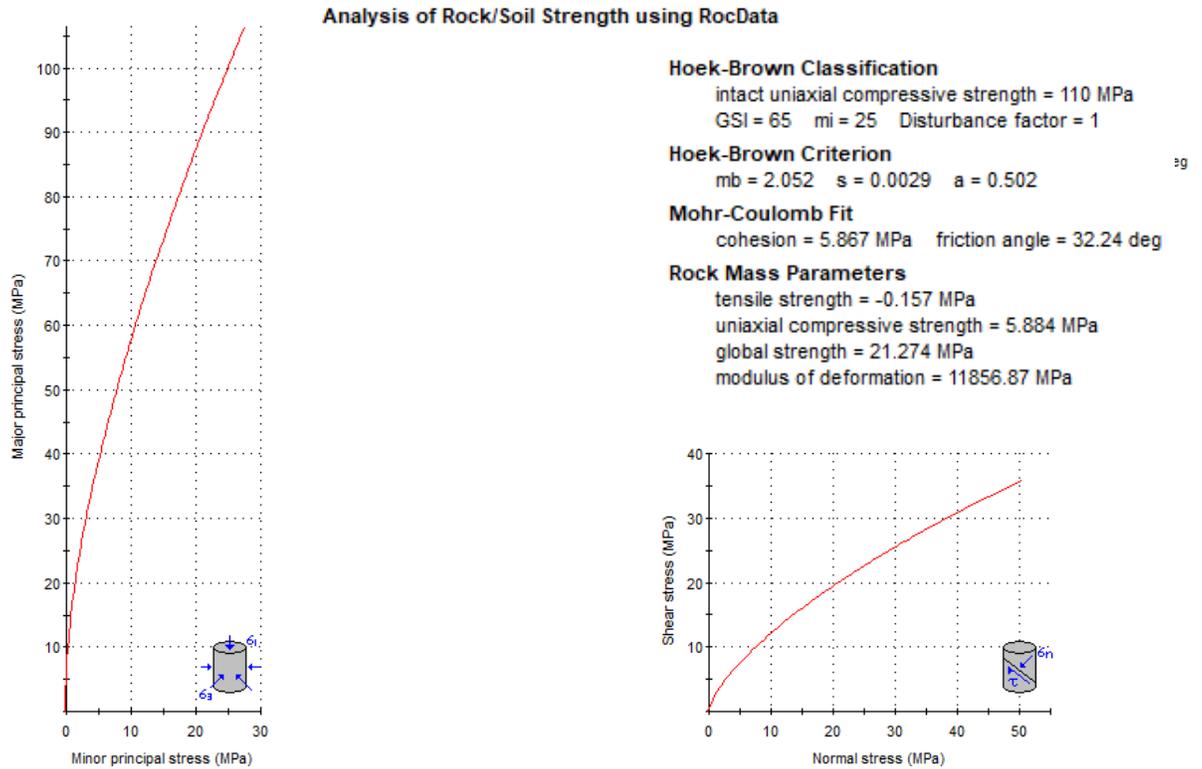


Figura 27. Observamos que los valores obtenidos para la estación 1 son: Mb = 2.052; s=0.0029;

a=0.502; Cohesión = 5.867 MPa; y Angulo de fricción= 32.24

Fuente: RocData v5.0.

Tabla 27.

Discontinuidades.

TALUD	DIP:69	AZIMUT
-------	--------	--------

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

DIP DIRECTION: 320 230°								
ESTACION 1			ESTACION 2			ESTACION 3		
<i>FAM</i>	<i>BUZ.</i>	<i>EST.</i>	<i>FAM</i>	<i>BUZ</i>	<i>EST.</i>	<i>FAM</i>	<i>BUZ.</i>	<i>EST.</i>
1	9	N92	1	10	N92	1	8	N93
1	7	N89	1	4	N89	1	5	N91
1	6	N90	1	7	N87	1	8	N94
1	8	N93	1	9	N92	1	6	N88
1	5	N91	1	7	N89	1	10	N92
1	8	N94	1	6	N90	1	4	N89
1	6	N88	1	8	N93	1	7	N87
1	10	N92	1	5	N91	1	9	N92
1	4	N89	1	8	N94	1	7	N89
1	7	N87	1	6	N88	1	6	N90
2	68	N235	2	70	N238	2	64	N239
2	64	N237	2	67	N234	2	65	N231
2	65	N232	2	69	N236	2	71	N235
2	70	N238	2	66	N233	2	68	N235
2	67	N234	2	64	N239	2	64	N237
2	69	N236	2	65	N231	2	65	N232
2	66	N233	2	71	N235	2	70	N238
2	64	N239	2	68	N235	2	67	N234
2	65	N231	2	64	N237	2	69	N236

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

2	71	N235	2	65	N232	2	66	N233
3	76	N329	3	72	N325	3	75	N326
3	79	N328	3	73	N330	3	77	N328
3	75	N331	3	71	N327	3	78	N333
3	72	N325	3	74	N332	3	76	N329
3	73	N330	3	75	N326	3	79	N328
3	71	N327	3	77	N328	3	75	N331
3	74	N332	3	78	N333	3	72	N325
3	75	N326	3	76		3	73	N330
3	77	N328	3	79		3	71	N327
3	78	N333	3	75		3	74	N332

Nota: Las discontinuidades fueron tomadas con una brújula Brunton Azimutal, considerando la regla de la mano derecha.

Fuente: Propia.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

5.1.2. Análisis estereográfico de las discontinuidades en el talud actual.

Falla Planar

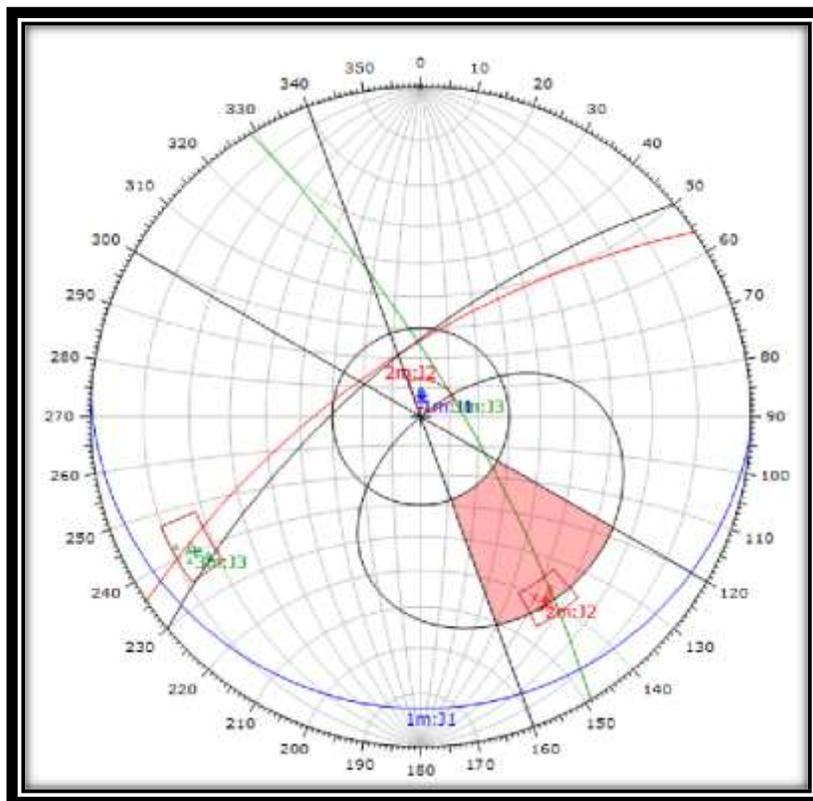


Figura 28. Análisis cinemático de roturas utilizando como criterio para establecer el área crítica el cono de fricción, la envolvente del talud y límites laterales de +-20. Se aprecia que el sistema de discontinuidades J2 reúne las condiciones geométricas y de fricción para producir una rotura planar.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Symbol	SET	Quantity
◇	J1	7
×	J2	7
△	J3	7

Kinematic Analysis	Planar Sliding		
Slope Dip	69		
Slope Dip Direction	320		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	4	21	19.05%
Planar Sliding (Set 2)	4	7	57.14%

Figura 29. Valores de ángulo de fricción, orientación del talud, dirección y buzamiento de los planos promedios de las familias de discontinuidades. Con probabilidad de condiciones geométricas y de fricción del 57.14 % para producirse la falla planar.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

5.1.3. Falla en Cuña

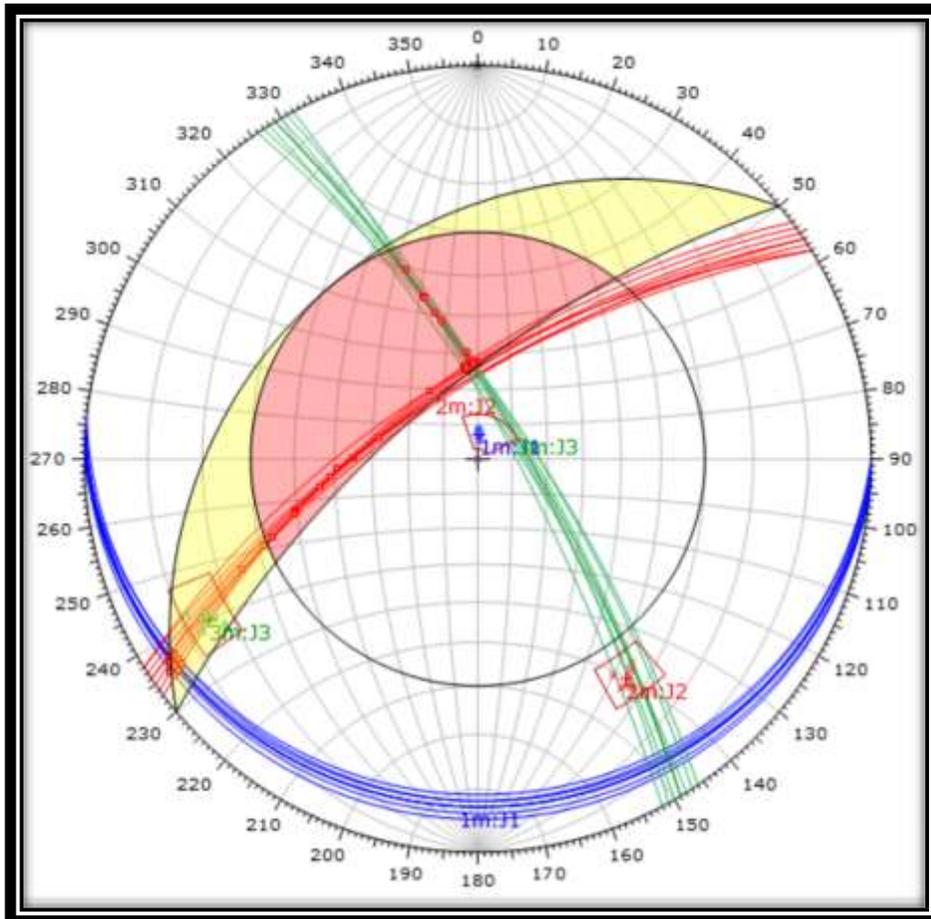


Figura 30. Análisis cinemático de rotura teniendo en cuenta como criterio para definir el área crítica el cono de fricción, y la envolvente del talud. Se aprecia que la familia J2 y J3 reúnen las condiciones geométricas y de fricción para producir fallamiento en cuña.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Symbol	SET	Quantity
◇	J1	7
×	J2	7
△	J3	7
Symbol	Feature	
▣	Critical Intersection	

Kinematic Analysis	Wedge Sliding		
Slope Dip	69		
Slope Dip Direction	320		
Friction Angle	30°		
	Critical	Total	%
Wedge Sliding	63	210	30.00%

Figura 31. Valores de Angulo de fricción, orientación del talud, dirección y buzamiento de los planos promedios de las familias de discontinuidades. Con probabilidad de condiciones geométricas y de fricción de 30% para producirse fallas en cuña.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

5.1.4. Falla en vuelco

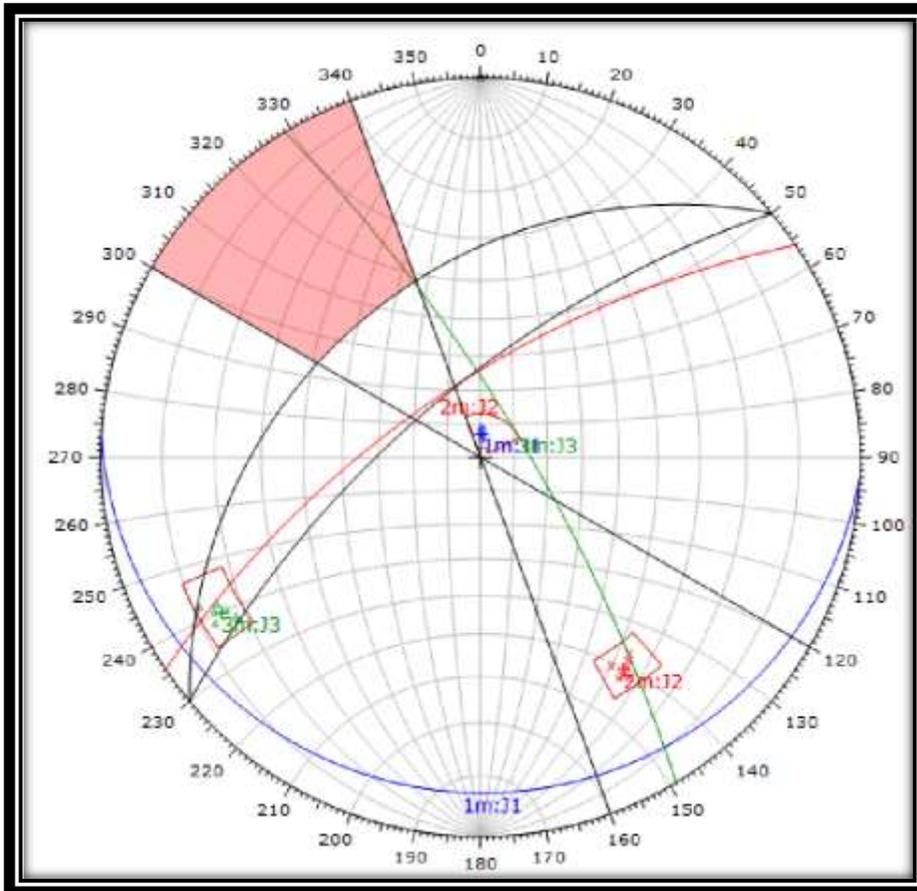


Figura 32. Análisis Cinemático utilizando como criterio para definir el área crítica límites laterales de $\pm 20^\circ$, y un plano auxiliar relacionado al talud y al ángulo de fricción. Se puede apreciar que no se produce la rotura en vuelco por ninguno de los sistemas de discontinuidades según las características de orientación de las juntas del macizo rocoso.
Fuente: propia.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Symbol	SET	Quantity
◇	J1	7
×	J2	7
△	J3	7

Kinematic Analysis	Flexural Toppling		
Slope Dip	69		
Slope Dip Direction	320		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	0	21	0.00%

Figura 33. Valores de ángulo de fricción, orientación del talud, dirección y buzamiento de los planos promedios de las familias de discontinuidades. Con probabilidad de condiciones geométricas y de fricción del 0% para producir una falla por vuelco.

Fuente: Propia.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

5.2. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

5.2.1. Cálculo del Factor de Seguridad

A continuación, calcularemos el factor de seguridad en el talud para los distintos tipos de rotura que se ha evidenciado en el Software Dips. Para lo cual se analizará la sección del talud condiciones estáticas y pseudoestáticas. Este análisis consiste en determinar si existe suficiente resistencia de los parámetros de rugosidad y relleno para soportar los esfuerzos de cortante que tienden a causar la falla o deslizamiento.

El procesamiento se realizó con el software Rocplane y Swedge de Rocscience, mediante dos métodos (Mohr Columb), para esto tendremos en cuenta la orientación de las discontinuidades críticas de las distintas estaciones geomecánicas, el perfil del talud y los valores de peso Unitario cohesión y ángulos de fricción.

5.2.2. Sismicidad

Los sismos son fenómenos naturales causados por movimientos de las fallas geológicas en la corteza terrestre. Al moverse las fallas, se producen ondas de diferentes tipos y de gran poder, las cuales viajan a través de las rocas y pueden activar deslizamientos de tierra. En el caso de un sismo, existe el triple efecto de aumento del esfuerzo cortante, disminución de la resistencia por aumento de la presión de poros y deformación, asociados con la onda sísmica; pudiéndose llegar

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

a la falla al cortante y hasta la licuación en el caso de los suelos granulares saturados. (Suárez Díaz, 2009).

5.2.3. Zonas Sísmicas del Perú

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información geotectónica. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

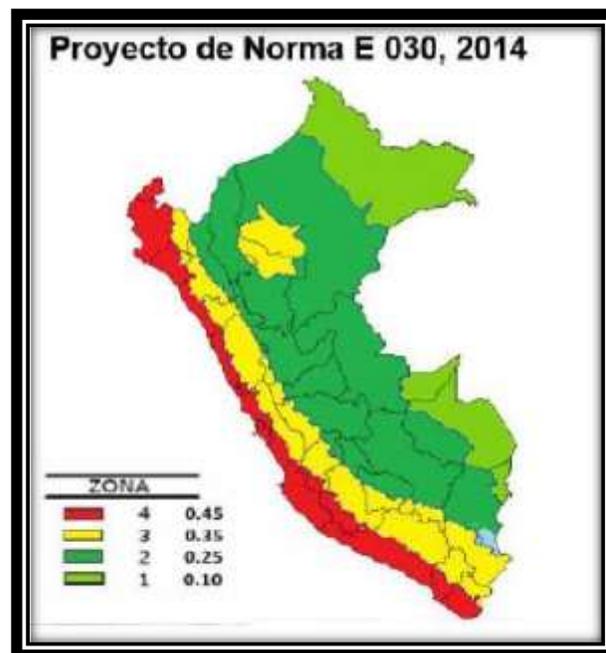


Figura 34. Zonas sísmicas del Perú. (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2016).

Fuente: Propia.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

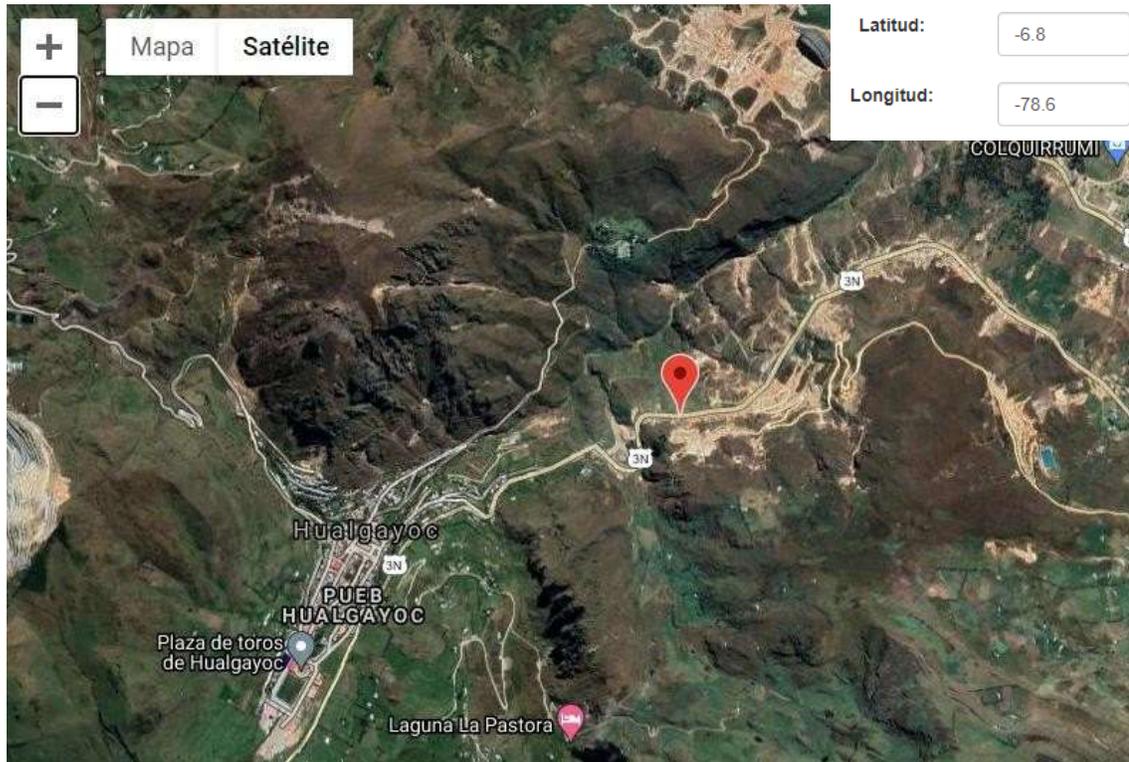


Figura 35. Ubicación de las coordenadas para la obtención del coeficiente de sismicidad.

Fuente: Propia.

5.2.4. Coeficiente de sismicidad

El coeficiente de Sismicidad fue calculado para un tiempo de operación de obra de 50 años y un periodo de retorno de 475 años, según la ubicación del talud con las siguientes coordenadas Geográficas:

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Ubicación	Latitud	Longitud
Talud Carretera	-6.8	-78.6
Hualgayoc – km1360 +100 – km1360 + 600.		

PE = Probabilidad de Excedencia.

PO = Periodo de Operación en años.

TO = Tiempo de Retorno en años.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

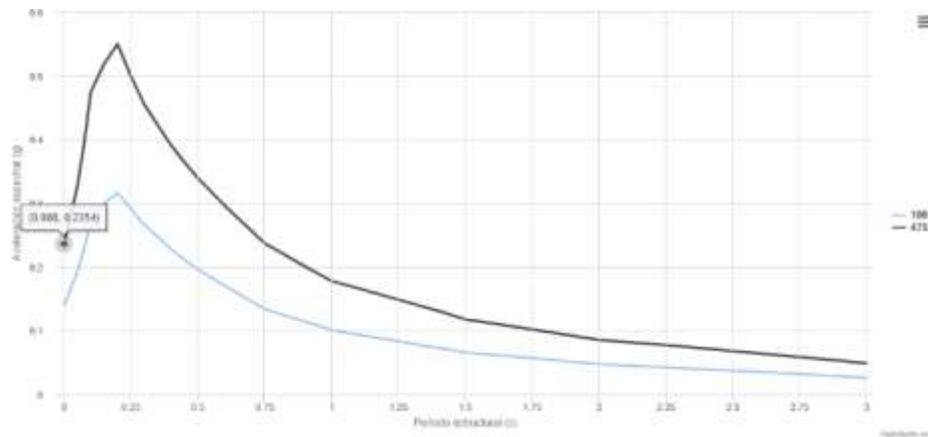


Figura 36. : Grafico de espectro de peligro uniforme con un periodo de retorno de 475 años.

Fuente: Propia.

Para las secciones de análisis se utilizaron los datos de peso específico, cohesión y fricción, para la caliza presente en el talud, y un coeficiente de sismicidad de 0.2354, teniendo en consideración la estaciones geomecánicas.

5.2.5. Rotura Planar

Para evaluar la rotura Planar producida por el Sistema de discontinuidades de la Familia J02 se evaluará el factor de seguridad en condiciones secas y Saturadas para las condiciones estáticas Pseudoestáticas, además de realizar un análisis de sensibilidad para las correspondientes recomendaciones

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

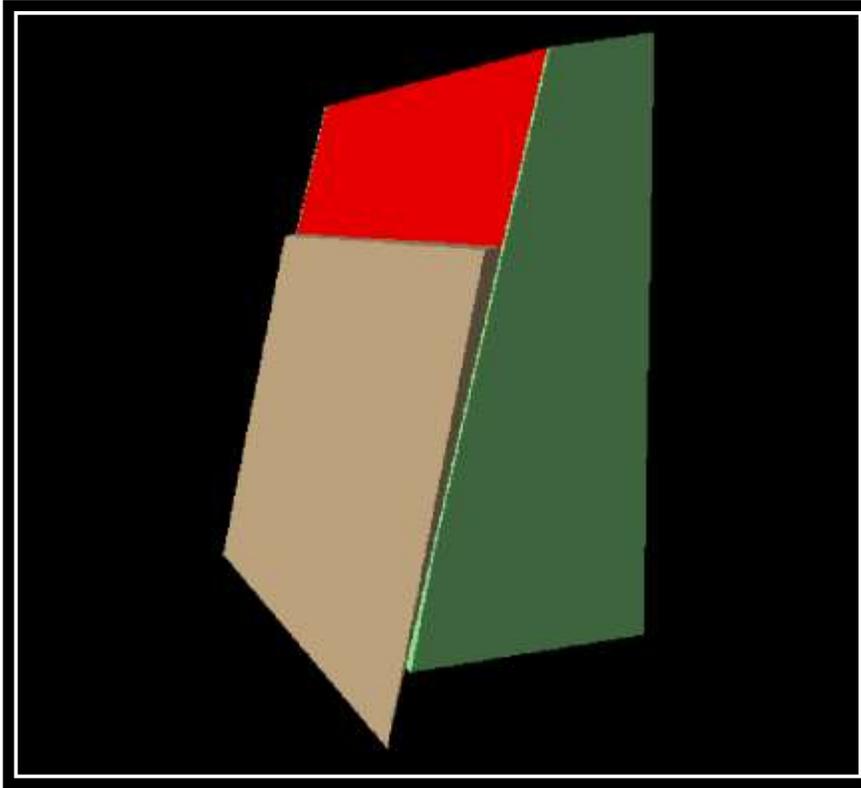


Figura 37. Vista en perspectiva del posible deslizamiento del bloque de roca formada por la Discontinuidad crítica de la familia J02. **Fuente:** Propia.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

5.2.6. Condiciones Estáticas y Secas

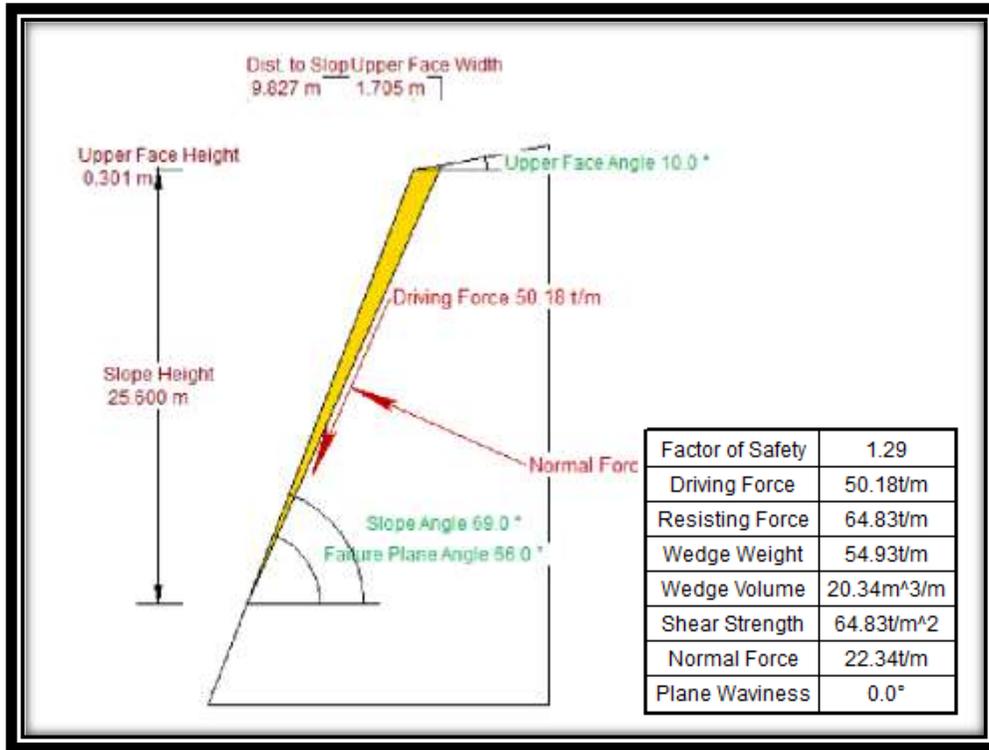


Figura 38. Análisis del factor de seguridad por el modelo de Mohr Coulomb, en la que se aprecia que el talud estable en condiciones secas y estáticas con un factor de seguridad de 1.29, por lo cual se podría producir la falla planar en estas condiciones.

Fuente: Propia.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

5.2.7. Condiciones estáticas y saturadas

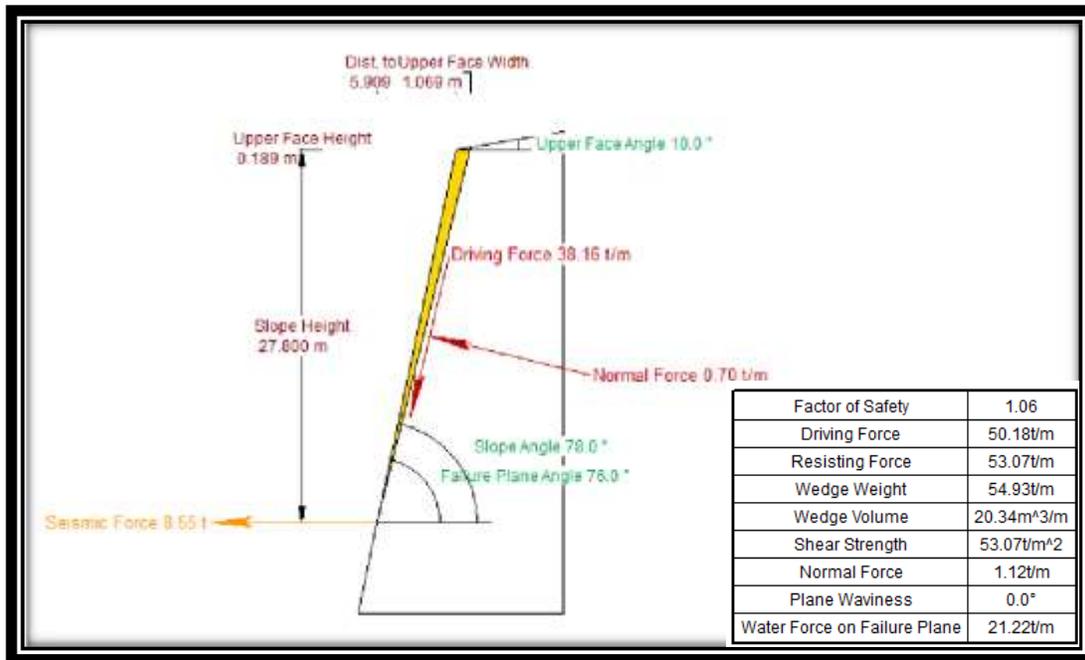


Figura 39. Análisis del factor de seguridad por el modelo de Mohr Coulomb, en la que se aprecia que el talud es estable en condiciones saturadas y estáticas con un factor de seguridad de 1.06 por lo cual se podría producir la falla planar en estas condiciones. Condiciones Pseudoestáticas y secas.

Fuente: Propia.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

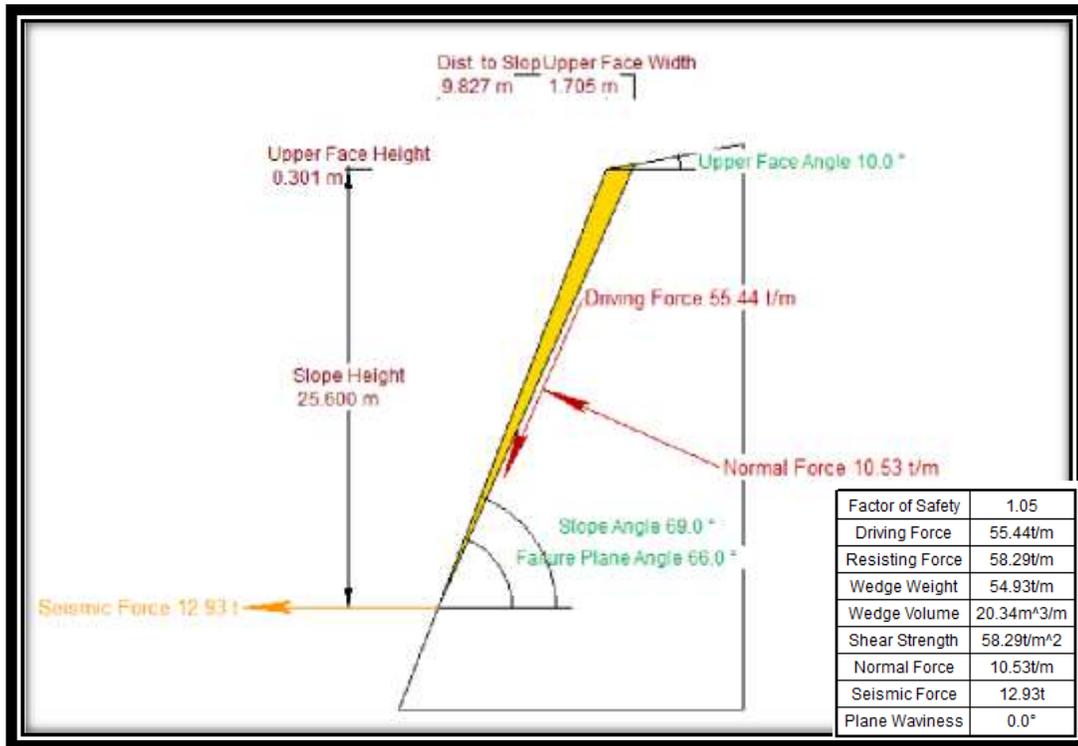


Figura 40. Análisis del factor de seguridad por el modelo de Mohr Coulomb, en la que se aprecia que el talud es estable en condiciones saturadas y con un coeficiente de sismicidad de 0.2354 se obtiene la seguridad de 1.05 por el cual se podría producir la falla planar.

Fuente: Propia.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

5.2.8. Condiciones Pseudoestaticas y Saturadas.

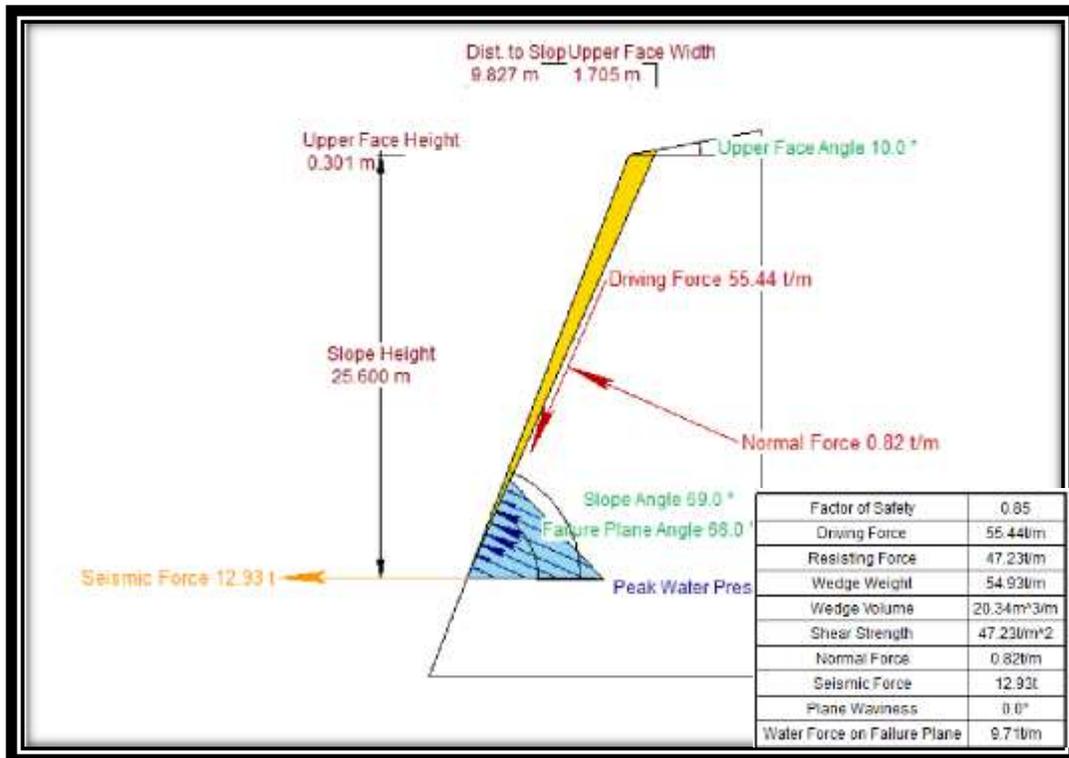


Figura 41. Análisis del factor de seguridad por el modelo de Mohr Coulomb, en la que se aprecia que el talud es inestable en condiciones saturadas y con un coeficiente de sismicidad de 0.2354 se obtiene de seguridad de 0.85 por lo cual se produce la falla planar en estas condiciones.

Fuente: Propia.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

5.2.9. Análisis de Sensibilidad L.

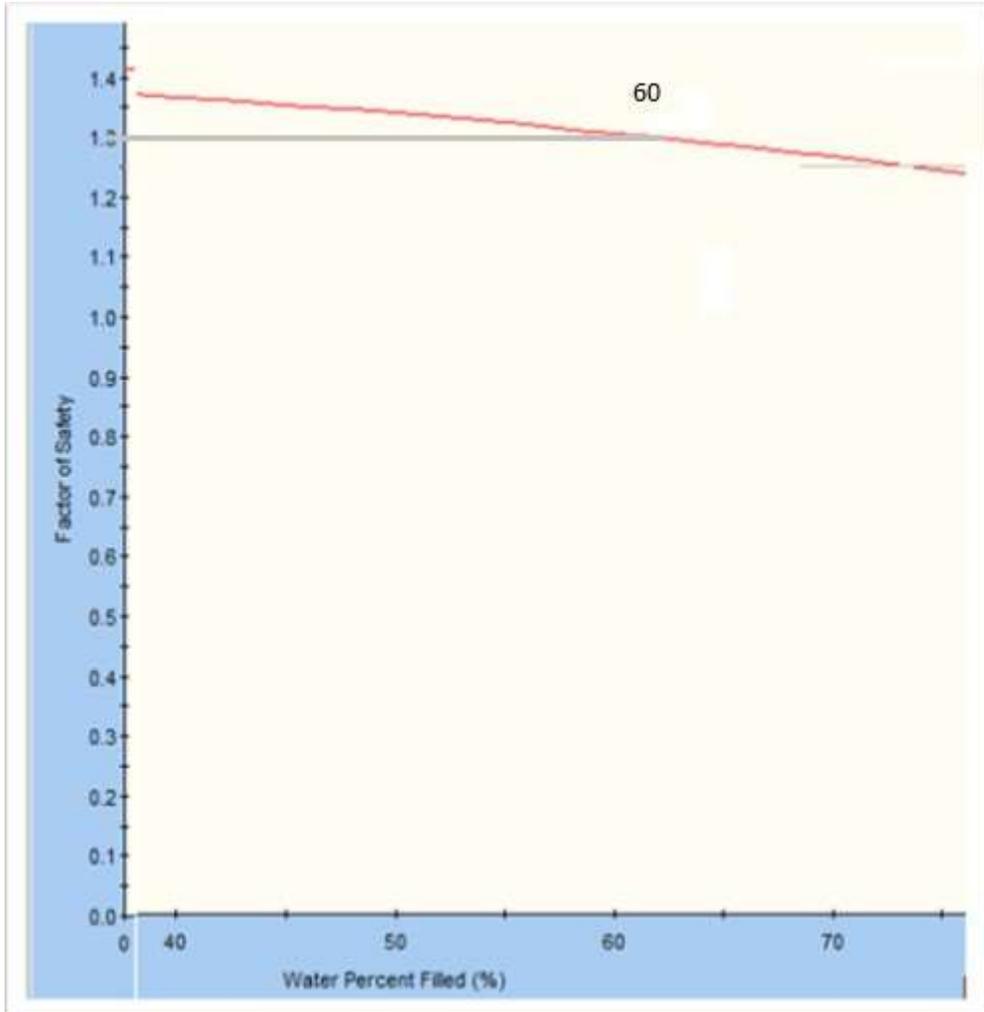


Figura 42. Análisis de sensibilidad que muestra que para que el talud sea estable el porcentaje de Saturación de agua no debe exceder el 60%. **Fuente:** Propia.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

A continuación, se muestra un cuadro resumen del factor de seguridad para las distintas condiciones para rotura planar del Set J02.

Tabla 28.

Condiciones de análisis de la rotura planar del Set J02 (estático y Pseudo- estático)

Condiciones de Análisis			
Estático		Pseudo - estático	
Secas	Saturadas	Secas	Saturadas
1.29	1.06	1.06	0.85

Nota: Análisis del Factor de Seguridad en las distintas condiciones.

Fuente: propia.

Interpretación: A fin de evitar la saturación de las discontinuidades del macizo rocoso y el fallamiento por rotura planar se recomienda realizar obras de drenaje a fin de mantener el grado de saturación por debajo del 50% y bajar el ángulo del talud menor a 78^a

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

5.2.9.1. Condiciones Estáticas y Secas

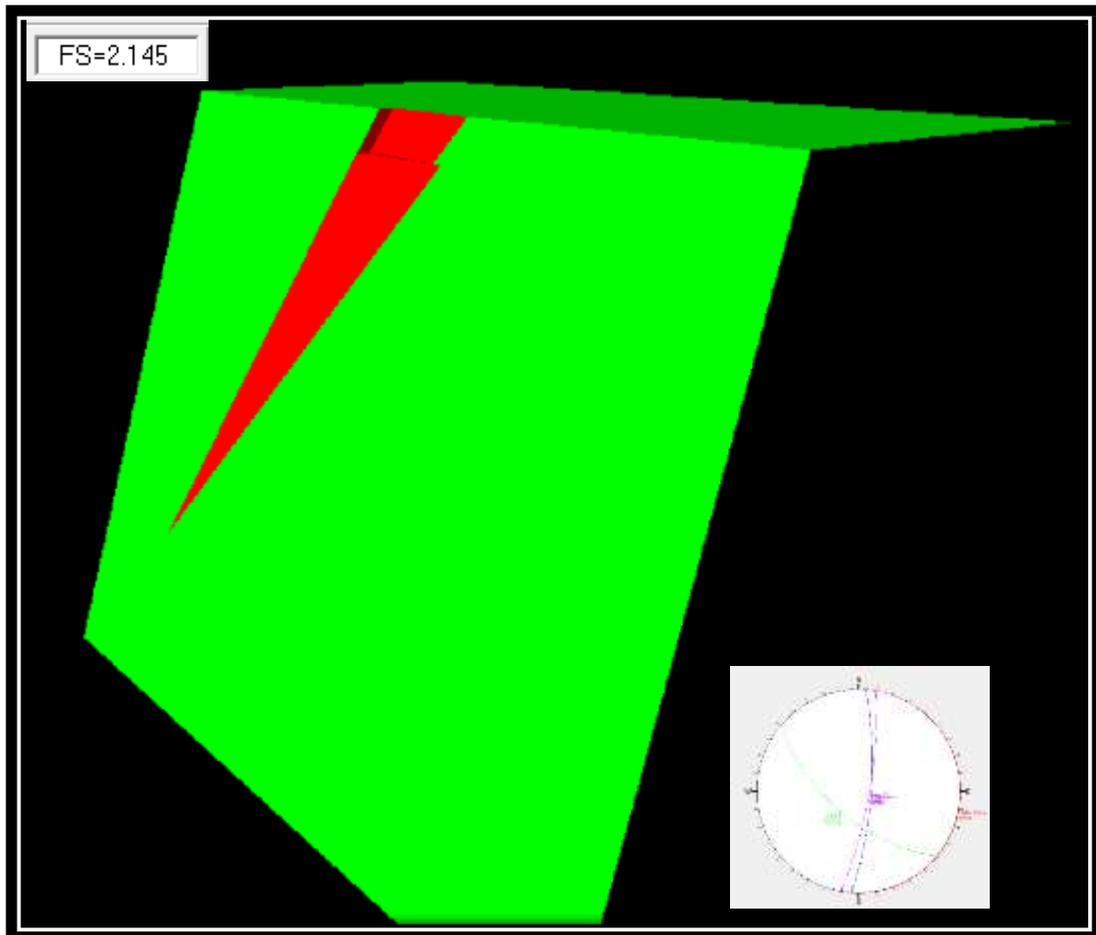


Figura 43. Análisis del factor de seguridad por el modelo de Morh Coulomb, en la que se aprecia que el talud estable en condiciones secas y estáticas con un factor de seguridad de 2.145, por lo cual no se produce la falla en cuña en estas condiciones.

Fuente: Propia.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

5.2.9.2. Condiciones estáticas y saturadas

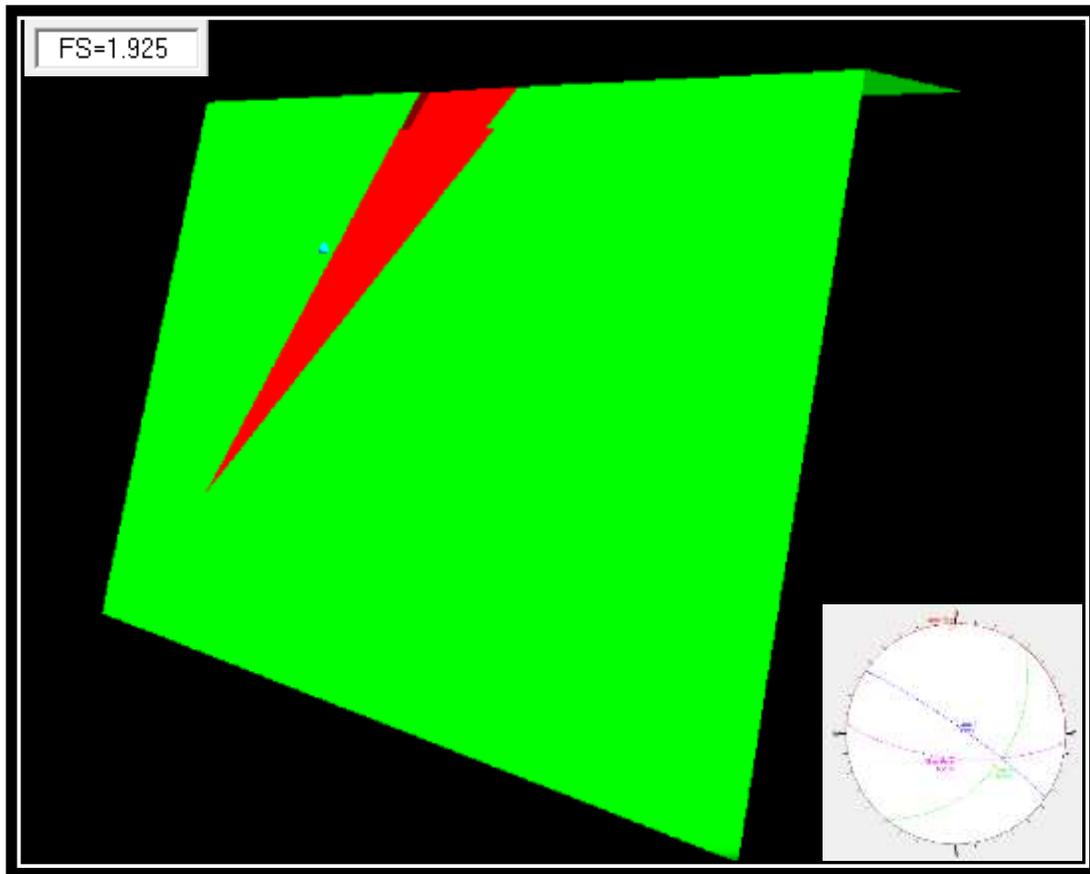


Figura 44. Análisis del factor de seguridad por el modelo de Morh Coulomb, en la que se aprecia que el talud es estable en condiciones saturadas y estáticas con un factor de seguridad de 1.925 por lo cual no se produce la falla en cuña en etas condiciones.

Fuente: Propia.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

5.2.9.3. Condiciones Pseudoestáticas y secas

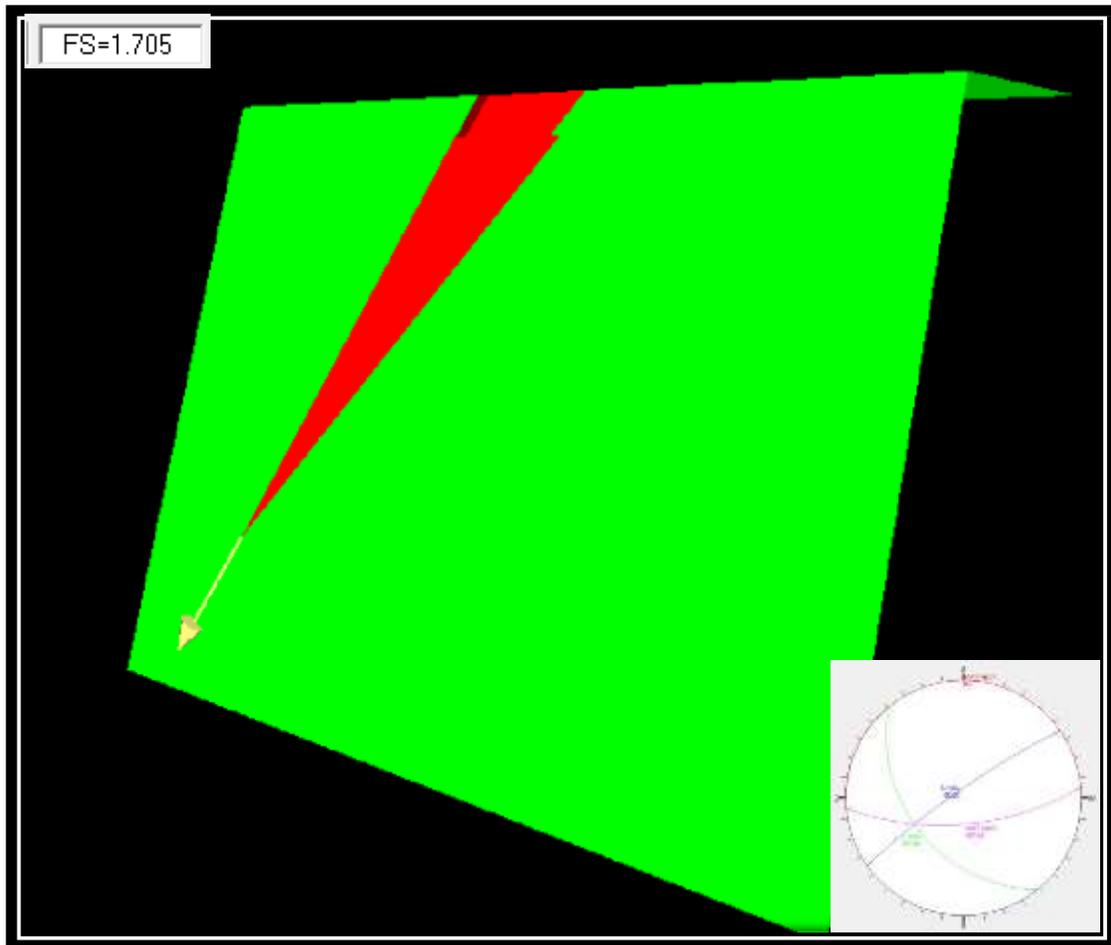


Figura 45. Análisis del factor de seguridad por el modelo de Mohr Coulomb, en la que se aprecia que el talud es estable en condiciones saturadas y con un coeficiente de sismicidad de 0.2354 se obtiene de seguridad de 1.075 por lo cual no se produce la falla en cuña.

Fuente: Propia.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

5.2.9.4. Condiciones Pseudoestáticas y Saturadas

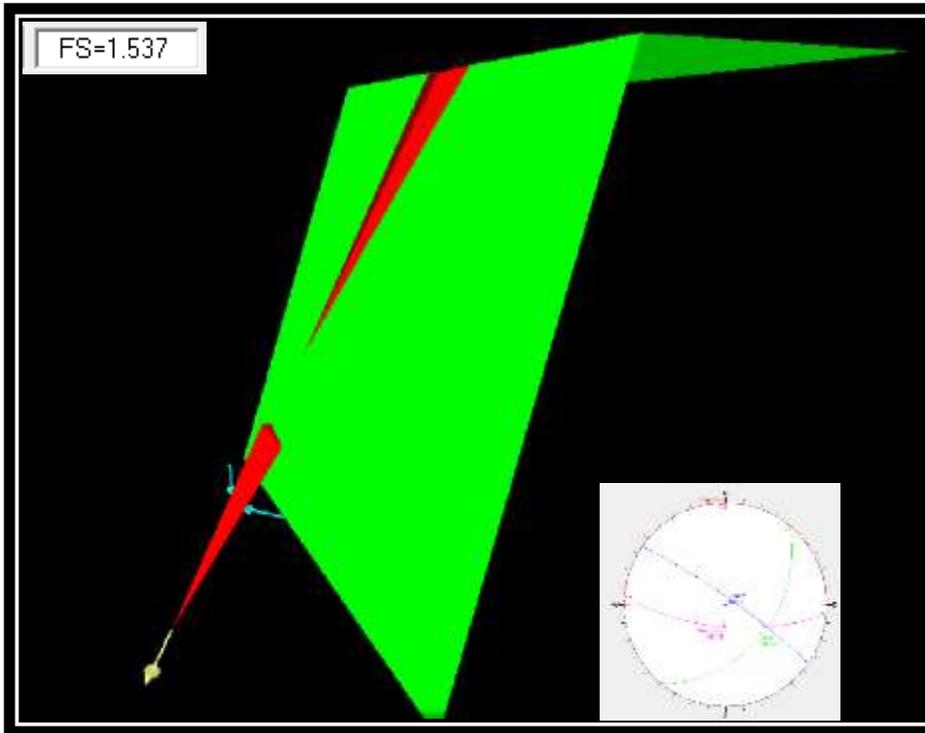


Figura 46. Análisis del factor de seguridad por el modelo de Mohr Coulomb, en la que se aprecia que el talud es estable en condiciones saturadas y con un coeficiente de sismicidad de 0.2354 se obtiene se seguridad de 1.537 por lo cual no se produce la falla en cuña en estas condiciones.

Fuente: Propia.

A continuación, se muestra un cuadro resumen del factor de seguridad para las distintas condiciones para rotura en cuña formada por los Sets de la familia J02 y J03

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Tabla 29.

Condiciones de análisis de la rotura en cuña de los Sets J02 y J03 (Estatico y Pseudo-estatico)

Condiciones de Análisis			
Estático		Pseudo-estático	
Secas	Saturadas	Secas	Saturadas
2.145	1.925	1.705	1.537

Nota: Análisis del Factor de Seguridad en las distintas condiciones. **Fuente:** Propia.

Interpretación: Debido a que la rotura en cuña produce debido a la saturación de agua en las discontinuidades recomendaciones para asegurar la estabilidad son las mismas que se realizaron para la rotura planar.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

5.2.10. Análisis de Talud 02 en condiciones Estáticas.

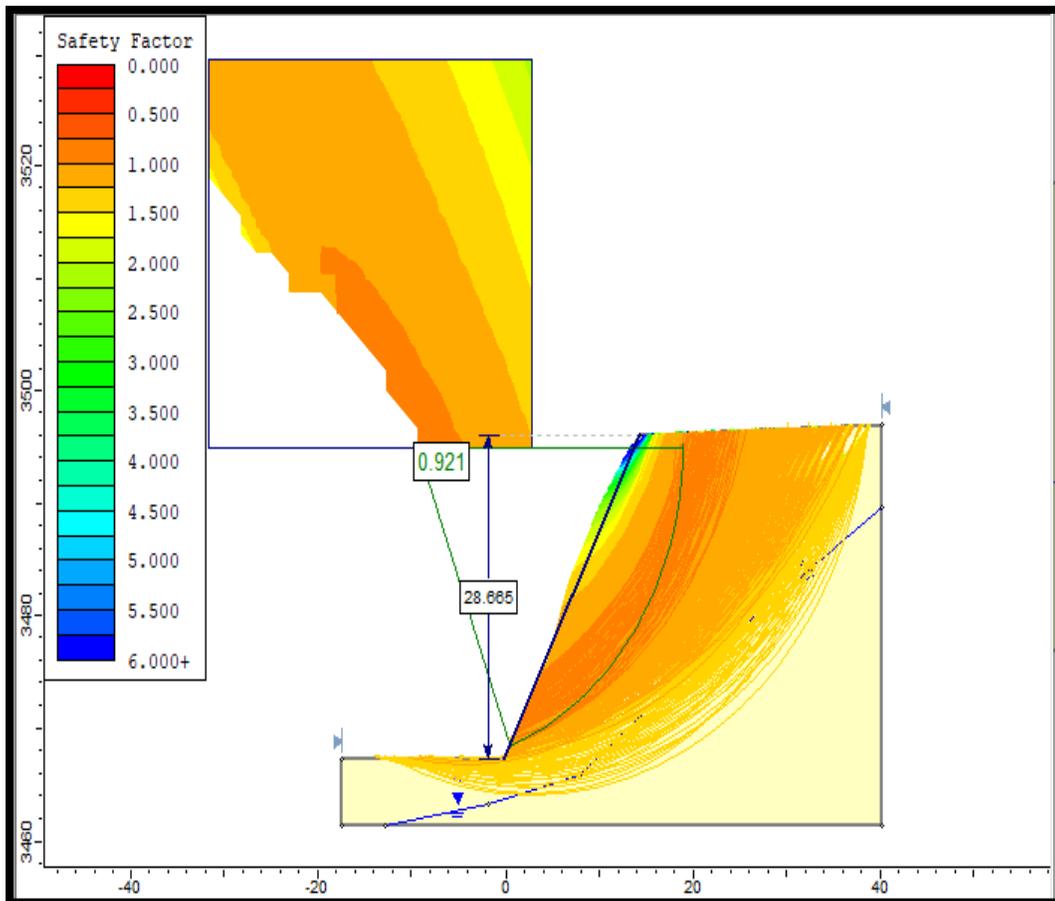


Figura 47. Análisis del factor de seguridad por el método de Spencer, en la que se aprecia que el talud es inestable con un factor de seguridad de 0.921 en condiciones estáticas para el talud Global con un ángulo de inclinación de 63° .

Fuente: Propia.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

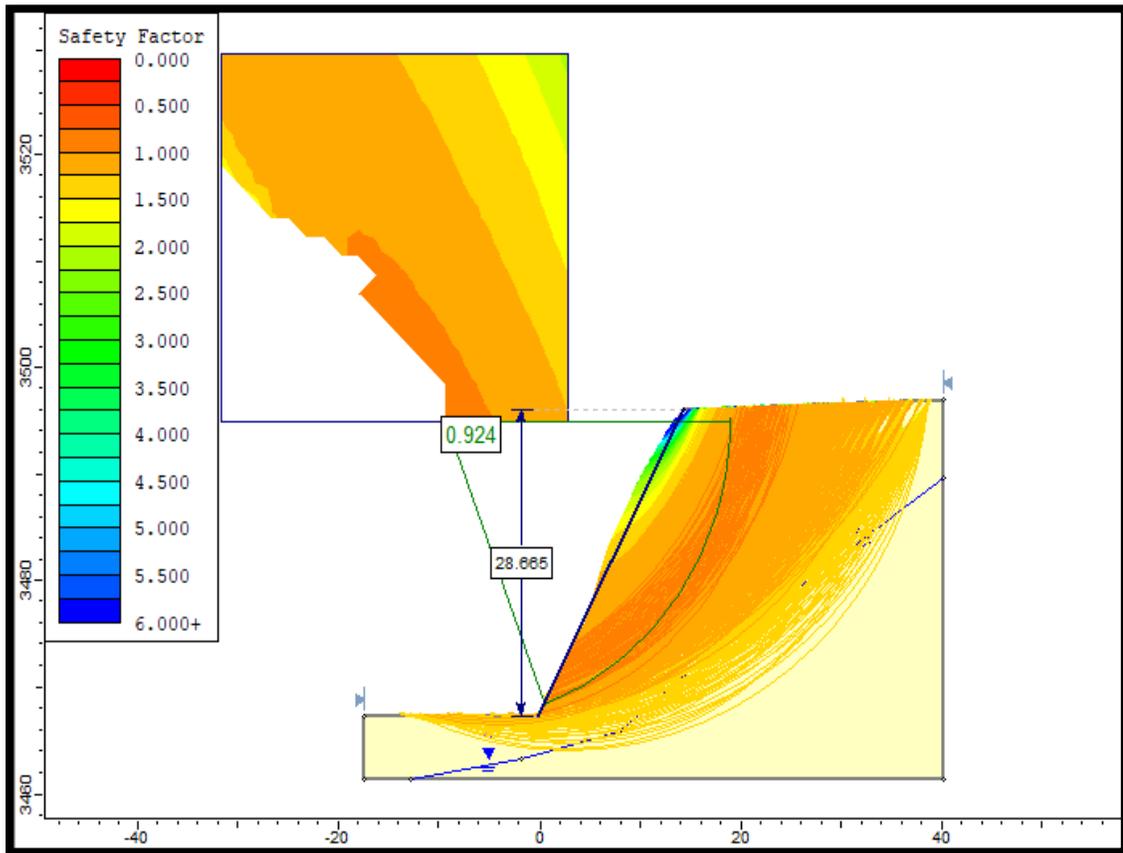


Figura 48. Análisis del factor de seguridad por el método de Morgenstem- Price, en la que se aprecia que el talud con un facto de seguridad de 0.924 en condiciones estáticas para el talud Global con un ángulo de inclinación de 56.

Fuente: Propia.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

5.2.11. Análisis de estabilidad del Talud Global en condiciones Pseudo estáticas

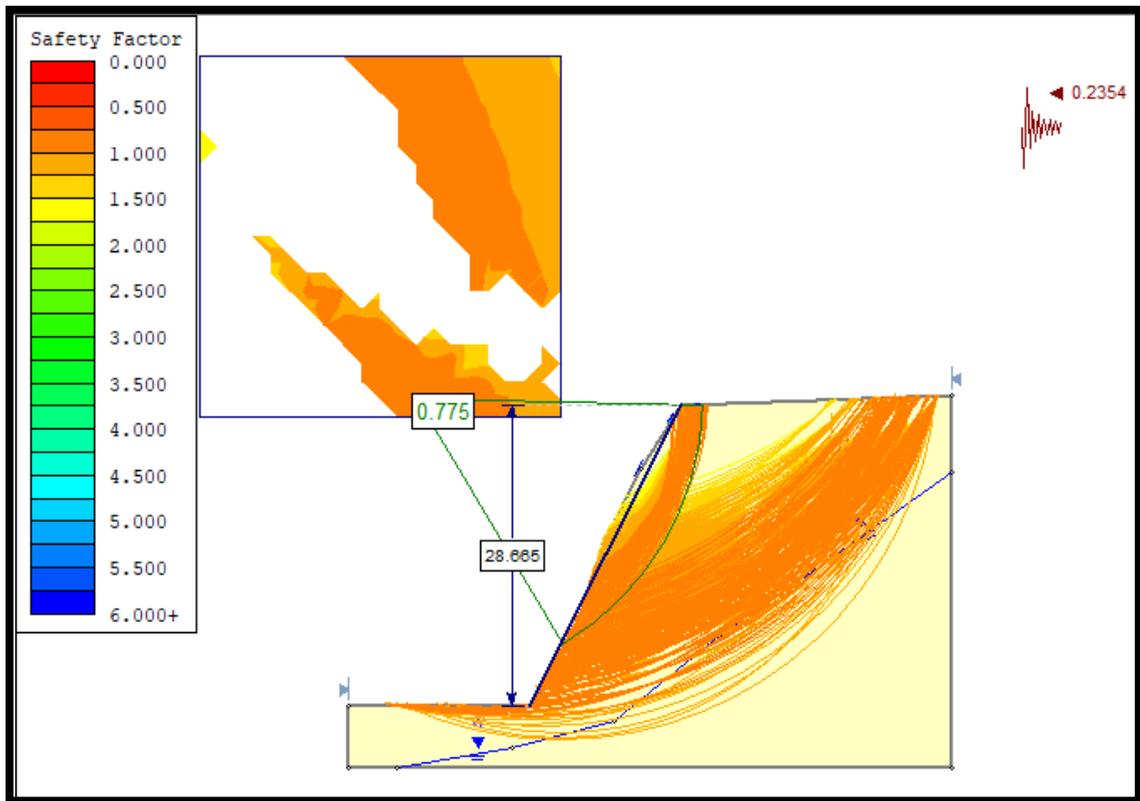


Figura 49. Análisis del factor de seguridad por el método de Spencer, en la que se aprecia que el talud es inestable con un factor de seguridad de 0.775 para condiciones Pseudo estáticas con coeficiente de sismicidad horizontal de 0.2354 y un coeficiente vertical.

Fuente: Propia.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

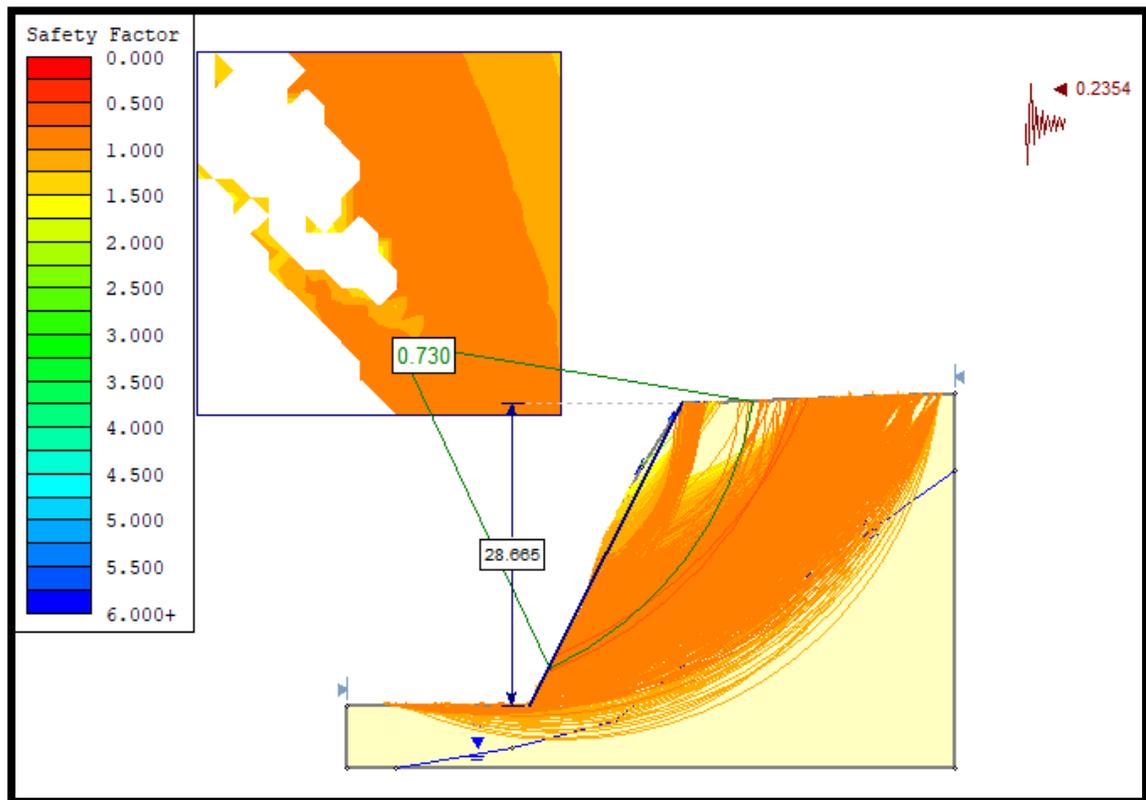


Figura 50. Análisis del factor de seguridad por el método de Morgenstern- Price, en la que aprecia que el talud es inestable con un factor de seguridad de 0.730 para condiciones Pseudo estáticas con un coeficiente de sismicidad horizontal de 0.2354 y un coeficiente vertical de 0.

Fuente: Propia.

A continuación, se muestra una tabla de los distintos factores de seguridad en condiciones estáticas y Pseudoestáticas para el talud N°02.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Tabla 30.

Condiciones de análisis para el Talud 02 (Estático y Pseudo - estático)

Condiciones de Análisis			
Estático		Pseudo - estático	
Spencer	Morgenstern - Price	Spencer	Morgenstern - Price
0.921	0.924	0.775	0.730

Nota: Análisis del Factor de Seguridad en las distintas condiciones.

Fuente: Propia.

Interpretación: Según el análisis realizado en la tabla anterior se puede apreciar de que El talud inestable para las distintas condiciones tanto Estáticas como Pseudo estáticas.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

5.3. Medidas de estabilidad en con cambio de geometría

5.3.1. Análisis de Talud Global en condiciones Estáticas.

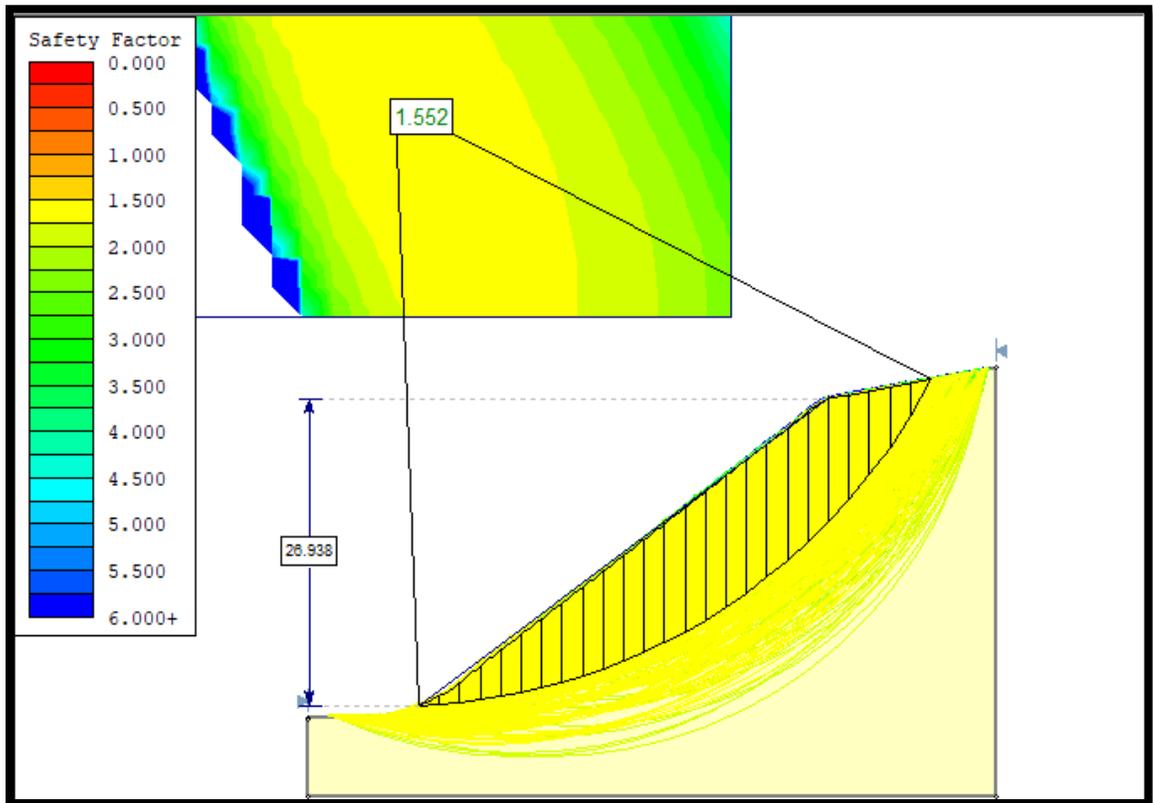


Figura 51. Análisis del factor de seguridad por el método de Spencer, en la que se aprecia que el talud es estable con un factor de seguridad de 1.550 en condiciones estáticas por el talud con el ángulo de inclinación de 40°. **Fuente:** Propia.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Análisis del factor de seguridad.

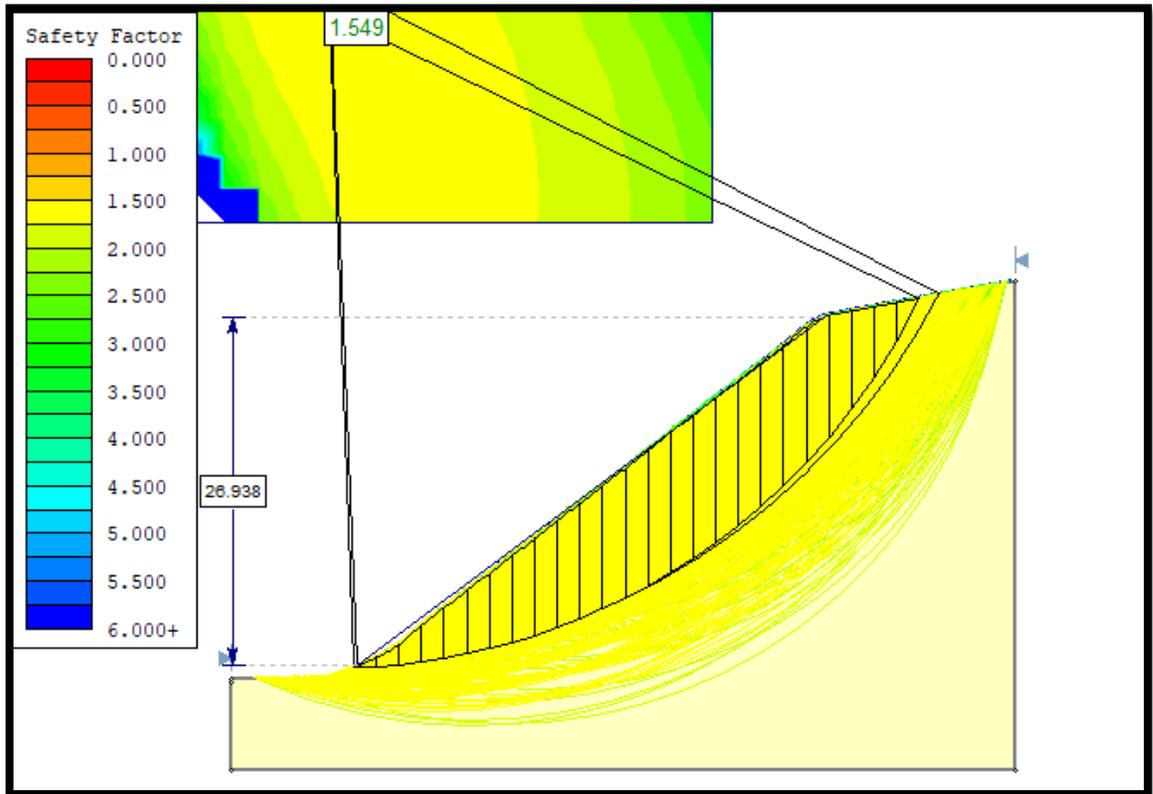


Figura 52. Análisis del factor de seguridad por el método de Morgenstern- Price en la que se aprecia que el talud es estable con un factor de seguridad de 1.549 en condiciones estáticas para el talud con un ángulo de inclinación de 40°.

Fuente: Propia.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

5.3.2. Análisis de estabilidad del Talud Global en condiciones Pseudo estáticas.

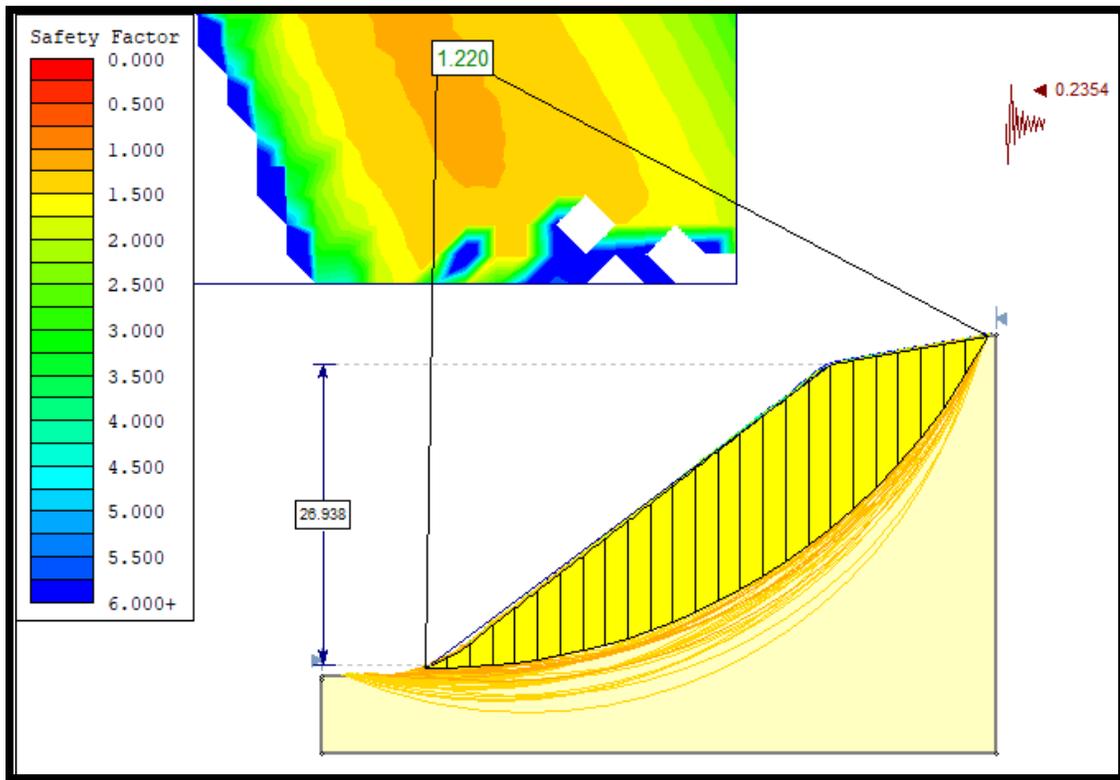


Figura 53. Análisis del factor de seguridad por el método de Spencer, en la se aprecia que el talud es estable con un factor de seguridad de 1.220 para condiciones Pseudo estáticas con coeficiente sismicidad horizontal de 0.2354 y con un coeficiente vertical 0.

Fuente: Propia.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

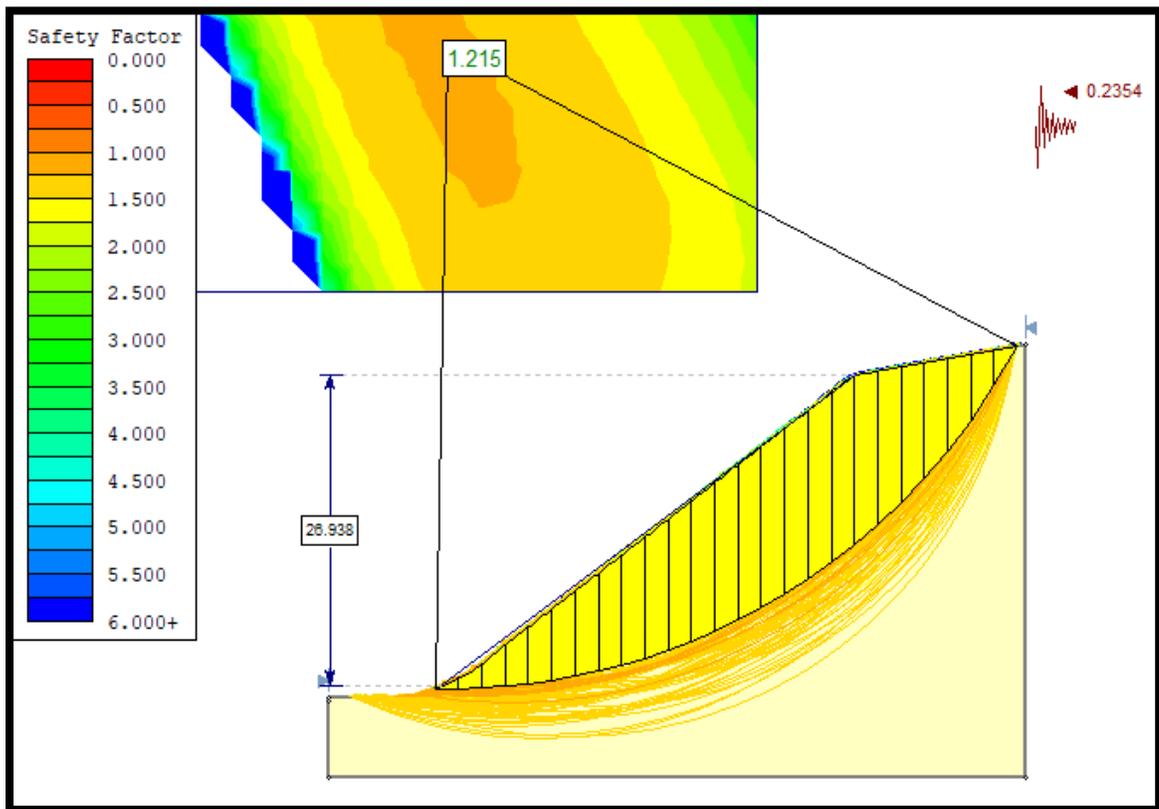


Figura 54. Análisis del factor de seguridad por el método de Morgenstern- Price, en la que se aprecia que el talud es inestable con un factor de seguridad de 1.280 para condiciones Pseudo estáticas con coeficiente de sismicidad horizontal de 0.2354 y un coeficiente vertical de 0.

Fuente: Propia.

A continuación, se muestra una tabla de los distintos factores de seguridad en condiciones estáticas y Pseudoestáticas para el talud N°02 con cambio de geometría.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Tabla 31.

Condiciones de análisis para el Talud 02 con cambio de geometría (Estático y Pseudo - estático).

Condiciones de Análisis			
Estático		Pseudo- estático	
Spencer	Morgenstern - Price	Spencer	Morgenstern - Price
1.552	1.549	1.220	1.215

Nota: Análisis del Factor de Seguridad en las distintas condiciones.

Fuente: Propia.

Interpretación: Según el análisis realizado en la tabla anterior se puede apreciar de que El talud N°02 con cambio de geometría es estable para las distintas condiciones tanto Estáticas como Pseudo estáticas.

A continuación, se plantea dos propuestas para poder estabilizar los taludes de la zona de estudio ubicado en el caserío de Tumbacucho, Hualghayoc – 2021, los cuales se detallan a continuación según los datos obtenidos en laboratorio se puede presentar las siguientes propuestas y si fuese posible el apoyo de una autoridad local se podría ejecutar el proyecto tal cual es este estudio y puede hacer realidad una de estas propuestas para disminuir la inestabilidad de taludes en la zona.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

5.4. Propuesta de la construcción de gaviones para estabilizar los taludes de la zona.

La construcción de las mallas con gaviones o conocidas también con el nombre de gaviones son la construcción de una estructura metálica electro soldada y también con mallas triple torsión donde dentro de ello lleva roca o tierra, pero en este caso según el estudio realizado la zona requiere un gavión donde su estructura este compuesto por rocas seleccionadas de chancadora de tamaño mediano, según el estudio realizado la zona en el Km 1360 + 100 – 1360 – 600, ubicado en el caserío de Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

El modelo más adecuado sería el gavión cuadrado la parte inicial con roca caliza de forma cuadrada o rectangular, de forma cuadrada o rectangular, con medidas de 10x2x2.5, pero ya subiendo unos dos pisos de construcción se recomienda terminar en la parte alta en cresta ya que este tiene mayor estabilidad esta construcción también sirve tipo un muro de contención con doble propósito, uno de ellos es drenar el agua existente en la zona de estudio ya que como va construido de roca, el agua muy fácilmente drena por los espacios que hay de roca a roca dentro del gavión.

Esto también puede retener una buena cantidad de masa de tierra si llegase a caer esto permitirá que la vía terrestre se mantenga limpia por lo menos en los época de invierno que se presenta con mayor frecuencia en los meses de noviembre a marzo aproximadamente, ya que en la siguiente estación del año normalmente puede drenar el agua ya que en los siguientes meses baja la cantidad de agua debido a la poca presencia de lluvia en la zona esto seria un apoyo directo

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

a los pobladores de la zona, ya que no tendrán problemas para poder desarrollar sus actividades de agricultura y ganadería en la parte baja del talud y pueden utilizar el agua que filtra y pasa directamente a la cuneta para poder realizar sus riegos tanto a pastos como como en algunas plantas que tengan sembrados.



Figura 55. Gaviones contruidos para disminuir deslizamientos de taludes y afectar directamente a la vía.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Para poder hacer realidad este proyecto y estudio realizado se pide directamente el apoyo de la gestión actual del alcalde de la provincia de Hualgayoc, brindar las herramientas y materiales necesarios para poder hacer realidad este proyecto que ya tiene un previo estudio en el cual es de gran ayuda para la población de la provincia y la región ya que ayuda a disminuir los problemas que siempre carece todo el tiempo esta zona y las zonas aledañas.

5.5. Propuesta de construcción de muro de contención con concreto.

Esta es una de las propuestas establecidas directamente por parte del laboratorio donde se realizó los estudios de corte directo, elasticidad y plasticidad. Este muro de contención en voladizo ayudara directamente a retener todo tipo de restos de tierra o roca que se desprenda de la parte alta del talud, ya que también es una propuesta muy viable para poder ser ejecutada en la zona ubicada en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600. Esta construcción requiere las propiedades de materiales que puedan intervenir en la comprobación de dichos factores los cuales se muestran a continuación.

Concreto de 0.0024 kg/cm³, con un relleno granular de 0.001851 kg/cm³ y un suelo de cimentación de 0.182, el cual también debe llevar varillas de fierro con un enmallado para mayor durabilidad y mejor agarre del concreto, se debe utilizar arena gruesa, confitillo y piedra chancada para dicha construcción, esto igual que la construcción de malla con gaviones son dos de las opciones mas adecuadas para poder ser construidas en la zona de estudio y reducir los

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

deslizamientos que sufre la zona a continuación se muestra una figura tal como debería construirse dicho muro de contención con voladizo.

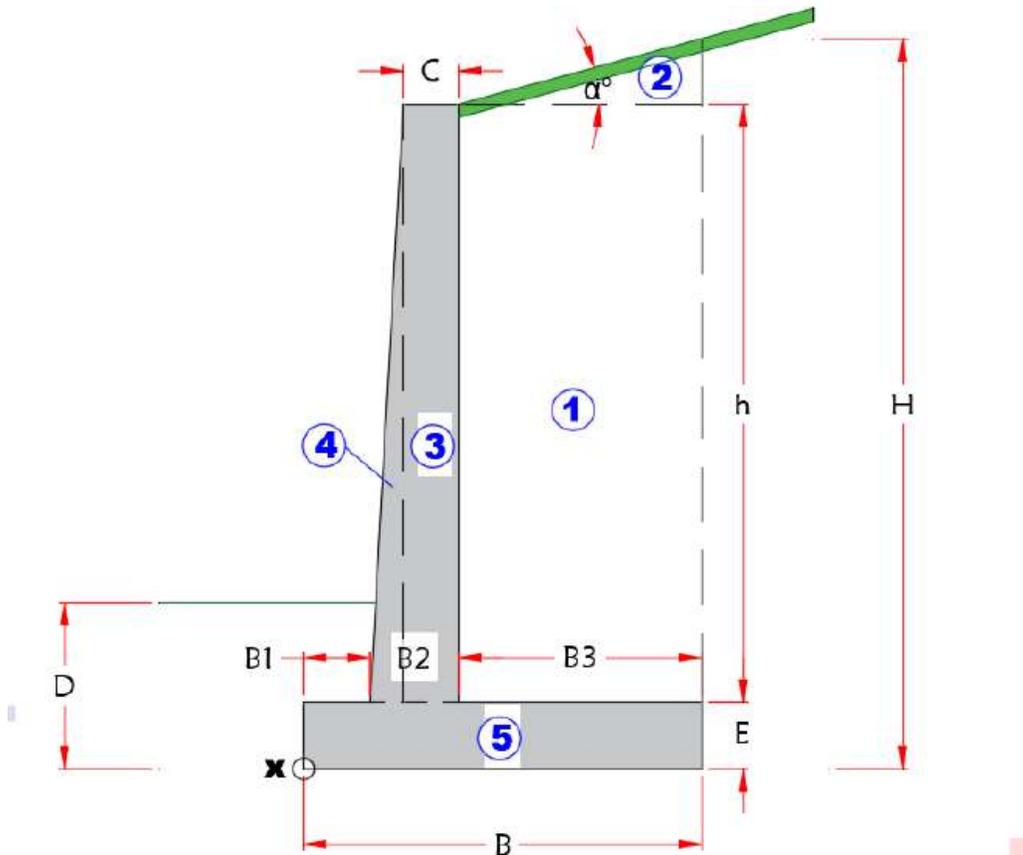


Figura 56. En esta figura se muestra el muro con voladizo que se debe construir en la zona de estudio. Fuente: lab. Guersan.

CAPITULO IV DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

6.1. Discusión.

En el presente trabajo de investigación se analizó principalmente el material extraído de la calicata hecha en campo llevándolo a laboratorio, también los datos tomados en diferentes puntos de los taludes de la zona de estudio, para poder identificar los peligros y riesgos que existen mayormente en épocas de lluvia. Por lo que se acepta la hipótesis, teniendo en cuenta que la propuesta es favorable. El objetivo principal de este estudio es Elaborar una propuesta para el diseño y la estabilidad de taludes en el caserío de Tumbacucho, Hualgayoc – 2021.

A continuación, se muestra algunos aspectos con gran importancia y se analizan las controversias de la investigación realizada, esta investigación aplica un estudio de carácter geotécnico, para la estabilidad de taludes, de manera que se pueda predecir y estimar el grado de daño y pérdidas asociadas a este evento, como pérdidas materiales, pérdidas humanas, pérdidas económicas, etc.

Según, (Gurruchaga, 2020) nos dice que una aplicación muy importante en la ingeniería geotécnica es el análisis de los taludes que viene a estudiar las condiciones de estabilidad de una ladera o de un talud artificial, este proceso puede ser optimizado mediante algunas modelaciones, que lo pueda designar el ingeniero. Dentro de las metodologías de modelación matemática, por ello es importante emplear la metodología que pueda dar el objetivo del análisis y también los

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

resultados esperados.

Las modelaciones mediante los métodos de tensión – deformación permiten determinar los parámetros de resistencia y deformaciones en una ladera, en el sentido que el estudio que se realice debe hacerse con un análisis de alternativas de estabilización que permitan mejorar la estabilidad de un talud en una determinada zona de estudio.

El cual coincide con nuestra tesis ya que se analizó los taludes para determinar sus condiciones de estabilidad. Las carreteras, autopistas, vías férreas, entre otras obras de ingeniería, generan algunos cambios en la geometría de las laderas o taludes, en donde se debe aplicar la geotecnia para lograr una estabilidad adecuada en los taludes y que resulten estables para un proyecto y así lograr una estabilidad esperada para no afectar directamente a la población, animales, ríos, manantiales, etc. Actualmente la mayoría de los estudios de estabilidad se basan en los Métodos de Equilibrio Límite (MEL), donde se considera la relación entre las fuerzas deslizantes y resistivas a lo largo de una superficie dada. Sin embargo, en los últimos tiempos se ha implementado de una manera muy significativa el método de los elementos finitos (MEF), el cual se divide en un cuerpo de formas geométricas simples, o también elementos interconectados entre sí, una de las principales ventajas de este método es la relación entre el esfuerzo – deformación por lo que gracias a esto una ruptura no se da de forma instantánea, sino que es de una forma continua, de esta manera corrobora la hipótesis planteada para el estudio.

Finalmente (Mendoza, 2014). Afirma que la zona de estudio, ubicado en la carretera

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Hualgayoc-Bambamarca, en el caserío de Tumbacucho en la provincia de Hualgayoc en el departamento de Cajamarca es bastante compleja, debido a la alta presencia de geo- estructuras fuertemente disturbadas, dando lugar a plegamientos y deslizamientos, los cuales por estar constituidos por material arcilloso , areniscas y lutitas; son propensas a un fuerte proceso de erosión , meteorización física y química, produciendo deformaciones profundas en la estructura rocosa, provocando deslizamientos y obstaculizando la vía de acceso terrestre, también afectando directamente a la población del lugar o transeúntes que hacen el uso de esta vía de comunicación, esto se podría mejorar siempre y cuando haya un estudio de diseño y una propuesta para poder estabilizar los taludes de la zona, caso contrario este lugar permanecerá con este problema. Por lo que nuestra propuesta para la prevención de futuros deslizamientos es favorable según los estudios realizados.

Por otra parte, después de los análisis podemos afirmar que tanto en taludes de suelo y rocas, la estabilidad también depende de las propiedades físicas de los taludes (altura, pendiente, longitud de pie) y de la topografía. Estos factores sumados a los factores geológicos y geotécnicos, influyen en el resultado final de los análisis en las condiciones aplicadas.

Algunas de las limitaciones que se nos presentó al momento de realizar el estudio fue la presencia de grietas sobre los taludes, ya que en cualquier momento se podría producir un deslizamiento, así mismo la falta de presupuesto para el análisis de muestras en laboratorio para hacer un estudio más extenso ya que los deslizamientos se encuentran presentes en la mayor

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

parte de la carretera de Hualgayoc hacia el caserío de Tahona baja.

Se recomienda, implementar un sistema de control y monitoreo geotécnico a lo largo de la carretera, con la finalidad de monitorear movimientos lentos del terreno. Realizar estudios geofísicos, específicamente sondajes eléctricos verticales, con la finalidad de determinar la profundidad del nivel freático en este sector, En la parte inferior de los taludes, se recomienda remover la base del talud e implementar muros de cemento y muro de gaviones.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

CONCLUSIONES

En conclusión, se logró elaborar una propuesta y el diseño para la estabilidad de taludes en el caserío de Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Se pudo determinar los parámetros geotécnicos del macizo rocoso y del suelo ubicado en el km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc – 2021.

Se logro calcular el FS para los distintos taludes ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc – 2021.

Finalmente se logro proponer dos propuestas para la estabilidad de taludes en la zona de estudio ubicado en el Km 1360 +100 – 1360 – 600, en el caserío de Tumbacucho – Hualgayoc 2021, las cuales son la construcción de malla gaviones y la construcción de un muro de contención con voladizo para retener la masa de tierra y roca que sede de la parte alta en los taludes del lugar.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

REFERENCIAS

- *Medinaceli Tórrez, Rubén, & Medinaceli Ortiz, Rubén. (2021). Aplicación de la simulación de Montecarlo a la evaluación probabilística de la estabilidad de taludes en roca. Revista de Medio Ambiente y Minería, 6(1), 33-47. Recuperado en 04 de noviembre de 2021, de: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2519-53522021000100004&lng=es&tlng=es.*
- *Mucuta - Lito, Helder Vemba, Cartaya-Pires, Maday, & Watson - Quesada, Roberto Lincoln. (2020). Evaluación de estabilidad en taludes del yacimiento Castellano mediante el cálculo del factor de seguridad. Minería y Geología, 36(4), 441-450. Epub 30 de diciembre de 2020. Recuperado en 08 de noviembre de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1993-80122020000400441&lng=es&tlng=es.*
- *Mesa Lavista, Milena, Álvarez Pérez, José, & Chávez Gómez, Jorge H. (2020). Evaluación del factor de seguridad en taludes de terraplenes carreteros altos ante carga sísmica. Ingeniería sísmica, (103), 1-17. Epub 02 de febrero de 2021. <https://doi.org/10.18867/ris.103.489>.*

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

- Flores, Isaida, García, Jenny, & González, Yoermes. (2020). *Relación entre la compactación y la succión en presas de tierra con suelos tipo CH. Obras y proyectos*, (27), 15-25. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-28132020000100015>.
- Avellaneda-Puri, Paulino José, & Avellaneda-Cristóbal, Carmen Judith. (2020). Evaluación de la estabilidad física del depósito integrado de relaves San Andrés (Perú). *Minería y Geología*, 36(1), 33-49. Epub 31 de marzo de 2020. Recuperado en 08 de noviembre de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1993-80122020000100033&lng=es&tlng=es.
- Tuco-Huarahuara, Yenifer Ruth, & Gonzáles - Haramboure, Yoermes. (2019). Estabilidad de taludes en la presa de colas Agua Dulce en Potosí, Bolivia. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 40(1), 110-121. Recuperado en 08 de noviembre de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382019000100110&lng=es&tlng=es.
- Díaz Rodas, M. A., & Rodríguez Salazar, J. G. (2018). Estudio de la estabilidad de taludes en roca entre los kilómetros 95 al 97 de la carretera Ciudad de Dios-Cajamarca, recuperado de: [Estudio de la estabilidad de taludes en roca entre los kilómetros 95 al 97 de la carretera Ciudad de Dios - Cajamarca \(upn.edu.pe\)](#)
- Grattz, Karen Lizeth, Salazar, Juan Diego, & Rodríguez, Carlos E. (2018). Análisis de los factores que determinan el diseño de mallas metálicas para la estabilización de taludes en

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

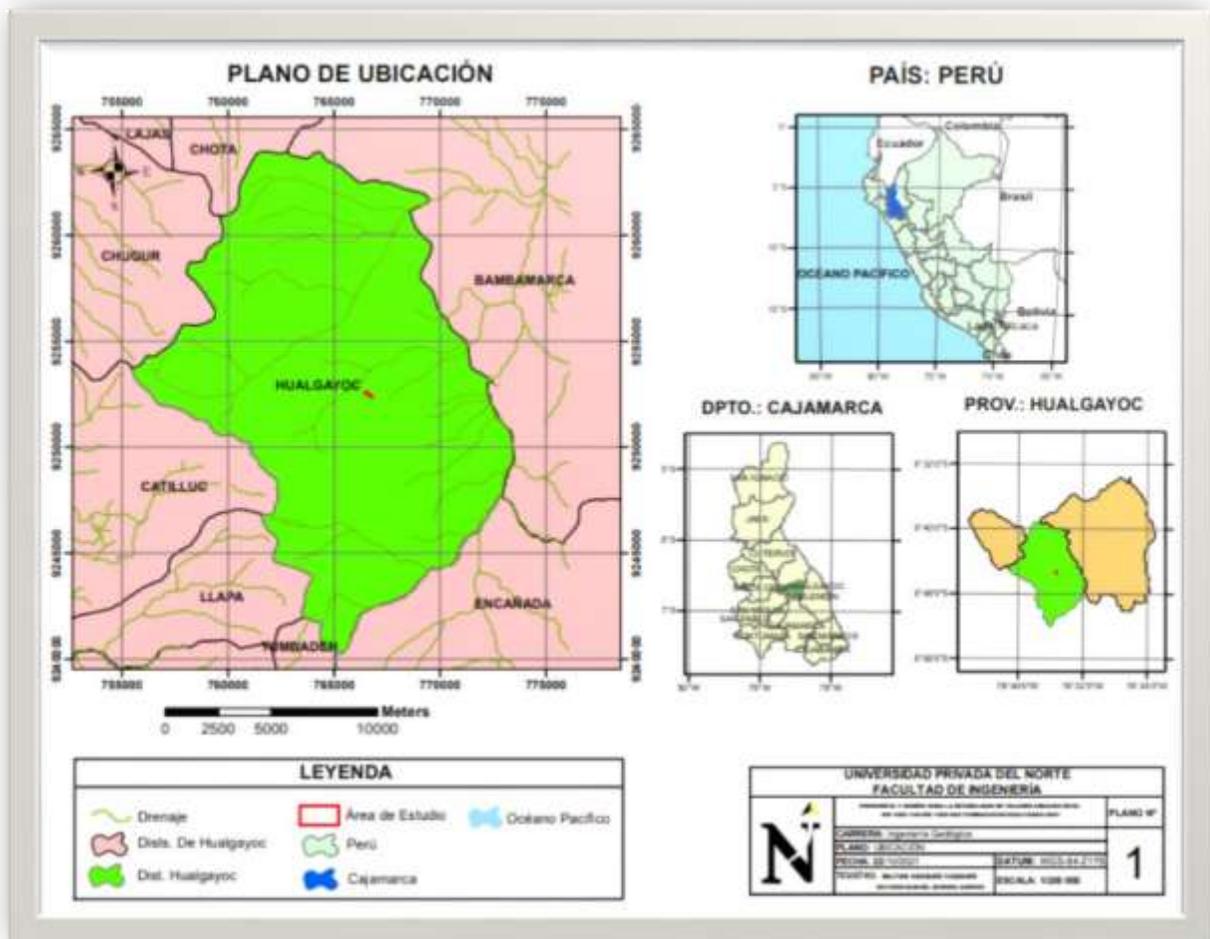
macizos rocosos. *Obras y proyectos*, (23), 25-38. <https://dx.doi.org/10.4067/s0718-28132018000100025>

- *Arredondo-Arteaga, Debbie, & Giraldo-Buitrago, Didier (2014). Control adaptativo por planos deslizantes. Scientia Et Technica, 19(3),237-244. [fecha de Consulta 8 de noviembre de 2021]. ISSN: 0122-1701. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84932139002>*
- *Hendrickx, Michel E., & Mah, Christopher, & Zárate-Montes, Carlo Magno (2011). Asteroidea de aguas profundas (Echinodermata) recolectada durante los cruceros TALUD en el Golfo de California, México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 82(3),798-824. [fecha de Consulta 8 de noviembre de 2021]. ISSN: 1870-3453. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42520988008>.*
- *Grattz, Karen Lizeth, Salazar, Juan Diego, & Rodríguez, Carlos E. (2018). Análisis de los factores que determinan el diseño de mallas metálicas para la estabilización de taludes en macizos rocosos. Obras y proyectos, (23), 25-38. <https://dx.doi.org/10.4067/s0718-28132018000100025>.*

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

ANEXOS:

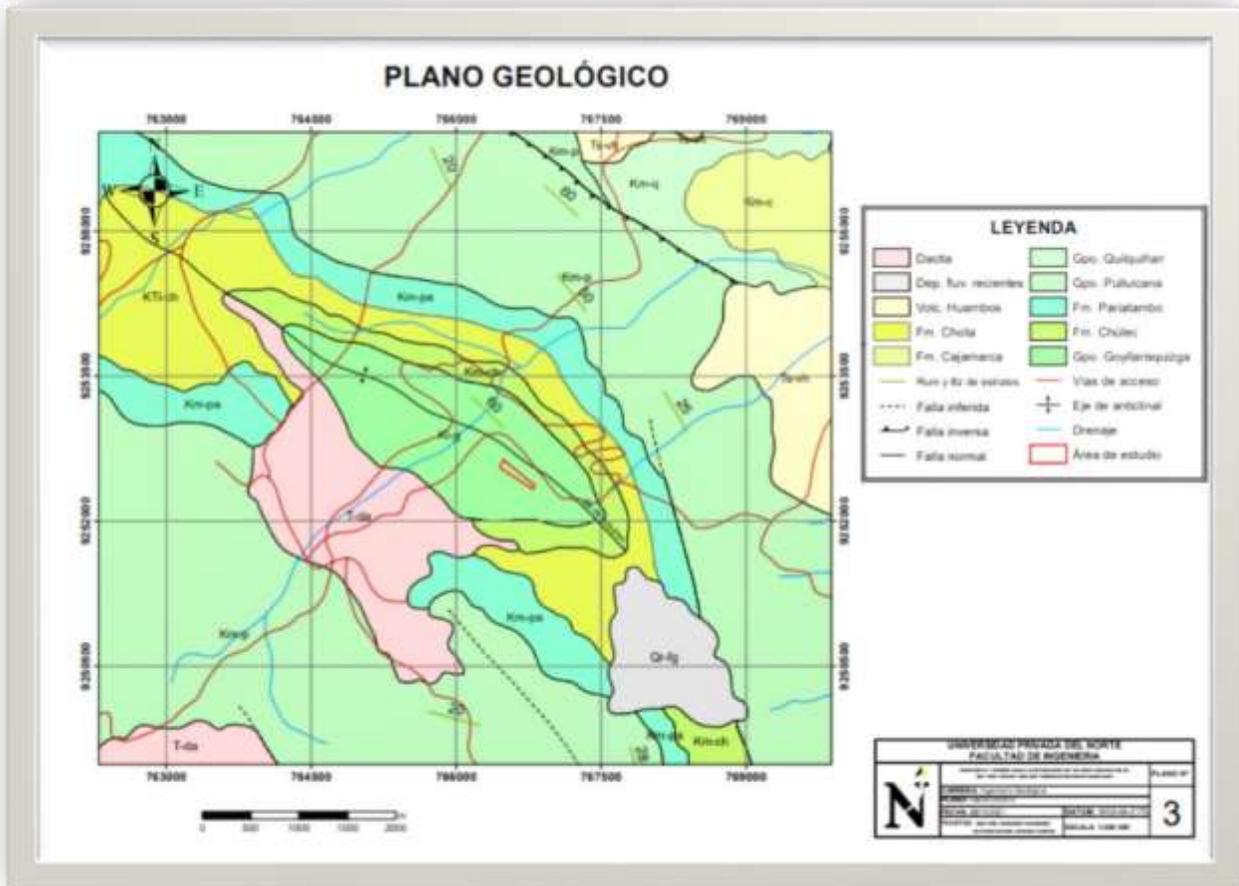
Anexo N° 01: plano de



ubicación de la zona de estudio.

ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Anexo N° 03: plano geológico de la zona de estudio 2021.



ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Anexo N° 04: vista general de la calicata C –



ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Anexo N° 05: vista general de la calicata C –



ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Anexo N° 06: Presencia de material a punto de caer en un talud de la zona de estudio tomada la foto desde SW a NE.



ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Anexo N° 07: Vista panorámica foto tomada desde la parte alta de la zona de estudio.



ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Anexo N° 08: Se muestra el material que se puede desprender en cualquier momento en la zona de estudio, fotografía tomada desde SW – NE.



ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Anexo N° 09: Presencia de diaclasas en un talud de la zona.



ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Anexo N° 10: Presencia de ichu y pequeños arbustos propios de la zona.



ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Anexo N° 11: Material suelto en el borde de la pista.



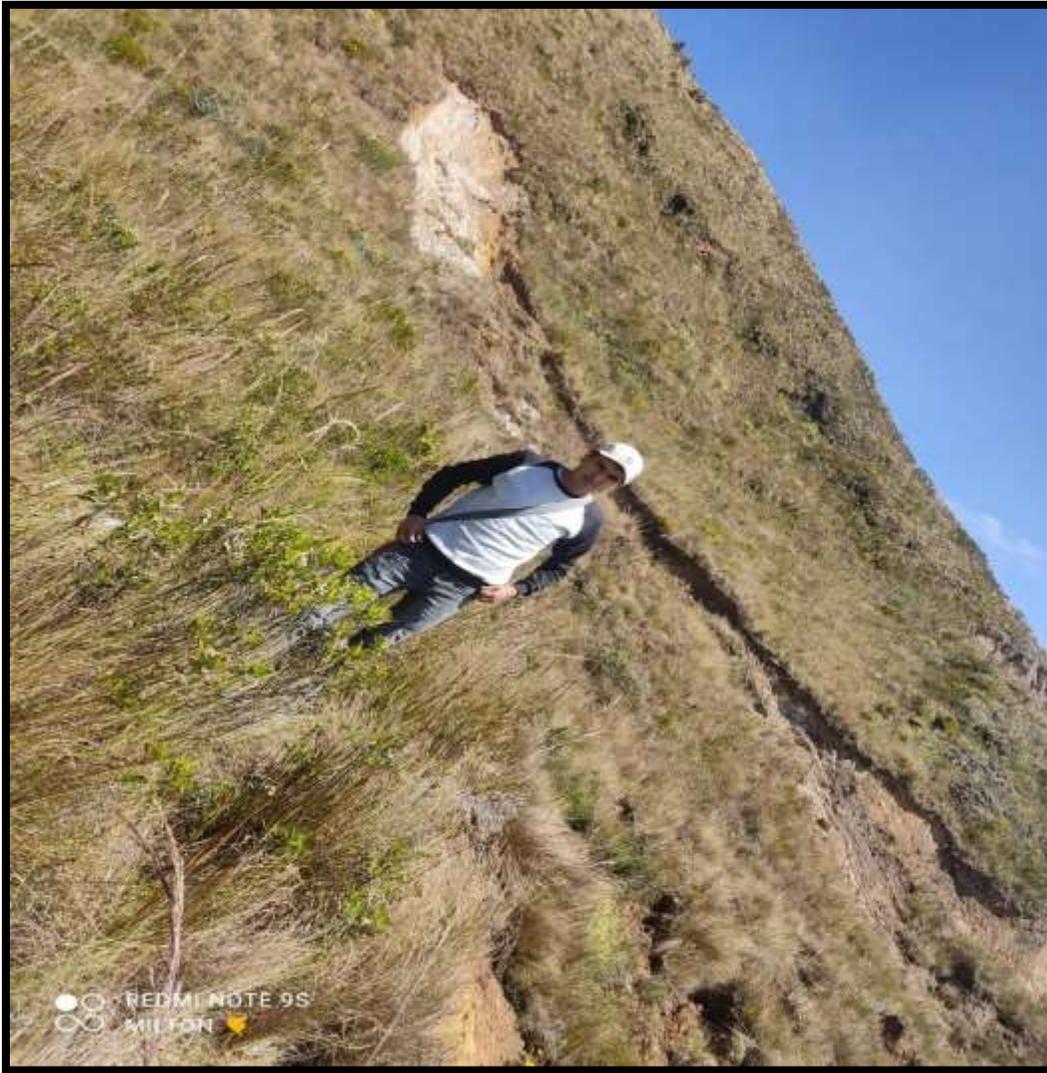
ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Anexo N° 12: material humedo a punto de despresnderse.



ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Anexo N° 13: Presencia de una parte deslizada en la zona.



ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Anexo N° 14: Vegetacion a los alrededores de la zona de estudio y presencia de lomadas.



ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Anexo N° 15: Vista general de la zona de estudio.



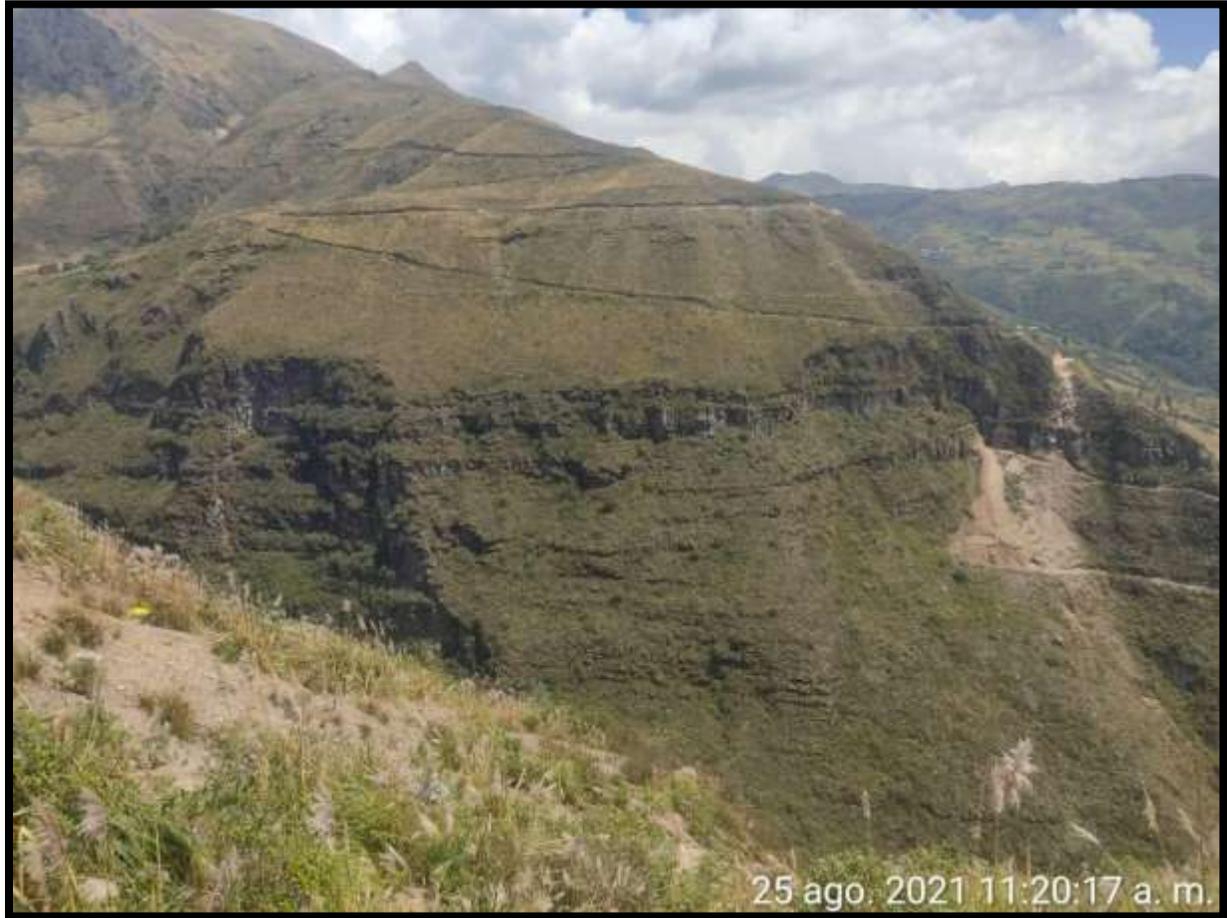
ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Anexo N° 16: Vista general de una parte del talud en deslizamiento.



ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Anexo N° 17: Vista general al cerro Jesús, fotografía tomada desde NW – SE.



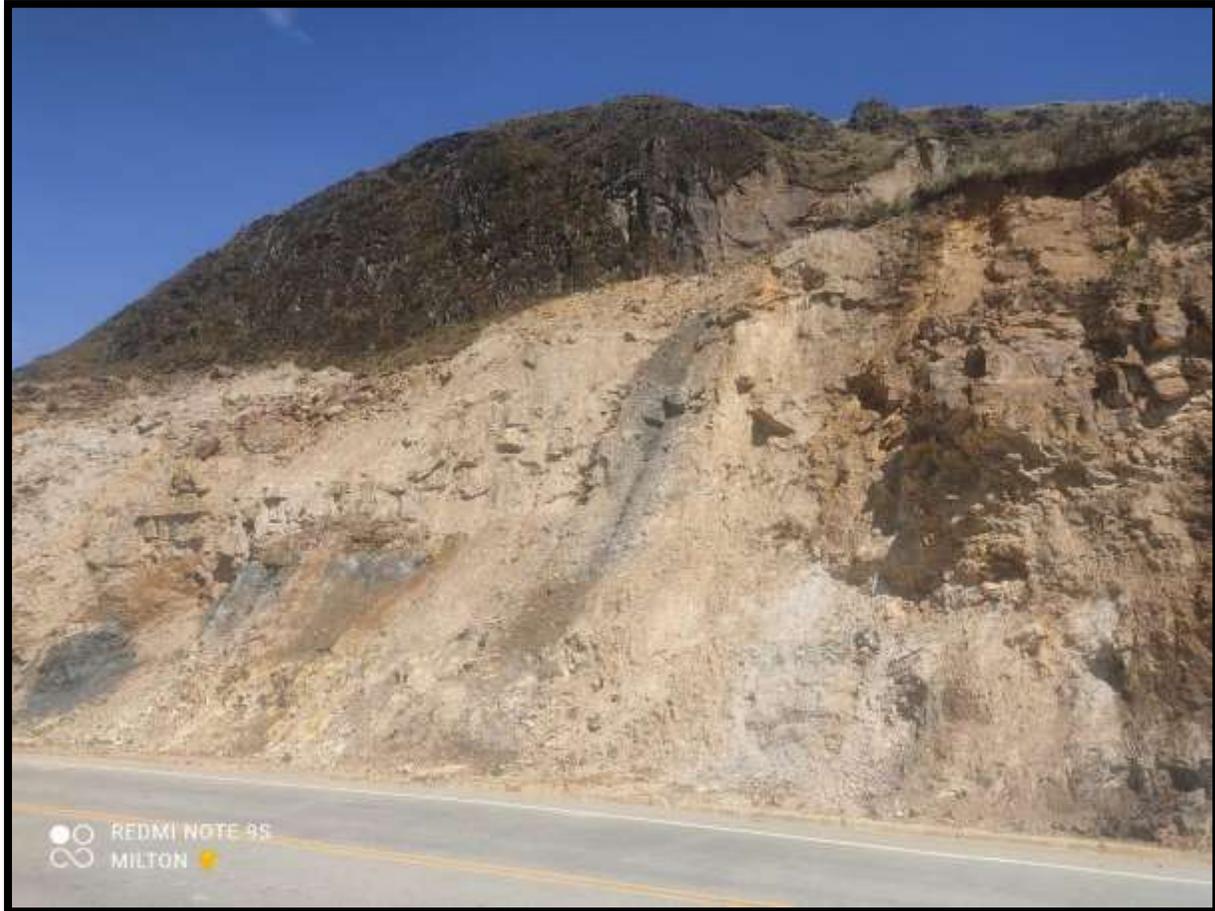
ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Anexo N° 18: Vista general del talud más inestable de la zona de estudio.



ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Anexo N° 19: Vista frontal de la zona de estudio.



ubicado en el Km 1360 + 100 – 1360 + 600, Tumbacucho, Hualgayoc - 2021.

Anexo N° 20: Presencia de rocas y material suelto en la zona del talud.

