

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**Influencia del proceso constructivo, infiltración de agua y erosión de suelo
del canal Mariño en la evaluación del factor de seguridad del talud de la
zona de Aymas - Abancay 2023**

Asesor:

Mag. Gálvez Quintana Marco Antonio

Autor:

Ramos Tello Lucero Andrea

Para optar el Título Profesional:

Ingeniero Civil

Abancay – Apurímac – Perú

2024



Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas

ACTA DE EXAMEN DE TITULACIÓN N°015-2024-EPIC-FI- UTEA- SA

Reunidos el Jurado Evaluador constituido por los señores Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de los Andes:

- | | |
|--------------------------------------|--------------|
| ➤ MSc. Ing. Angel MALDONADO MENDÍVIL | PRESIDENTE |
| ➤ Ing. Holguer CAYO BACA | DICTAMINANTE |
| ➤ Dr. Wilfredo SOTO PALOMINO | REPLICANTE |

y el (la) postulante al **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO (a) CIVIL**,
Bachiller: RAMOS TELLO, Lucero Andrea con código de matrícula N°201020462-F.

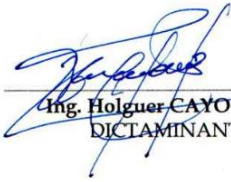
Ha cumplido con las exigencias del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos de la Universidad Tecnológica de los Andes, aprobado mediante resolución de consejo Universitario N°1870-2023-UTEA-CU, de fecha 03 de julio del 2023, respecto a la sustentación de tesis, para optar al título profesional de Ingeniero Civil.


SUSTENTACIÓN DE TESIS titulado: **“Influencia del proceso constructivo, infiltración de agua y erosión de suelo del canal Mariño en la evaluación de factor de seguridad del talud de la zona Aymas- Abancay 2023”**, habiendo aprobado con la nota de doce (12).

Se expide, la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 274.

Abancay, 24 de abril 2024.


MSc. Ing. Angel MALDONADO MENDÍVIL
PRESIDENTE


Ing. Holguer CAYO BACA
DICTAMINANTE


Dr. Wilfredo SOTO PALOMINO
REPLICANTE

Influencia del proceso constructivo, infiltración de agua y erosión de suelo del canal Mariño en la evaluación del factor de seguridad del talud de la zona de Aymas - Abancay 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|----------|--|---------------|
| 1 | repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet | 3% |
| 2 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 2% |
| 3 | Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes Trabajo del estudiante | 1% |
| 4 | Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante | <1% |
| 5 | Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante | <1% |
| 6 | portal.indeci.gob.pe Fuente de Internet | <1% |
| 7 | 1library.co Fuente de Internet | <1% |
| 8 | www.slideshare.net Fuente de Internet | <1% |

Metadatos Complementarios

| Datos del Autor | | |
|--|---|---|
| Apellidos y Nombres | : | Ramos Tello Lucero Andrea |
| Tipo de Documento de Identidad | : | D.N.I. |
| Número de Documento de Identidad | : | 72846940 |
| URL ORCID | : | No aplica |
| Datos del Asesor | | |
| Apellidos y Nombres | : | Gálvez Quintana Marco Antonio |
| Tipo de Documento de Identidad | : | D.N.I. |
| Número de Documento de Identidad | : | 44923575 |
| URL ORCID | : | https://orcid.org/0000-0002-8709-4008 |
| Datos de investigación | | |
| Facultad | : | Ingeniería |
| Escuela Profesional | : | Ingeniería civil |
| Línea de investigación | : | Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible |
| Rango de años en que se realizó la investigación | : | 1 año |
| Fuente de financiamiento | : | Financiamiento propio |
| Porcentaje de similitud | : | 10% |
| URL de OCDE | : | https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 |

Dedicatoria

A Dios, por darme fortaleza y sabiduría para seguir adelante. A mis padres y a mi hermano, con todo el amor, por haber sido los pilares en mi formación y haberme acompañado en este proceso, por haberme inculcado valores y brindado su apoyo incondicional. A mis abuelos, Jorge y Carlos, que desde el cielo guían mis pasos.

Agradecimiento

Primeramente gracias a Dios por guiarme y acompañarme a lograr mis metas, gracias a todos los docentes que me brindaron su apoyo, dedicación y compartieron su conocimiento durante toda mi formación universitaria, asimismo agradecer a mi asesor de Tesis . Mag. Ing. Marco Antonio Galvez Quintana, por su acompañamiento, asesoría y orientación en el desarrollo de la Tesis.

Concluyo, agradeciendo a mi familia, por su apoyo incondicional y su constante preocupación por verme culminando esta bonita etapa de mi formación universitaria, esto es posible gracias ellos.

Resumen

La tesis analiza la influencia del proceso constructivo del Canal Mariño en la estabilidad del talud en la zona de Aymas, Abancay, Apurímac, se identificaron eventos de deslizamientos en la región y se destacó la vulnerabilidad de las viviendas cercanas al talud, se realizó un análisis detallado, utilizando software especializado que demostró que el factor de seguridad del talud se ve influenciado por el canal Mariño. Se concluyó que el proceso constructivo, la topografía escarpada y el peso del canal son factores que afectan negativamente a la estabilidad del talud puesto que de los estudios realizados mediante el software Slope 2018 mostraron un $F_s = 0.05$ sin influencia del canal Mariño y un resultado de $F_s = 0.11$ con la influencia del canal Mariño, siendo estos valores por debajo del factor mínimo que indica la norma, demostrándose de esa manera que la causa de la inestabilidad del talud evidentemente es el canal Mariño, mediante el peso que este ejerce sobre la superficie ya naturalmente inestable asimismo se concluyó que la infiltración de agua y la erosión del suelo causada por el canal no son significativas, aunque podrían ser consideradas en futuras evaluaciones.

Palabras Clave: Deslizamientos, estabilidad, canal mariño, talud, infiltración.

Abstract

The thesis analyzes the influence of the construction process of the Mariño Canal on the stability of the slope in the area of Aymas, Abancay, Apurímac, landslide events were identified in the region and the vulnerability of the homes near the slope was highlighted, an analysis was carried out detailed, using specialized software, which demonstrated that the safety factor of the slope is influenced by the Mariño channel. It was concluded that the construction process, the steep topography and the weight of the channel are factors that negatively affect the stability of the slope since the studies carried out using the Slope 2018 software showed an $F_s = 0.05$ without influence of the Mariño channel and a result of $F_s = 0.11$ with the influence of the Mariño channel, these values being below the minimum factor indicated by the standard, thus demonstrating that the cause of the instability of the slope is evidently the Mariño channel, through the weight that it exerts on the surface already naturally unstable, it was also concluded that water infiltration and soil erosion caused by the canal are not significant, although they could be considered in future evaluations.

Keywords: Landslides, stability, marine channel, slope, infiltration.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|--------------|
| Portada | i |
| Acta de Sustentación | ii |
| Reporte de similitud | iii |
| Metadatos Complementarios | iv |
| Dedicatoria | v |
| Agradecimiento | vi |
| Resumen | vii |
| Abstract | viii |
| Índice General | ix |
| Índice de Tablas | xiii |
| Índice de Figuras | xiv |
| Índice de Anexos | xvii |
| Introducción | xviii |
| CAPITULO I | 1 |
| PLAN DE INVESTIGACIÓN | 1 |
| 1.1 Descripción de la Realidad Problemática | 1 |
| 1.2 Identificación y Formulación del problema | 6 |
| 1.2.1 Problema general..... | 6 |
| 1.2.2 Problemas específicos | 6 |
| 1.3 Justificación de la investigación | 6 |

| | | |
|----------------------------|--|-----------|
| 1.4 | Objetivos de la investigación | 7 |
| 1.4.1 | Objetivo General | 7 |
| 1.4.2 | Objetivo Específicos..... | 7 |
| 1.5 | Delimitación de la investigación | 7 |
| 1.5.1 | Espacial | 7 |
| 1.5.2 | Temporal..... | 7 |
| 1.5.3 | Social | 7 |
| 1.5.4 | Conceptual..... | 8 |
| 1.6 | Viabilidad de la investigación | 8 |
| 1.7 | Limitaciones de la Investigación | 8 |
| CAPÍTULO II..... | | 9 |
| MARCO TEÓRICO | | 9 |
| 2.1. | Antecedentes de investigación..... | 9 |
| 2.1.1. | A nivel internacional | 9 |
| 2.1.2. | A nivel nacional | 11 |
| 2.1.3. | A nivel regional y local | 14 |
| 2.2. | Bases teóricas..... | 14 |
| 2.2.1. | Canal de Riego..... | 14 |
| 2.2.2 | Deslizamiento de tierras | 15 |
| 2.2.3 | Agentes externos..... | 15 |
| 2.3. | Marco conceptual..... | 16 |
| CAPÍTULO III..... | | 30 |

| | |
|--|-----------|
| METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | 30 |
| 3.1. Hipótesis | 30 |
| 3.1.1. Hipótesis general | 30 |
| 3.1.2. Hipótesis específicas | 30 |
| 3.2. Método | 30 |
| 3.3. Tipo de investigación | 31 |
| 3.3.1. Explicativo | 31 |
| 3.4. Nivel o alcance de investigación | 31 |
| 3.5. Diseño de investigación | 32 |
| 3.6. Operacionalización de variables | 32 |
| 3.6.1. Variable independiente | 32 |
| 3.6.2. Variable dependiente | 33 |
| 3.6.3. Cuadro de operación de variables | 34 |
| 3.7. Población, muestra y muestreo..... | 36 |
| 3.8. Técnicas e instrumentos | 37 |
| 3.9. Consideraciones éticas | 37 |
| 3.10. Procedimiento Estadístico..... | 38 |
| CAPITULO IV | 39 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 39 |
| 4.1. Resultados | 39 |
| 4.2. Discusión de resultados | 81 |
| A. Contraste de Resultados del Marco Teórico | 81 |

| | |
|---|-----------|
| B. Interpretación de los Resultados Encontrados en la Investigación | 81 |
| C. Aporte de la Investigación..... | 83 |
| 4.3. Prueba de hipótesis. | 84 |
| CONCLUSIONES | 85 |
| RECOMENDACIONES..... | 87 |
| BIBLIOGRAFÍA | 89 |
| ANEXOS..... | 93 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|---------|---|----|
| Tabla 1 | Operacionalización de variables..... | 34 |
| Tabla 2 | Resumen de datos de la calicata 01..... | 46 |
| Tabla 3 | Resumen de características fisicomecánicas de Calicatas C-01 y C-0259 | |
| Tabla 4 | Resumen del Factor de Seguridad analizado..... | 80 |
| Tabla 5 | Recursos, equipos y humanos para la elaboración de la tesis. | 96 |
| Tabla 6 | Cronograma de actividades..... | 97 |
| Tabla 7 | Presupuesto | 98 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 1 | Ubicación de la zona de estudio | 3 |
| Figura 2 | Canal “Mariño” ubicado en la parte superior del talud..... | 3 |
| Figura 3 | Talud con pendiente pronunciada, presencia de deslizamientos | 4 |
| Figura 4 | Parte baja del talud, se aprecia deslizamientos ocurridos con anterioridad año 2005..... | 4 |
| Figura 5 | Presencia de Deslizamientos actualmente en la zona de estudio..... | 5 |
| Figura 6 | Presencia de Deslizamientos en la zona de estudio | 5 |
| Figura 7 | Terraplén..... | 16 |
| Figura 8 | Partes de un Talud..... | 17 |
| Figura 9 | Movimiento o deslizamiento en masa típico, en diferentes etapas | 19 |
| Figura 10 | Etapas del deterioro de rocas macizas | 20 |
| Figura 11 | Etapas de caídas de bloques por gravedad | 21 |
| Figura 12 | Caída por volteo de materiales residuales | 22 |
| Figura 13 | Etapas de reptación. | 23 |
| Figura 14 | Proceso de avance de bloques de tierra por deslizamiento en suelos blandos | 24 |
| Figura 15 | Deslizamiento rotacional | 25 |
| Figura 16 | Deslizamiento traslacional..... | 25 |
| Figura 17 | Plano de Planta General de la zona de estudio del canal Mariño en la zona de Aymas. | 40 |
| Figura 18 | Sección transversal del Canal Mariño..... | 41 |
| Figura 19 | Acciones realizadas para el levantamiento topográfico en el canal Mariño de la zona de Aymas | 42 |
| Figura 20 | Resultados de las secciones transversales realizadas en Civil 3D | 43 |

| | | |
|-----------|--|----|
| Figura 21 | Plano de ubicación de los pozos para las auscultación de infiltración de agua..... | 44 |
| Figura 22 | Proceso de Auscultación de Infiltración de agua..... | 45 |
| Figura 23 | Análisis granulométrico y los límites de Atterberg correspondientes al estudio de suelos en el talud..... | 47 |
| Figura 24 | Tabla de perfil estratigráfico correspondiente a la calicata C-01 | 48 |
| Figura 25 | Resumen de parámetros sísmicos | 49 |
| Figura 26 | Coeficientes sísmicos horizontal y vertical calculados para el análisis de la zona | 50 |
| Figura 27 | Cuadro resumen de la calicata C-01 | 50 |
| Figura 28 | Ensayos de Laboratorio de las muestras de las calicatas..... | 51 |
| Figura 29 | Cuadro resumen de las características físico mecánicas de las calicatas C-01 y C-02..... | 53 |
| Figura 30 | Perfil estratigráfico de la calicata C-01 | 54 |
| Figura 31 | Perfil estratigráfico de la calicata C-02 | 55 |
| Figura 32 | Cuadro de resumen de las características físico mecánicas necesarias para la evaluación de la estabilidad del talud..... | 58 |
| Figura 33 | Simulación de la estratigrafía, topografía y estabilidad del talud en el software Slope 2018 | 61 |
| Figura 34 | Simulación la estabilidad del talud para 450 superficies en el software Slope 2018..... | 62 |
| Figura 35 | Resultados de la simulación para FS de 0 a 0.25 realizados en el software Slope 2018 | 63 |
| Figura 36 | Resultados de la simulación para FS de 0.25 a 0.50 realizados en el software Slope 2018 | 64 |

| | | |
|-----------|--|----|
| Figura 37 | Resultados de la simulación para FS de 0.50 a 0.75 realizados en el software Slope 2018 | 65 |
| Figura 38 | Resultados de la simulación para FS de 0.75 a 1 realizados en el software Slope 2018 | 66 |
| Figura 39 | Resultado de Isolíneas de las superficies analizadas con los valores de FS correspondientes..... | 67 |
| Figura 40 | Simulación de la carga puntual del canal Mariño en el talud..... | 68 |
| Figura 41 | Resultado del factor FS en la superficie del talud | 69 |
| Figura 42 | Resultados del análisis de la estabilidad del talud para FS de 0 a 2.. | 70 |
| Figura 43 | Resultados del análisis de la estabilidad del talud para FS de 0 a 0.25 | 71 |
| Figura 44 | Resultados del análisis de la estabilidad del talud para FS de 0.25 a 0.50 | 72 |
| Figura 45 | Resultados del análisis de la estabilidad del talud para FS de 0.5 a 0.75 | 73 |
| Figura 46 | Resultados de isolíneas correspondientes al análisis de la estabilidad del talud | 74 |
| Figura 47 | Datos de entrada para simulación en el software modelándose con Geomallas 1000/30..... | 75 |
| Figura 48 | Resultados de la Simulación de la estabilidad en el software SLOPE con Geomallas..... | 76 |
| Figura 49 | Características geométricas del Muro tipo 01 | 77 |
| Figura 50 | Características geométricas del Muro tipo 02. | 78 |
| Figura 51 | Resultados de la Simulación de la estabilidad del talud con los 02 muros de contención..... | 79 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|-----|
| Anexo 1 Matriz de consistencia..... | 93 |
| Anexo 2 Flujograma de procedimientos para la realización de la tesis. | 94 |
| Anexo 3 Método de análisis de datos..... | 95 |
| Anexo 4 Aspectos Administrativos | 96 |
| Anexo 5 Cronograma de actividades | 97 |
| Anexo 6 Presupuesto y financiamiento | 98 |
| Anexo 7 Plano topográfico de planta y perfil longitudinal | 99 |
| Anexo 8 Plano topográfico de secciones transversales | 100 |
| Anexo 9 Resultados de laboratorio de ensayos realizados..... | 101 |

INTRODUCCIÓN

La estabilidad del talud es un aspecto crucial en la planificación y ejecución de proyectos de construcción, especialmente en zonas con topografía escarpada y condiciones geológicas desafiantes. En este contexto, el presente trabajo de investigación se enfoca en la “Influencia del proceso constructivo, infiltración de agua y erosión de suelo del canal Mariño en la evaluación del factor de seguridad del talud de la zona de Aymas, Abancay 2023”, la misma que consta de cuatro capítulos que se detallan líneas abajo:

En el capítulo I, se describe la realidad problemática, exponiendo de manera puntual los problemas existentes en la zona de estudio y justificando la realización del presente trabajo, asimismo se describen los objetivos, delimitación, viabilidad de la investigación y las limitaciones.

En el capítulo II, se desarrolla los antecedentes de la presente investigación, donde se considera investigaciones anteriores referentes al tema de estudio para de esa manera mostrar una comprensión más amplia con lo que se quiere mostrar, de igual manera se describen las bases teóricas y el marco conceptual.

El capítulo III, se enfoca en el desarrollo de la hipótesis general y específicas en lo que concierne a la presente investigación, se describe el método de investigación, diseño, población, muestra y muestreo.

Y finalmente en el capítulo IV, se detallan los resultados obtenidos de la presente investigación, se plasma cada uno de los resultados en referencia a los objetivos planteados, asimismo se realiza la discusión de resultados para terminar con la descripción de las conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO I

PLAN DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

A través de la historia, se han presentado en distintas partes del mundo situaciones catastróficas naturales, como son los deslizamientos de tierras, las mismas que han tenido recurrencias en su manifestación y consecuentemente un incremento en la amenaza que implica para las sociedades.

Los derrumbes de laderas, conocidos como corrimientos de tierras, pueden dar lugar a pequeños y grandes movimientos de masas. Suelen estar causados por diversos factores, como la deforestación, los terremotos, el clima, las precipitaciones y las condiciones geológicas. Los corrimientos de tierras pueden provocar importantes pérdidas materiales y humanas, (Pico, 2006).

Muchos países se han visto afectados por catástrofes naturales, los más expuestos se encuentran en América, Asia y África

Ecuador, marzo del 2021, presentó deslizamientos de tierras sobre diversas de sus vías de transportes, producido por agentes climáticos, debido a la magnitud de estos deslaves estas vías fueron interrumpidas asimismo afectaron viviendas aledañas poniendo en riesgo la vida de los habitantes.

Perú, no es ajeno a estos fenómenos, debido al exceso de lluvias en la zona, el 11 de enero del 2021, alrededor de las 5:00 a.m., se produjo un deslizamiento de tierra y lodo que obstruyó la carretera en el Km 15+000 Capillas - Chincha, en el distrito de Capillas., provincia de Castrovirreyna, departamento de Huancavelica.

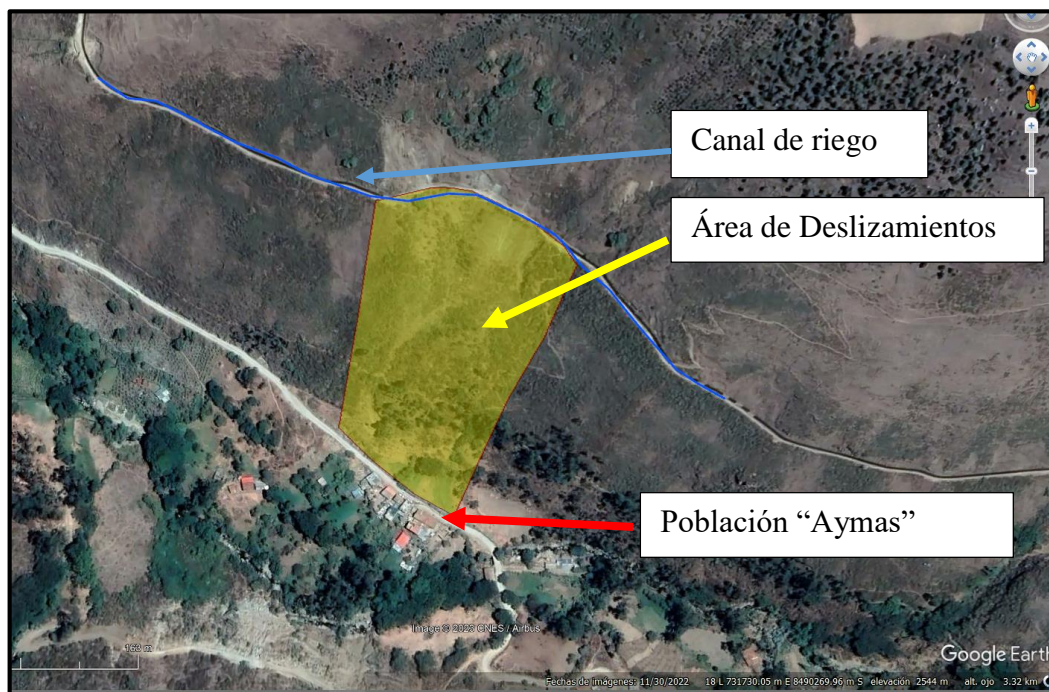
La comunidad de Aymas, provincia de Abancay, departamento de Apurímac, presenta un deslizamiento de tierras a la altura del kilómetro 0+700 carretera Aymas- Quisapata, donde se visualiza un desprendimiento macizo de suelos, el cual cubre parte de la vía.

La presencia del canal Mariño el cual atraviesa el cerro, del cual se desprende esta porción de suelo, es un canal abierto en cierto tramo y canal con conducto cerrado en otro tramo, lo que podría implicar una de las causas de esta situación antes descritas, en la que se encuentra la comunidad de Aymas; asimismo se puede inferir que el canal Mariño estaría siendo afectado por agentes externos como partículas de suelo y vegetación que son arrastradas por precipitaciones pluviales y viento, las cuales caen sobre el tramo abierto del canal lo que termina sedimentándose provocando la alteración de la operatividad del mismo.

Según lo descrito, las viviendas que se ubican en las faldas de este cerro se encuentran vulnerables ante la ocurrencia repetitiva de eventos como este.

Figura 1

Ubicación de la zona de estudio



Nota: Vista panorámica de la zona de estudio.

Fuente: Google Earth 2023.

Figura 2

Canal "Mariño" ubicado en la parte superior del talud



Nota: Punto final de canal de conducto cerrado

Fuente: Elaboración propia

Figura 3

Talud con pendiente pronunciada, presencia de deslizamientos



Nota: Área afectada producto de deslizamientos.

Fuente: Elaboración propia

Figura 4

Parte baja del talud, se aprecia deslizamientos ocurridos con anterioridad año 2005



Nota: Acumulación de suelo en la parte baja de talud producto de los deslizamientos

Fuente: Elaboración propia

Figura 5

Presencia de Deslizamientos actualmente en la zona de estudio



Nota: Deslizamiento en la parte superior del canal de conducto cerrado

Fuente: Elaboración propia

Figura 6

Presencia de Deslizamientos en la zona de estudio



Nota: Parte media del talud con donde se observa desprendimiento de suelo producto de los deslizamientos

Fuente: Elaboración propia

1.2 Identificación y Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo influye el proceso constructivo, infiltración de agua y erosión de suelo del canal Mariño en la evaluación del factor de seguridad del talud de la zona de Aymas?

1.2.2 Problemas específicos

1. ¿Cómo influye el proceso constructivo del canal Mariño en el factor de seguridad del talud de la zona de Aymas?
2. ¿Cómo afecta la infiltración de agua del canal Mariño en el factor de seguridad del talud de la zona de Aymas?
3. ¿Cuál es la influencia de la erosión del suelo del canal Mariño en el factor de seguridad de talud de la zona de Aymas?

1.3 Justificación de la investigación

Mediante la realización de la presente investigación se busca evaluar las causas que conllevaron a este deslizamiento de talud, conocer de manera real y científica los detalles del funcionamiento del canal Mariño; asimismo como primer punto contribuir con la población de esta zona protegiéndolos ante una posible nueva ocurrencia de este fenómeno evidentemente salvaguardando su seguridad física y emocional, como segundo punto evitar la interrupción del tránsito en esta zona para las comunidades que se conectan a esta vía.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo General

Analizar la influencia del proceso constructivo, infiltración de agua y erosión de suelo del canal Mariño en la evaluación del factor de seguridad del talud de la zona de Aymas.

1.4.2 Objetivo Específicos

1. Determinar como afecta el proceso constructivo del canal Mariño en el factor de seguridad del talud de la zona de Aymas.
2. Establecer como afecta la infiltración de agua del canal Mariño en el factor de seguridad del talud de la zona de Aymas.
3. Determinar de que manera afecta la erosión del suelo ocasionado por el canal Mariño en el factor de seguridad del talud de la zona de Aymas.

1.5 Delimitación de la investigación

Luego de haber descrito la problemática de este estudio, la investigación se ha delimitado en los siguientes aspectos:

1.5.1 Espacial

Esta investigación estuvo comprendida dentro de la ciudad de Abancay, que pertenece a la región de Apurímac, donde se realizará los estudios pertinentes para obtener buenos resultados.

1.5.2 Temporal

El periodo de la investigación corresponde al año 2023.

1.5.3 Social

La Investigación realizada busca mitigar los riesgos a los que se encuentra expuesta la comunidad de Aymas, puesto que en el punto de investigación se encuentran viviendas familiares, quienes se exponen a un

fenómeno natural constante, arriesgando sus vidas, es por ello que entre mis propósitos primordiales es brindar alternativas de solución las cuales se verán enfocadas en el desarrollo del presente proyecto de investigación, en aras de contribuir a la seguridad de los pobladores de la comunidad de Aymas.

Para la realización de este trabajo de investigación se trabajará con el equipo humano; quienes son los encargados de laboratorio y docentes de la Universidad.

1.5.4 Conceptual

La presente investigación se enfoca en determinar de qué manera alteran los agentes externos la operatividad del canal Mariño y cuál es la influencia del funcionamiento del canal Mariño en el deslizamiento de talud en el kilómetro 0+700 de la carretera de la comunidad de Aymas.

1.6 Viabilidad de la investigación

Económicamente es viable, la investigadora asumirá los gastos que impliquen los estudios necesarios, de manera que se garantiza los estudios en campo necesarios para lograr resultados óptimos de la investigación

Se dispone de acceso a la zona en estudio y cuenta con accesibilidad a la información por parte de los habitantes de esta zona lo cual será necesaria para la materialización y profundización de antecedentes necesarios en este proceso.

La presente investigación reúne las características, condiciones técnicas y operativas que garantizan el cumplimiento de los objetivos propuestos y el desarrollo correcto del proyecto de investigación

1.7 Limitaciones de la Investigación

No se cuenta con investigaciones anteriores a nivel local relacionados con el problema de investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

2.1.1. *A nivel internacional*

Ocando (2020), esta tesis presenta un nuevo enfoque para analizar la estabilidad tridimensional de taludes, partiendo de métodos tradicionales de análisis en dos dimensiones. Este método se amplía para incluir la evaluación de los empujes en muros de contención y la estimación de la probabilidad de falla de los taludes. Se ha desarrollado una metodología clara y sencilla que utiliza parámetros geomecánicos del suelo y el coeficiente de sismo para evaluar dicha probabilidad.

Durante la aplicación del método en diversos taludes con distintas estratigrafías y movimientos, se han comparado los resultados con análisis bidimensionales. Los hallazgos muestran que el enfoque tridimensional desarrollado no es necesariamente menos conservador que los análisis bidimensionales, sino que ofrece una mayor precisión, especialmente considerando las variaciones geométricas y geológicas de los taludes evaluados.

Una conclusión destacada es que la relación entre el factor de seguridad tridimensional (FS3D) y el factor de seguridad bidimensional (FS2D) no es siempre superior a uno. Este punto es crucial, ya que la ingeniería demanda

métodos más precisos para resolver problemas complejos. El análisis proporciona una visión clara y objetiva sobre esta relación, demostrando que puede ser incluso menor a la unidad, dependiendo en gran medida de la geometría y la geología del talud.

Nino (2018), en su artículo “Métodos de análisis y diseño para la resolución de problemas de estabilidad de taludes y excavaciones mediante técnicas de Soil Nailing” en la Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería, N°110 presentan los principales aspectos del comportamiento del Soil Nailing, se analizó; en la ciudad de Bogotá; se identificaron cuatro categorías de suelos: arcillas resistentes, arcillas blandas, arenas compactas y arenas sueltas. Mediante investigaciones tanto en terreno como en laboratorio, se llegó a la conclusión de que la conexión entre el suelo y las barras de anclaje ejerce un impacto considerable en el índice de seguridad. La implementación del método de Soil Nailing incrementa el índice de seguridad en un rango del 130% al 190%. Por otro lado, se determinó que el tipo de revestimiento final no afecta el funcionamiento del sistema.

Montatixe y Chango (2018), en su investigación denominado “Análisis de estabilidad de taludes en un tramo de las avenidas Simón Bolívar y Gonzalo Pérez Bustamante, distrito metropolitano de Quito”. Su investigación lo desarrollaron en la Escuela Politécnica Nacional ubicada en Quito, Ecuador, para la obtención del título de ingenieras en geología.

La investigación se llevó a cabo en la Escuela Politécnica Nacional en Quito, Ecuador, como parte del proceso para obtener el título de ingeniera en geología. El objetivo principal fue identificar áreas susceptibles a deslizamientos en una sección de los taludes de las avenidas Simón Bolívar y Gonzalo Pérez Bustamante, mediante un análisis de estabilidad y retroanálisis de los mismos. El enfoque

metodológico adoptado fue cuantitativo y de diseño no experimental, llevado a cabo longitudinalmente, utilizando la metodología de análisis de equilibrio límite a través del software Slide 6.0. Se concluyó que los taludes no presentan inestabilidad en condiciones de época seca, con coeficientes de seguridad superiores a 1.5, pero bajo condiciones de lluvia, los coeficientes de seguridad fueron inferiores a 1.25, calificándose como inadmisibles o bajos.

Orellana (2017), desarrolló un estudio titulado "Análisis de la estabilidad del terreno de la comunidad La Vainilla, Cantón Santa Ana - Provincia de Manabí", como parte de su titulación como Ingeniero Geólogo en la Universidad Central del Ecuador. El propósito fue evaluar la estabilidad del área donde se encuentra ubicada la comunidad La Vainilla, en el cantón Santa Ana, provincia de Manabí, mediante la determinación de las características geomecánicas y propiedades geotécnicas del suelo, y calcular los factores de seguridad. Al igual que en el primer caso, el enfoque fue cuantitativo y de diseño no experimental, realizado longitudinalmente, utilizando el método de análisis de equilibrio límite con el software Slide de Rocscience. Se determinó que la carga sísmica era el factor que más influía, con factores de seguridad inferiores a 1, indicando la inestabilidad del terreno. Se recomendó un monitoreo continuo debido a estos resultados, y se destacó que el criterio de Janbu Simplificado fue el más conservador entre los métodos utilizados.

2.1.2. A nivel nacional

Breña (2019), en su trabajo de investigación "Estabilidad de taludes de la carretera longitudinal de la sierra; tramo Cochabamba-Cutervo-Chiple, Cajamarca-Perú", se enfatiza la necesidad de prevenir los elementos que pueden desencadenar fallas geológicas. Dado que nuestro país está situado en el margen

oriental del Cinturón de Fuego, diversos factores como los fenómenos sísmicos, tsunamis, erupciones volcánicas, movimientos de tierra, cambios bruscos de temperatura, erosión del suelo, proximidad a fallas geológicas y zonas de riesgo, entre otros, están condicionados a desencadenar desastres naturales. La presencia de la Placa de Nazca, la actividad sísmica y la presencia de suelos inestables con fallas geológicas son elementos críticos para la ocurrencia de estos desastres.

Gomez (2018), en su trabajo de investigación “Análisis de riesgos por inestabilidad de taludes en la subcuenca río Canipaco, tramo distrito de Colca provincia de Huancayo departamento de Junín” se sugiere que para reducir la velocidad de flujo del agua, se puede emplear una cobertura vegetal efectiva. Esto se puede lograr plantando árboles u otras plantas que mantengan una cubierta constante sobre el suelo.

Huallpa (2019), en su trabajo de investigación “ Identificación y evaluación de factores geotécnicos que causan la inestabilidad de ladera en la quebrada de Qolcohuaycco, urbanización Santa Rosa, distrito de San Sebastián-Cusco” menciona que, La resistencia al corte del suelo en las laderas del Ejido Cerro del Mesón es notablemente baja, lo cual se identifica como el principal desencadenante de los deslizamientos en esta área. Un factor crucial que contribuye a la inestabilidad de la zona es la frecuencia de lluvias durante casi todo el año, las cuales saturan el suelo al infiltrarse a través de las grietas presentes en el material, resultado de la erosión a lo largo de toda su extensión.

Madueño (2018), en su trabajo de investigación “Diseño y ejecución del canal - túnel para la evacuación de aguas pluviales en Cutervo – Cajamarca” menciona que el canal de conducción de aguas pluviales debe tener un mantenimiento constante para el buen funcionamiento del sistema.

Mendoza (2016), en su trabajo de investigación “Análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la mina Antapaccay” menciona que, en la actualidad, los ensayos triaxiales son considerados los métodos más precisos para calcular la cohesión y el ángulo de fricción de los suelos. Por ende, si se busca llevar a cabo un análisis minucioso, se sugiere obtener los parámetros geotécnicos a partir de estos ensayos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos ensayos suelen ser más costosos y requieren más tiempo de ejecución.

Turpo (2018), en su trabajo de investigación “Determinación de los parámetros geométricos del talud, para garantizar la estabilidad del tajo superficial del área de explotación en la unidad minera MOISES RANDY 2010” alude que las técnicas sabidas para la ejecución del examen de fallas de taludes con geometría cóncava, son la técnica de la masa total, actualmente dicha técnica de las dovelas se encuentra olvidada y no es usada.

Núñez (2016), en su trabajo de investigación “Riesgo a deslizamiento en taludes del sistema vial lampa – Pariahuanca, Huancayo” menciona que Las causas geotécnicas que provocan el deslizamiento en los taludes del sistema vial Lampa-Pariahuanca son la baja resistencia al corte del suelo, indicada por una cohesión reducida, y la exposición a la actividad sísmica y las lluvias. Esta combinación de factores resulta en una disminución del factor de seguridad (FS). En el caso del talud número 1, la reducción del FS fue del 21.77%, mientras que para el talud número 2 fue del 31.76%.

Zegarra (2016), en su trabajo de investigación “ Análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la mina Antapaccay” destaca la importancia del análisis sísmico, especialmente en el contexto peruano, dada la alta sismicidad del país. La subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana ha provocado

numerosos y significativos movimientos telúricos. Por ello, se enfatiza la necesidad de considerar este factor en cualquier estudio o proyecto en la región.

Carrillo (2015), en su trabajo de investigación “Evaluación de zonas susceptibles a movimientos en masa del tipo deslizamiento en el centro poblado de Carampa, Distrito de Pazos, Provincia de Tayacaja, Región Huancavelica, aplicando el protocolo de CENEPRED” dentro de los factores que provocan los fenómenos geodinámicos en la región estudiada se destacan las precipitaciones y las actividades humanas, especialmente la instalación deficiente de sistemas de riego.

Quiroz (2014), en su trabajo de investigación “Evaluación de la inestabilidad de taludes en la carretera las Pirias- cruce Lambayeque, San Ignacio” se refiere a que los factores que aportan al desequilibrio de taludes en promedio da los siguientes ángulos mencionados como: Ángulos de fricción.= 12.71° , cohesión = 27.46 kpa, peso específico 27.34 kn/m³. Y los parámetros hidrogeológicos.

2.1.3. A nivel regional y local

A nivel local y regional no se registra antecedentes concernientes al tema de investigación.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Canal de Riego

Rojas (2010), indica que, se llama canales a los cauces artificiales de forma regular utilizados para transportar agua. El agua fluye sin presión, lo que significa que la presión atmosférica siempre está presente en una superficie libre. Por lo tanto, un canal puede ser cualquier conducto cerrado, como la tubería de un túnel parcialmente llena.

Canal de riego abierto

Un canal abierto es un conducto que permite el paso de un líquido mientras su superficie está a presión atmosférica se denomina canal abierto. La superficie del líquido y la pendiente del canal son las fuentes del flujo.

Canal Cerrado.

Se trata esencialmente de un segmento de tubería con una garganta, una parte de salida divergente y una sección de entrada convergente. La presión estática disminuye cuando la velocidad del agua aumenta en el segmento disminuido de la tubería.

2.2.2 Deslizamiento de tierras

Brabb (1989), menciona que, Uno de los fenómenos geológicos más dañinos que afectan a las personas son los corrimientos de tierras, que provocan anualmente daños materiales por valor de millones de dólares y miles de víctimas mortales.

2.2.3 Agentes externos

Agentes externos se denomina a cualquier agente que se encuentre ubicado fuera del fin de estudio, en esta investigación sería el canal, entre los agentes identificados están:

Plantas

Una planta es un ser vivo que se distingue por ser autótrofo, realizar fotosíntesis y carecer de movilidad propia, además de tener células con una pared celular compuesta principalmente de celulosa.

Partículas de suelo

Partes pequeñas de suelo, la estructura del suelo se define por la disposición de las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Cuando estas partículas se agrupan, forman unidades más grandes llamadas agregados.

2.3. Marco conceptual

Talud.

Podríamos definir como pendiente cualquier superficie inclinada con respecto a la horizontal donde sea necesario construir estructuras de tierra de manera permanente. Es evidente que el análisis de un talud presenta un desafío complejo, ya que implica considerar aspectos tanto de mecánica de suelos como de mecánica de rocas, además del crucial papel que desempeña la geología aplicada en la formulación de criterios de aceptación, (Matteis, 2003, pág. 3)

Figura 7

Terraplén



Nota: Formación natural de un talud

Fuente: (Suarez D. , 1998, pág. 53)

Altura

En una pendiente artificial, es la longitud vertical medida desde la base hasta el punto más alto del pináculo el cual está evidentemente definido, pero en una

pendiente natural puede resultar complejo determinar esta distancia debido a que la base y el pináculo no están claramente delimitadas en el terreno.

Pie

Se define al punto de cambio brusco de inclinación en la parte baja.

Cabeza o escarpe

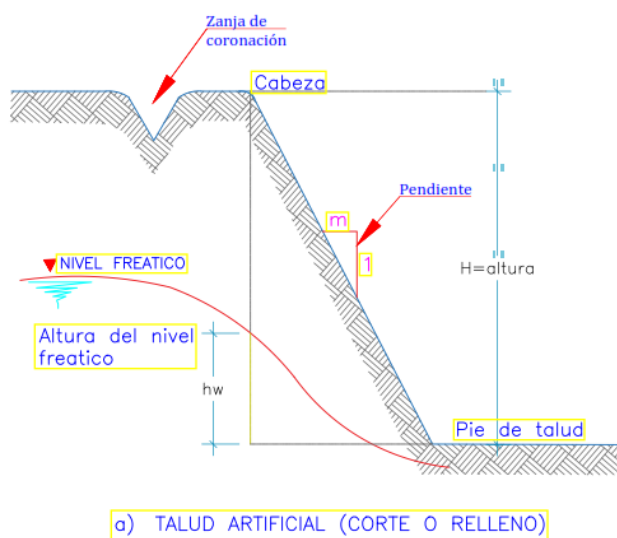
Describe el punto cercano a la cima donde el cambio de pendiente es repentino. Con referencia a la altura del agua subterránea se define como la distancia vertical, medida desde el nivel de agua, por debajo del punto más alto de la estructura, hacia la base del terraplén.

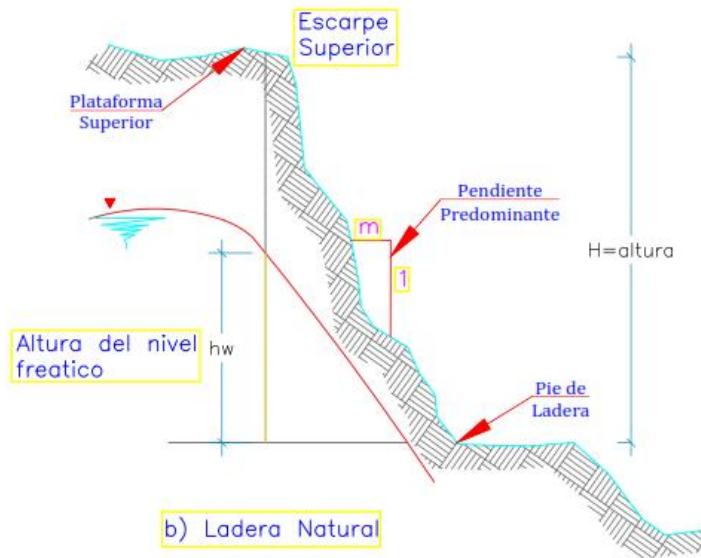
Pendiente

Hace referencia a la inclinación, que puede expresarse en grados, como porcentaje o en relación a una unidad de distancia horizontal por una de distancia vertical, donde la unidad de distancia horizontal es una medida de la pendiente. Por ejemplo, se puede decir que la pendiente es de 45 grados, 100% o PH: 1V.

Figura 8

Partes de un Talud





Nota: Tipo de taludes

Fuente: (Suarez D. , 1998, pag. 62), gráfico Elaboración propia.

Tipos de taludes

Naturales: Son aquellos que presentan una inclinación, los mismos que se adaptaron de manera inhata sin intervención del ser humano, esto producido con el pasar del tiempo y a través de etapas geológicas.

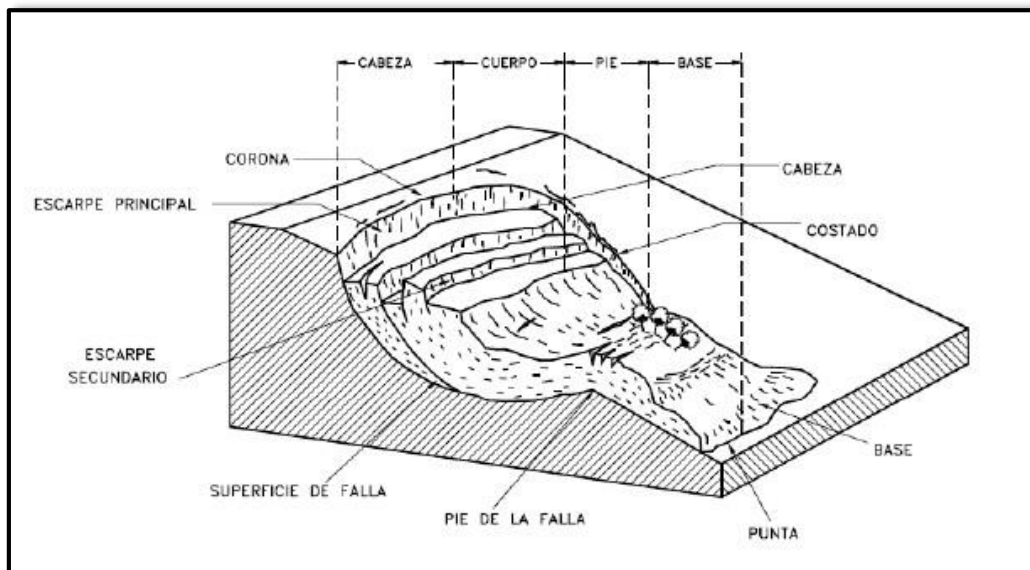
Artificiales: Se trata de modificaciones hechas por el ser humano para la construcción de infraestructuras como carreteras y vías férreas. Incluyen desniveles, cortes y terraplenes. Estos elementos se identifican convencionalmente en los procedimientos para construir una presa de tierra o un terraplén de piedra. El diseño de los taludes debe realizarse con gran cuidado, ya que si esta presenta deficiencias, los pobladores de la parte baja podrían verse afectados (Das, 2003, pág. 6).

Procesos en movimiento

Los elementos que componen el talud, el suelo natural o el relleno, o una combinación de ellos, se desplazan hacia abajo y hacia fuera a lo largo de las fases geotécnicas activas de los taludes y las cubiertas inclinadas, (Das, 2003, pág. 6).

Figura 9

Movimiento o deslizamiento en masa típico, en diferentes etapas



Nota: Etapas de un deslizamiento en masa.

Fuente: (Das, 2003, pág. 6)

Etapas de los procesos de falla.

La finalidad es reconocer y comprender el comportamiento de los cuerpos celestes en movimiento relativo. Las clasificaciones se centran principalmente en aspectos geomórficos, con algunas que consideran aspectos mecánicos o geológicos. En la clasificación de los deslizamientos se distinguen cuatro fases:

La fase de deterioro, antes de que se produzca la ruptura, cuando el suelo está íntegro o intacto.

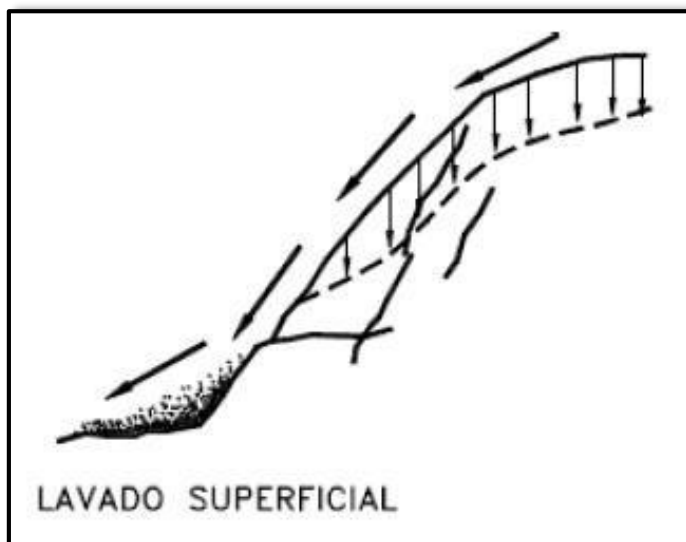
La fase de falla, esta caracterizada por la creación de una superficie dañada o una cantidad significativa de material.

La fase post-ruptura, se da desde el surgimiento de los movimientos de material desde la etapa de ruptura hasta la inmovilización completa.

Probable fase de reactivación, donde los movimientos adicionales pueden considerarse como nuevos eventos de falla e incluir las tres fases anteriores, (Díaz, 1998).

Figura 10

Etapas del deterioro de rocas macizas



Nota: Deterioro de roca maciza, detallada.

Fuente: (Díaz, 1998, pág. 34)

Clases de movimientos en el talud.

Deslizamiento

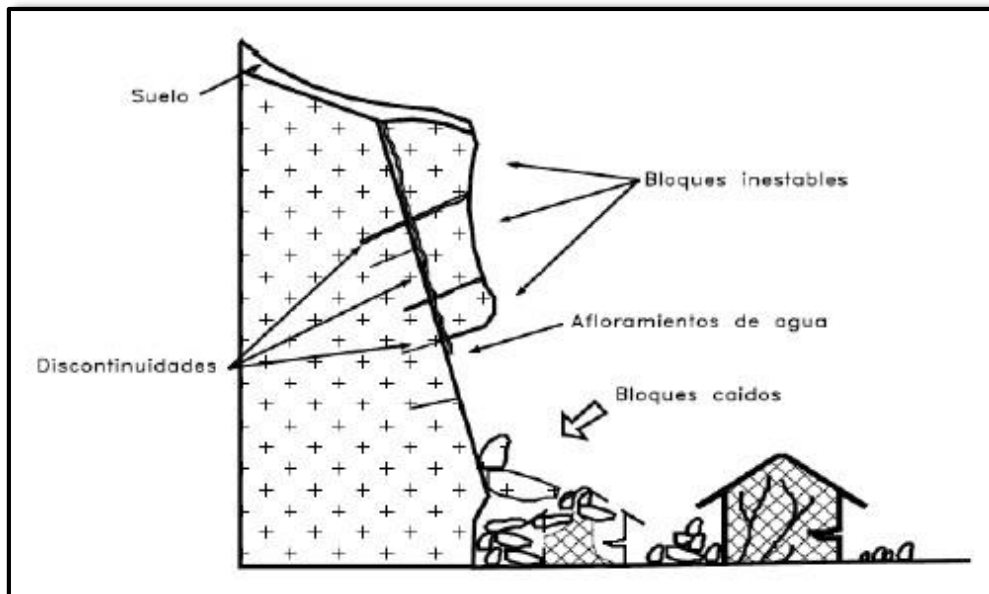
Cualquier masa puede provocar un corrimiento de tierras cuando se separa de una pendiente pronunciada a lo largo de una superficie. Durante este proceso, el desplazamiento se produce principalmente por caídas en el aire, caída libre,

saltos o rodaduras, y es mínimo o inexistente el desplazamiento por deslizamiento.

(Figura 6 y 7), (Díaz, 1998)

Figura 11

Etapas de caídas de bloques por gravedad



Nota: Representación de caída de bloques por gravedad.

Fuente: (Díaz, 1998, pág. 31)

Vuelcos

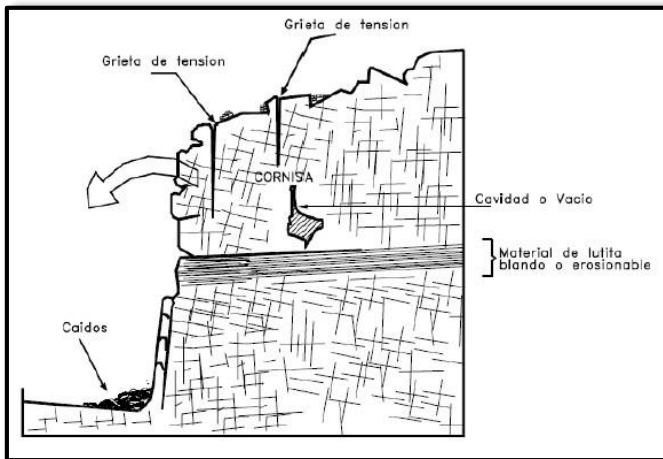
Se describe como una o más unidades terrestres que rotan positivamente de forma que el centro de rotación de la unidad está situado debajo de su centro de gravedad.. Las formaciones rocosas son un lugar frecuente para presenciar este fenómeno (véase la Figura 7). Estas fuerzas se producen en lugares cercanos, fallas o juntas por el agua, la expansión y la acción sísmica. Pequeñas regiones o varios millones de metros cúbicos pueden quedar cubiertos por techos inclinados, (Díaz, 1998)

Reptación

Usualmente, son desplazamientos calmosos de minimas medidas que se dan durante el año y afecta extensas áreas de tierra (véase FIGURA 7). Estos desplazamientos se atribuyen al cambio climático, relacionado con la humedad y la sequedad del suelo, que generalmente son muy blandos o están alterados. Las rutas de escalada pueden indicar movimientos más rápidos, como corrientes de agua o deslizamientos de tierra, (Díaz, 1998).

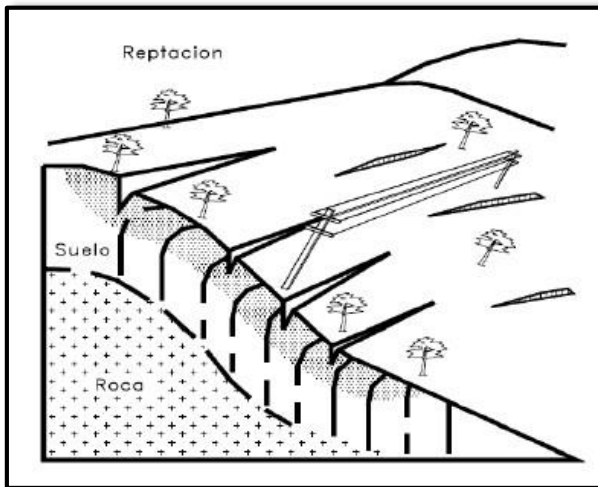
Figura 12

Caida por volteo de materiales residuales



Nota: Representación de caída de materiales por volteo.

Fuente (Díaz, 1998, 35).

Figura 13*Etapas de reptación.*

Nota: Ilustración de las etapas de un proceso de reptación.

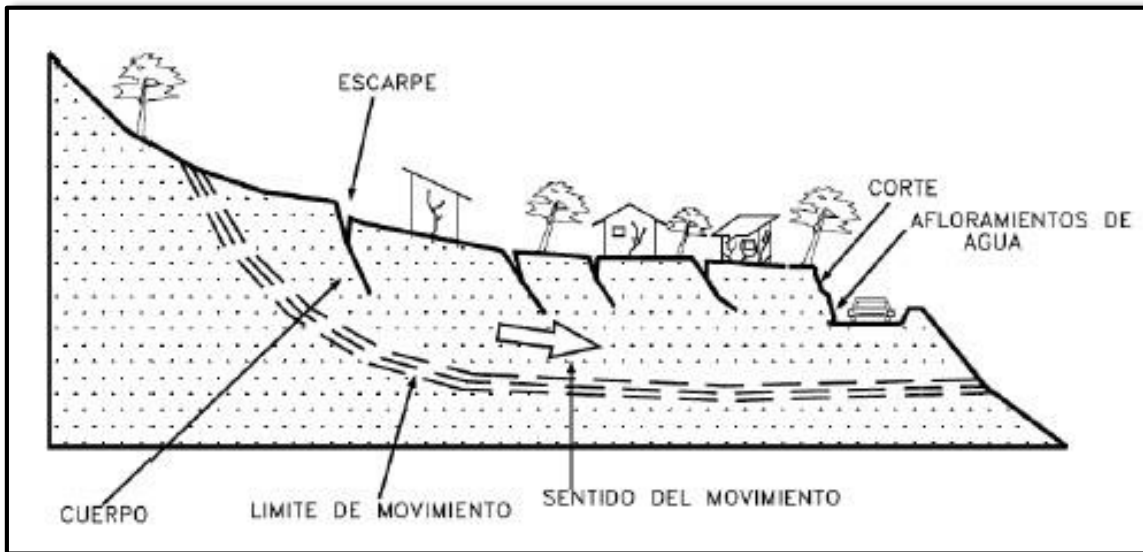
Fuente: (Díaz, 1998, 40)

Deslizamientos

Los deslizamientos se originan cuando la resistencia al corte del material es superada y se da a lo largo de una o varias superficies, o sobre una banda relativamente estrecha del material. Por lo general, la superficie de deslizamiento es observable o puede concluirse con razonamiento. El movimiento puede comenzar gradualmente, en otras palabras, no se produciría de golpe a lo largo de la superficie de falla.

Figura 14

Proceso de avance de bloques de tierra por deslizamiento en suelos blandos

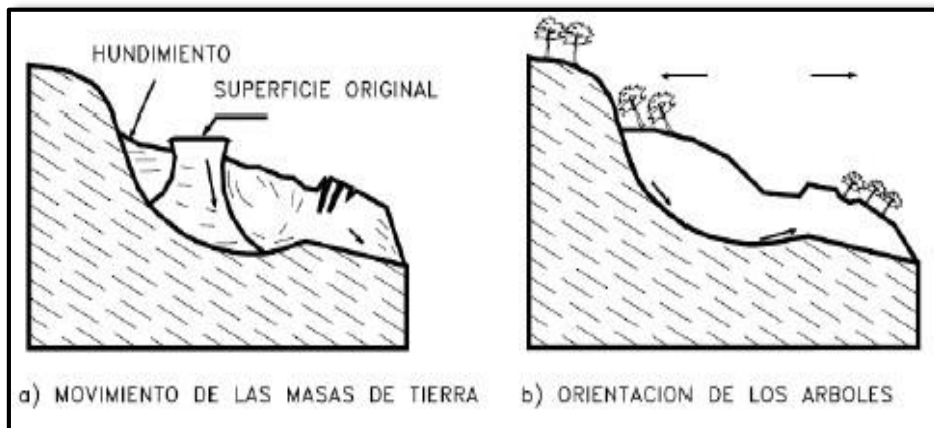


Nota: Ilustración de deslizamiento de suelo blando.

Fuente: (Díaz, 1998, 42)

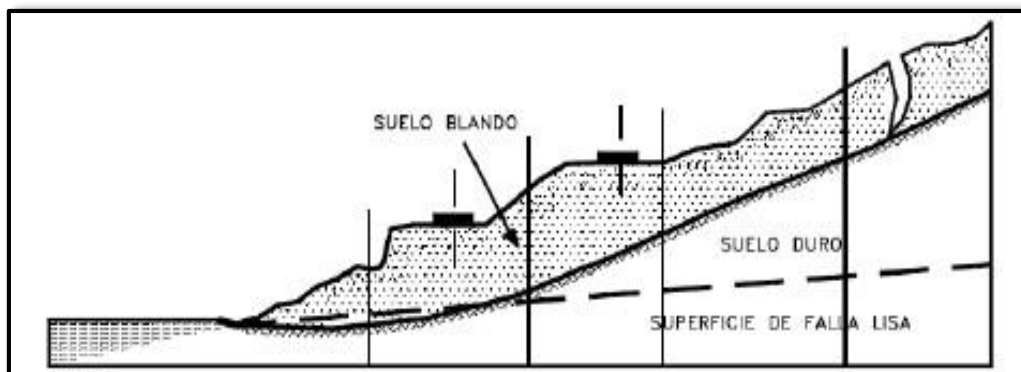
Deslizamientos rotacionales

Estos se deslizan por una superficie de deslizamiento interior de forma cóncava o aproximadamente redonda. movimiento que, a grandes rasgos, gira en torno a un eje paralelo a la pendiente.

Figura 15*Deslizamiento rotacional*

Nota: Representación de deslizamiento de tipo rotacional.

Fuente (Díaz, 1998, pág. 44).

Figura 16*Deslizamiento traslacional*

Nota: Representación de deslizamiento de tipo traslacional.

Fuente (Díaz, 1998, pág 45).

Topografía.

Se define como el estudio de un conjunto de procesos para determinar las ubicaciones de los puntos en toda la superficie de la tierra por medio de ángulos y otros factores, estos procesos a menudo se denominan topografía de vigilancia

planar es una representación del estudio de la superficie, el terreno se divide en tres componentes básicos:

- La planimetría
- La altimetría
- La topografía (combinación de altímetro y planímetro).

Levantamiento topográfico.

“La forma más común de representar la topografía de un área determinada es usar líneas de contorno. Una línea de contorno es una línea imaginaria que conecta puntos de igual elevación”,(Mccormarc, 2003).

Estas mediciones que realizamos en un sitio de estudio con el fin de obtener los datos necesarios para una representación visual del sitio en cuestión.

“El levantamiento topográfico crea mapas y planos de accidentes geográficos naturales y artificiales. Aunque comúnmente se reconoce que los detalles de un plano se dibujan a escala correcta, un mapa debe incluir numerosas características, cada una de ellas indicada por un pequeño símbolo de escalera. De lo contrario, no hay diferencia perceptible entre un plano y un mapa”, (Bannister, 2008).

Etapas del levantamiento topográfico.

- ✓ Realizar el reconocimiento de campo y la determinación del plan de trabajo.
- ✓ El trabajo de campo levantamiento topográfico
- ✓ Vaciado de datos y trabajo de gabinete.

Equipos para levantamientos topográficos.

Hoy en día existen muchos instrumentos y tecnologías que permiten realizar levantamientos topográficos, pero no todos son tan precisos como otros. Por este motivo, algunas de las herramientas y dispositivos que se utilizan habitualmente son el teodolito, winch o cinta métrica, la estación total y el GPS diferencial.

Una estación total es un dispositivo que compone todas las funciones que realizan los teodolitos y los telémetros electrónicos y los microprocesadores para ejecutar los cálculos necesarios para determinar las coordenadas rectangulares del punto en el suelo. "La estación total se menciona para obtener el valor promedio de muchas mediciones de ángulos y distancias utilizando la constante del prisma, la presión barométrica y la temperatura, corregir la curvatura y refracción del suelo, reducir la distancia inclinada a sus componentes horizontal y vertical, así como la calculada coordenada de los puntos altos", (Mccormarc, 2003).

Estudios de infiltración

A. Precipitación.

Se da cuando el vapor de agua de ríos, mares, océanos, plantas y otros seres vivos que se ha elevado a la atmósfera caen sobre la superficie terrestre.

B. Coeficiente de permeabilidad.

Es una constante proporcional que tiene que ver con la facilidad con la que un flujo puede atravesar un material poroso. El coeficiente de permeabilidad del suelo puede determinarse directamente mediante una de las dos técnicas de laboratorio habituales. Se trata del método de la dirección variable y del método de la dirección constante. Ambos métodos se basan en la aplicación de la ley de Darcy, (Bowles, 1981).

Factor de seguridad:

La proporción entre el valor o los valores que generan el movimiento y el valor de resistencia máxima, que corresponde a la resistencia del suelo. El plano de fallo considerado determina el factor de seguridad en un lugar dado del talud. El valor del FS a lo largo de la superficie de fallo es el total de todas las fuerzas aplicadas más el esfuerzo cortante disponible, o esfuerzo cortante de equilibrio. La solución a deslizamientos o taludes inestables muchas veces no es la estabilidad total y final, sino la estabilidad relativa y, bajo ciertas condiciones, la estabilidad temporal. Dado este hecho, es importante determinar qué tan avanzado está el proceso de reparación, (Cornforth, 2005), explica que se deben considerar los siguientes factores al determinar un factor razonable de seguridad y estabilidad.

• El tamaño del deslizamiento.

Considerando que un deslizamiento de tierra pequeño es más complicado de modelar con precisión que un deslizamiento de tierra grande, el factor de seguridad para superar un deslizamiento de tierra pequeño debe ser mayor que el de un deslizamiento de tierra grande.

• El tipo de movimiento.

La técnica estabilizadora es más efectiva que movimientos suaves como deslizamientos de lodo, etc. Se puede tener en cuenta un factor de seguridad más bajo en movimientos de suelo más rígidos que en movimientos de flujo.

• La magnitud de los estudios realizados.

En caso de que la información sea completa y confiable, entonces se pueden asumir coeficientes de seguridad más débiles en comparación con los casos de información escasa y mayor incertidumbre.

- **El potencial de consecuencias.**

Las consecuencias de un deslizamiento de tierra representen un alto riesgo para la vida humana o la propiedad, por ejemplo, se necesitan factores de seguridad más altos para tomar decisiones basadas en un análisis de todos los factores relacionados. Para algunos tipos de trabajo, el código puede especificar el valor mínimo requerido para el factor de seguridad.

Según la AASHTO (2001), presenta factores de seguridad de estabilidad de taludes:

FS \geq 1.3 para cargas estáticas.

FS \geq 1.1 para carga sísmica con K de 0.5.

- **La experiencia del profesional con los suelos del sitio.**

Teniendo en cuenta una experiencia previa confiable con el comportamiento real del suelo, los factores de seguridad peores solo pueden asumirse cuando se desconocen las propiedades reales del material.

- **Posibilidad de ocurrencia de eventos extremos.**

Considerando lo eventos no se incluyen en el análisis, se deben incluir factores de seguridad más importantes en caso de que ocurran tales eventos.

En algunos lugares poblados las regulaciones geotécnicas prescriben factores mínimos de seguridad, que deben cumplirse por ley. Estos factores suelen estar entre 1,15 y 1,5, y los factores de seguridad de 1,3 se especifican normalmente para cargas estáticas, (Díaz, 1998).

a) Valores de factores de seguridad: descritos en la normativa vigente

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

El proceso constructivo, infiltración de agua y erosión del suelo que ocurren debido al funcionamiento del canal Mariño influye en el factor de seguridad del talud de la zona de Aymas

3.1.2. Hipótesis específicas

1. El proceso constructivo del canal Mariño afecta al factor de seguridad del talud de la zona de Aymas
2. La infiltración de agua afecta significativamente en la evaluación del factor de seguridad del talud de la zona de Aymas
3. La erosión del suelo influye notablemente en el factor de seguridad del talud de la zona de Aymas

3.2. Método

El estudio por su naturaleza es de método deductivo, Para Caldach, “Este método consiste en la determinación de las características o enunciados de la realidad particular que se investiga por derivación o consecuencia de las características o enunciados contenidos en proposiciones o leyes científicas de carácter general formuladas previamente. En otras palabras, la inducción nos permite teorizar a partir de casos particulares y la teoría nos permite la aplicación

deductiva a nuevos casos particulares, facilitándonos la investigación la transmisión de conocimientos”, (2014, pág. 25).

El enfoque que tiene esta investigación es de enfoque cuantitativo. Para Hernández, R y otros, “El enfoque cuantitativo (que representa como conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no se puede brincar o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variable; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis”, (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

3.3. Tipo de investigación

3.3.1. *Explicativo*

El tipo de investigación será explicativo. Para Hernández, R. y otros, “Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés o por qué se relacionan dos o mas variables” (2014, p. 95).

3.4. Nivel o alcance de investigación

Este tipo de investigación cumple los requisitos para ser clasificado como estudio de nivel explicativo, correlacional y causal, dado que esta investigación

describirá las características del problema de estudio, posteriormente explicará las relación causal de las variables.

3.5. Diseño de investigación

La presente investigación es de tipo descriptivo, para Hernández, R. y otros (2014). “El diseño investigación se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea con el fin de responder al planteamiento del problema”, (2014, p. 128).

3.6. Operacionalización de variables

3.6.1. Variable independiente

Es el fenómeno a la que se evaluará su capacidad para influir, incidir o afectar a otras variables.

3.6.1.1. Proceso Constructivo

Se refiere a conjunto de actividades, etapas y procedimientos llevados a cabo para la ejecución de un proyecto u obra de construcción. Este proceso comprende desde fases iniciales de planificación y diseño hasta la culminación y entrega de la estructura o edificación.

Indicadores: Vida útil, funcionalidad, eficiencia (0-100%)

3.6.1.2. Infiltración

Es el proceso mediante el cual el agua ingresa macro y microscópicamente dentro los espacios vacíos de un suelo determinado, teniendo varias fases en las cuales el agua aporta humedad en el suelo, posteriormente la empieza a saturar y pasa a formar agua subterránea, saturando los espacios vacíos.

Indicadores: Tasa de infiltración, capacidad de infiltración (mm/día)

3.6.1.3. Erosión del suelo

Se refiere al proceso natural o acelerado de desgaste y remoción de las capas superficiales del suelo, causado por la acción de agua, viento o actividad humana.

Indicadores. Contenido de humedad (%), Granulometría de los suelos (%), Índice de plasticidad (%), Peso específico del suelo (g/cm^3), Ángulo de fricción ($^\circ$), Esfuerzos normales (kg/cm^2), Esfuerzos cortantes (kg/cm^2), Cohesión, Clasificación de los suelos.

3.6.2. Variable dependiente

3.6.2.1. Factor de Seguridad: Es el cociente entre el valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento esperado real a que se verá sometido.

Indicadores: $FS_{\min}=1.5$; $FS=1$: Equilibrio, tiende a la falla; $FS>1$: relativamente estable; $FS<1$: inestable.

3.6.3. Cuadro de operación de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

| VARIABLES | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DIMENSIONES | INDICADORES |
|----------------------------------|--|---|---|
| V.D. Factor De Seguridad | Se refiere a un parámetro utilizado en ingeniería geotécnica para evaluar la estabilidad de un talud o pendiente. Este factor proporciona una medida de la relación entre las fuerzas que actúan sobre el talud y su resistencia a la deformación y falla. | Niveles del Factor de Seguridad | FS>1.5, FS<1.5, FS=0 |
| V.I. Proceso Constructivo | Se refiere al conjunto de actividades, etapas y procedimientos llevados a cabo para la ejecución de una obra o proyecto de construcción. Este proceso abarca desde la planificación y diseño inicial hasta la finalización y entrega de la estructura o edificación. | Calidad de construcción, características geométricas, características topográficas, peso del canal. | Vida útil, Funcionalidad, Eficiencia (0-100%) |

| | | | |
|----------------------------------|--|-----------------------------|--|
| V.I. Infiltración De Agua | Se refiere al proceso por el cual el agua penetra en el suelo o en otro material poroso a través de su superficie. Es un fenómeno natural que ocurre cuando el agua de lluvia, riego u otras fuentes entra en contacto con el suelo y se mueve a través de los poros y espacios interconectados. | Coeficiente de Infiltración | Tasa de infiltración, Capacidad de infiltración (mm/día) |
| V.I. Erosión Del Suelo | Se refiere al proceso natural o acelerado de desgaste y remoción de las capas superficiales del suelo, causado principalmente por la acción del agua, el viento o la actividad humana. Este fenómeno puede tener efectos significativos en la calidad del suelo, la productividad agrícola, la salud de los ecosistemas y la calidad del agua. | Propiedades físicas | Estudio de suelos: Contenido de humedad (%), Granulometría de los suelos (%), Índice de plasticidad (%), Peso específico del suelo (g/cm ³), Ángulo de fricción (°), Esfuerzos normales (kg/cm ²), Esfuerzos cortantes (kg/cm ²), Cohesión, Clasificación de los suelos. |

Fuente: Elaboración propia

3.7. Población, muestra y muestreo

Población:

“Todo proyecto de investigación debe estar abierto al escrutinio, la réplica y la crítica. Esto sólo puede ocurrir si el investigador especifica detalladamente la población objeto de estudio y el procedimiento de selección de la muestra” (Hernández, R. y otros, 2014, p. 170).

Para esta investigación se considera como población la zona de estudio del talud ubicado sobre la carretera de la comunidad de Aymas kilometro 0+700. De la misma forma se tendrá en consideración las características de los suelos que la componen dentro del área de estudio.

Muestra:

Para Hernández, R. y otros, “ La muestra es una porción de la población objetivo de la que se recogerán datos; debe definirse y delimitarse previamente con precisión y debe ser representativa de la población” (2014, p. 173).

Para esta investigación se tomará en cuenta los estudios realizados para determinar:

- Propiedades mecánicas del suelo (02 calicatas en determinados puntos)
- Propiedades de permeabilidad e infiltración de aguas en el suelo (09 puntos de evaluación)
- Topografía del talud y su entorno (01 estudio topográfico)
- Ensayos de corte directo (02 ensayos)

3.8. Técnicas e instrumentos

Técnicas:

La técnica de estudio será de observación y análisis documental, mediante formatos de recolección de datos y cuadros comparativos. Las cuales permitirán evaluar la influencia de de las variables independientes con respecto a la variable dependiente.

Instrumentos:

Esta investigación al ser de método no Probabilístico, se realizará de manera intencional y de conveniencia para el investigador según los criterios que se vea por conveniente.

Protocolos de ensayos de materiales en laboratorio

- Ficha de recolección de datos para el levantamiento topográfico.
- Ficha de recolección de datos para ensayo de permeabilidad e infiltración del suelo.
- Ficha de recolección de datos para ensayo de humedad del suelo.
- Ficha de recolección de datos para ensayo de análisis granulométrico del suelo.
- Ficha de recolección de datos para ensayo de clasificación de suelos.
- Ficha de ensayo de corte directo

3.9. Consideraciones éticas

En la elaboración del informe de la presente investigación se respetarán las convenciones, los niveles de formación y cultural de quienes participen en la recolección de información.

3.10. Procedimiento Estadístico

El procesamiento de la información se realizará de acuerdo con los protocolos de investigación y en constante comunicación con la población local de la zona de donde se extraerá la muestra a estudiar para su procesamiento y análisis.

Adicionalmente, debe señalarse que los datos serán confiables porque provendrán de las pruebas pertinentes, y su interpretación y análisis se hará de acuerdo con las normas técnicas.

Para el procesamiento de los datos se utilizará la aplicación Excel, y para la exposición de los datos se emplearán gráficos estadísticos, de modo que puedan ser analizados según sea necesario para cumplir los objetivos del estudio. Por último, la información estadística permitirá contrastar con la hipótesis de la investigación.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

a) Del estado situacional del Canal Mariño

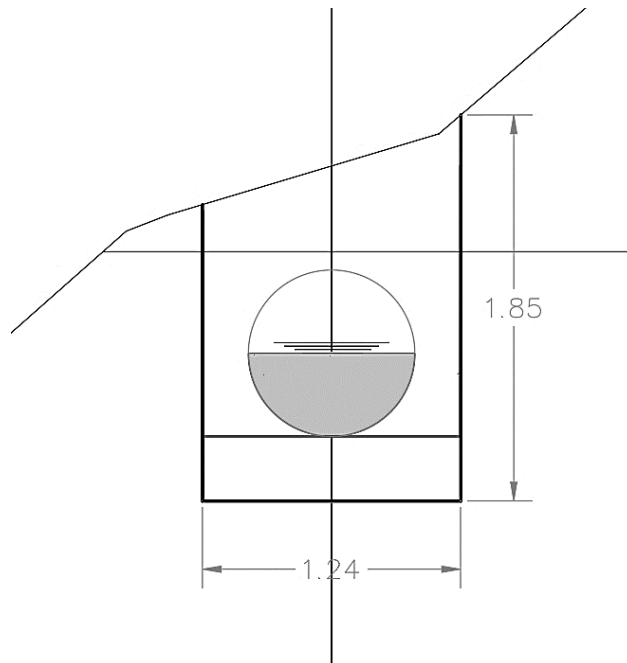
El canal Mariño actualmente se encuentra operativo, el cual esta construido con concreto armado con sección circular y rectangular en diferentes progresivas, las dimensiones son de 1.90 m x 1.50 aproximadamente (varia), existe sectores en los cuales urge el mantenimiento del mismo, debido a que este canal fue puesto en funcionamiento hace mas de 10 años. A continuación se muestra en el plano las características del canal Mariño en la zona de estudio de la localidad de Aymas.

Para el presente estudio se toma en consideración el siguiente plano de ubicación:

Actualmente tiene las siguientes dimensiones:

Figura 18

Sección transversal del Canal Mariño.



Nota: Representación gráfica de sección transversal del canal Mariño.

Fuente: trabajo de gabinete, elaboración propia con software Autocad.

El canal esta construido con material de concreto reforzado, la cual recubre un canal de tubería metálica circular de 800 mm.

b) De la topografía del terreno.

Al realizarse el levantamiento topográfico se pudo apreciar que la superficie del terreno presenta una topografía escarpada, con pendientes que varían a lo largo de su longitud y en toda su extensión, para poder identificar la topografía en el plano de falla se realizaron desde la progresiva 3+420 a la 3+825 del canal "Mariño" con pendientes entre 75% al 80% aproximadamente. Se puede apreciar a continuación:

Figura 19

Acciones realizadas para el levantamiento topográfico en el canal Mariño de la zona de Aymas

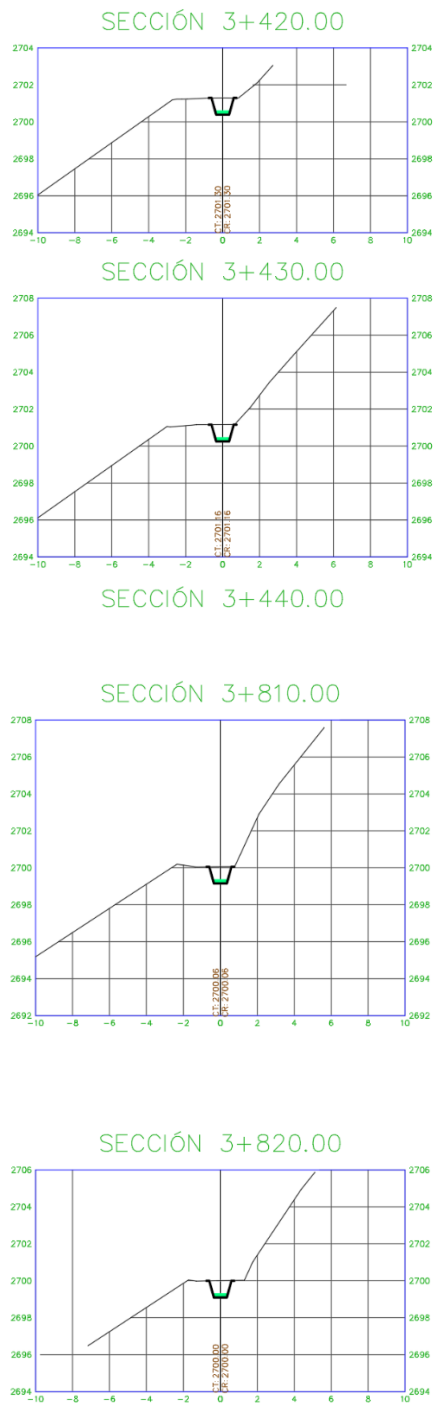


Nota: Se puede apreciar en la imagen la topografía escarpada y de pendiente pronunciada que tiene el talud en la cual se construyó el canal Mariño

Fuente: Elaboración propia

Figura 20

Resultados de las secciones transversales realizadas en Civil 3D



Nota: Se aprecia en la imagen las secciones transversales procesadas en el software Civil 3D, se realizaron mas secciones las cuales se encuentran en anexos.

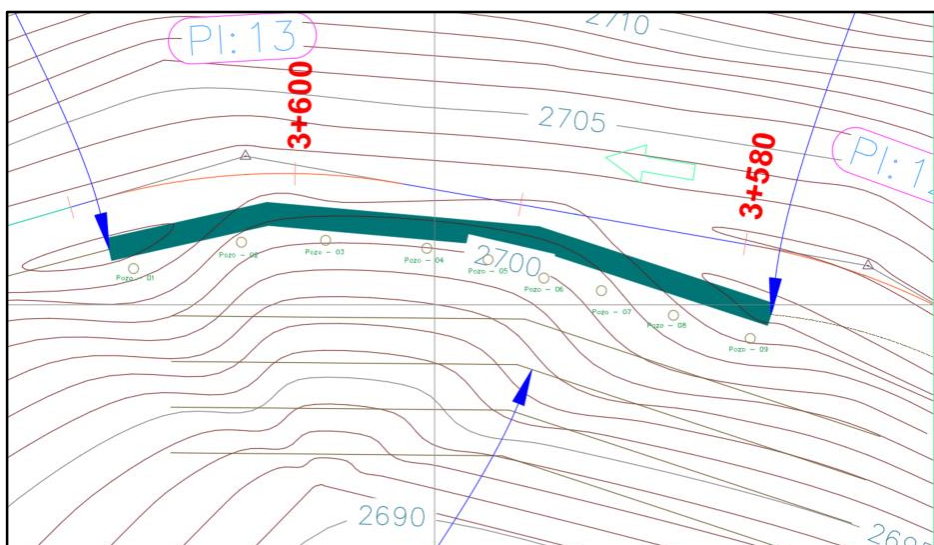
Fuente: Elaboración propia

c) De los estudios de infiltración

Se hicieron auscultaciones en el suelo ubicado a lado del canal Mariño entre los en las cuales se realizaron pozos con medidas de 0.6x0.6x0.6 m para poder observar la infiltración de agua proveniente del canal, para lo cual se realizaron estos pozos cada 2 m pudiéndose observar que la infiltración de agua subterránea proveniente del canal Mariño es casi nulo y no estaria afectando a la estabilidad del talud. Cabe señalar que este método es económico para medir la infiltración del suelo, no existe una normativa específica para la prueba de infiltración de agua en taludes, por lo cual se prosiguió con pautas generales.

Figura 21

Plano de ubicación de los pozos para las auscultación de infiltración de agua



Nota: Representación de ubicación de pozos para determinación de existencia de infiltración de agua.

Fuente: Elaboración propia.

máxima de excavación alcanzó 2.50 m y 2.00m respectivamente, de las calicatas realizadas se obtuvieron resultados similares por ello se tomó en consideración la calicata más crítica para el análisis, siendo la calicata C-01. El resumen de la ubicación de este punto de investigación se muestra a continuación:

Tabla 2

Resumen de datos de la calicata 01

| N° DE CALICATA | PROFUNDIDAD (METROS) | ESTE | NORTE | ALTITUD |
|-----------------------|-----------------------------|-------------|--------------|----------------|
| C-01 | 2.50 | 731934.44 | 8490517.9 | 2705 |

Identificación del tipo de suelo:

El área de estudio está conformada por materiales heterogéneos, la calicata analizada viene a estar conformado por una primera capa de 0.30 m conformado por materia orgánica (vegetación de plantas pequeñas pasto y raíces de las mismas), un segundo espesor de no más de 0.50 m, un estrato de suelo franco arcilloso arenoso, evidentemente que no corresponde a la formación natural del estrato, sino más bien este se desplazó de la parte superior del área descrito por el deslizamiento que hubo en esa zona. Este suelo tiene una coloración marrón de humedad moderada y compacidad baja.

Como el tercer estrato se puede deducir que es la que predomina y es la matriz de la formación natural que se tiene en esa zona, compuesto por grava limosa con arena, prácticamente tiene una baja presencia de plasticidad y las gravas tienen una consistencia mecánica frágil, de coloración gris, típicos de formaciones coluviales, compacidad mediana y humedad moderada.

Resultados de los ensayos realizados.

Figura 23

Análisis granulométrico y los límites de Atterberg correspondientes al estudio de suelos en el talud.

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | | | | | | | | | |
|-------------------------|---------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| IDENTIFICACIÓN | | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | | | | | CONTENIDO | | |
| CALICATA | ESTRATO | % QUE PASA LA MALLA N° | | | | | FINO | ARENA | GRAVA |
| N° | N° | N°4 | N°10 | N°40 | N°100 | N°200 | % | | |
| C-01 | E-03 | 67.19 | 57.94 | 37.61 | 22.58 | 18.52 | 18.52 | 48.68 | 32.81 |

Cuadro N° 15 Resultados de los ensayos de laboratorio. / Fuente: Equipo Técnico.

| LÍMITES DE ATTERBERG, HUMEDAD Y CLASIFICACIÓN | | | | | | |
|---|---------|---------------------------|----------|------|-----------------|---------------------------|
| IDENTIFICACIÓN | | LÍMITES DE PLASTICIDAD, % | | | HUMEDAD NATURAL | CLASIFICACIÓN |
| CALICATA | MUESTRA | LL | LP | IP | W n % | SUCS |
| C-01 | E-03 | NO TIEN | NO TIENE | 0.00 | 8.06 | Grava limosa con arena GM |

Cuadro N° 16 Resultados de los ensayos de laboratorio. / Fuente: Equipo Técnico.



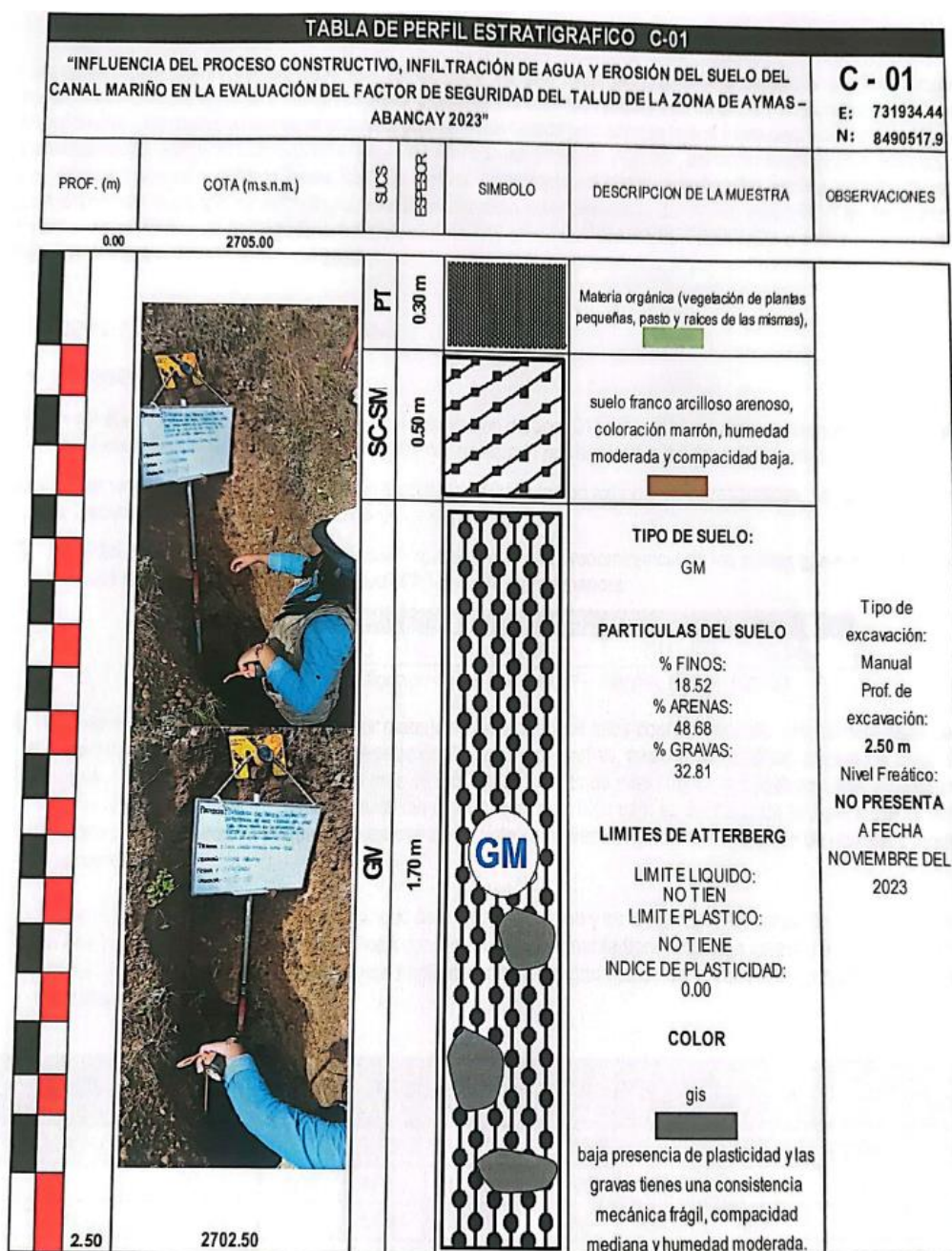
Ing° Elguer Huamán Salla
INGENIERO CIVIL
REG CIP 166845

Nota: Resultado del análisis granulométrico obtenido en laboratorio.

Fuente: Informe de Laboratorio de pruebas realizadas in- situ

Figura 24

Tabla de perfil estratigráfico correspondiente a la calicata C-01



Nota: De los resultados de laboratorio, no existe nivel freático en los puntos de estudio realizados a la fecha.

Fuente. Informe de laboratorio de pruebas tomadas in-situ

En el área de estudio se pudo observar que existe una variedad de suelos con una predominancia de los suelos grava limosa con arena con clasificación SUCS: GM y AASHTO A-1-b.

Asimismo cabe mencionar que :

De los ensayos analizados se ha determinado que los suelos encontrados en el área de influencia del proyecto tienen un grado de expansión BAJA concluyendo que no habrá ningún problema de este tipo.

El tipo de suelo en la zona de estudio corresponde a un S2 (Suelos Intermedios), esto se ha determinado en base al ensayo de corte directo.

En lo referente a la sismicidad del área de estudio, esta se encuentra ubicada dentro de la Zona sísmica 2 (zona de sismicidad media), por lo que se deberá tener presente la posibilidad de que ocurran sismos de mediana magnitud y pudiendo ser intensificados por el tipo de suelo encontrado. Se muestra el siguiente cuadro de parámetros de diseño sísmicos:

Figura 25

Resumen de parámetros sísmicos

| PARÁMETRO | VALOR |
|-------------------------|-------|
| Zona sísmica | 2 |
| Factor de zona | 0.25 |
| Tipo de perfil de suelo | S2 |
| Factor del suelo | 1.20 |
| Periodo TP (s) | 0.60 |
| Periodo TL (s) | 2.00 |

Nota: Parametros sísmicos obtenidos.

Fuente: Informe de laboratorio

Asimismo, los coeficientes sísmicos horizontal y vertical máximos para el diseño de muros de contención, y si fuera el análisis mediante los métodos pseudoestáticos se usarán los siguientes valores:

Figura 26

Coefficientes sísmicos horizontal y vertical calculados para el análisis de la zona

| COEFICIENTE SÍSMICOS | k_{max-d} | k_{pseudo} |
|----------------------|-------------|--------------|
| k_h | 0.300 | 0.150 |
| k_v | 0.150 | 0.075 |

Nota: Valores de los coeficientes sísmicos obtenidos.

Fuente: Informe de laboratorio

Para la presente investigación se toma en consideración conocer las características físico mecánicas del suelo para hallar el ángulo de fricción, cohesión del suelo, peso volumétrico natural y seco, para lo cual se realizaron dos calicatas cerca de la zona correspondiente al canal Mariño y así poder determinar las soluciones correspondientes para la estabilización del talud en mención.

Con el objeto de inferir el perfil estratigráfico de los sedimentos que soportaran las cargas externas de las estructuras del proyecto se tomaron muestras alteradas (disturbadas) de cada tipo de suelo encontrado, se identificó y describió visualmente, de acuerdo a la norma técnica peruana NTP 339.150 para posteriormente ser transportadas cuidadosamente al laboratorio.

Figura 27

Cuadro resumen de la calicata C-01

| Nº CALICATA | PROFUNDIDAD (m) | Nº DE MUESTRAS | DENOMINACIÓN |
|-------------|-----------------|----------------|--------------|
| C-01 | 2.50 | 01 | M-01 |
| | 2.00 | 01 | M-01 |

Cuadro Nº 11 Denominación del muestreo tomado en el sitio

Nota: Características de la calicata C-01 para su evaluación.

Fuente: Informe de laboratorio

Figura 28

Ensayos de Laboratorio de las muestras de las calicatas

4 ENSAYOS DE LABORATORIO

El Estudio de las calicatas se ha desarrollado siguiendo los lineamientos y recomendaciones que están contenidos en el MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES PARA CARRETERAS EM-2016, APROBADO MEDIANTE DS N° 034-2008-MTC que incluyen las normas de la ASTM (American Society for Testing Materials), la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), para la realización de los ensayos y análisis de Laboratorio. También se usaron el Reglamento Nacional de Edificaciones E.050 Suelos y Cimentaciones, y la Norma Técnica Peruana.

4.1 LISTADO DE NORMAS UTILIZADAS

- | | |
|--|------------------|
| • Reducción de muestras de campo a tamaño de ensayo | MTC E 103 – 2016 |
| • Análisis granulométrico de Suelos por Tamizado | MTC E 107 – 2016 |
| • Determinación del contenido de humedad de un suelo | MTC E 108 – 2016 |
| • Determinación del Limite Líquido de los Suelos (LL) | MTC E 110 – 2016 |
| • Determinación del Limite Plástico de los Suelos (LP) | MTC E 111 – 2016 |
| • Determinación de material más fino que el tamiz 75 μm (N° 200) en suelos | MTC E 137 – 2016 |
| • Clasificación de suelos por los métodos SUCS Y AASHTO | NTP 339.134 |
| • Humedad natural | MTC E 108 - 2016 |

4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS EN LABORATORIO

Reducción de muestras de campo a tamaño de ensayo: Es la reducción de las muestras obtenidas en el campo a los tamaños de muestras requeridas para los ensayos, empleando procedimientos que minimizan la variación en la medición de las características entre las muestras de ensayo y las muestras de campo.

Análisis granulométrico de Suelos por Tamizado. - Determinar cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas de suelo. Este Modo Operativo describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74 mm (N° 200).

Determinación del contenido de humedad de un suelo. - Establecer el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.

Este Modo Operativo determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a 110 ± 5 °C. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerada como el peso del agua.

Determinación del Limite Líquido de los suelos. - Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo.

Determinación de Limite Plástico de los suelos. - Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y

INGEOCADING E.I.R.L.
Laboratorio de Suelo, Concreto y materiales.

☎ 931708895

✉ ingeocading@gmail.com

Tablada alta – carretera Illanya – Abancay
- Apurímac

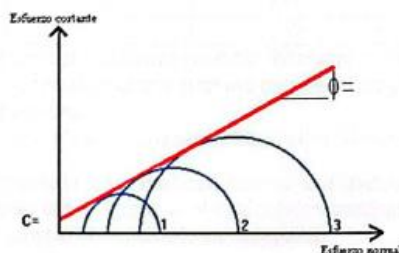


JUAN IGNACIO LABREGU Pag: 13
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 165334

una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barras se desmoronen. Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos (véase anexos de clasificación SUCS y AASHTO) y para especificar la fracción de grano de materiales de construcción (véase especificación ASTM D1241). El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos con extensamente usados, tanto individual como en conjunto, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte.

El ensayo de Corte Directo: consiste en aplicar una fuerza normal y una horizontal (corte) a la mitad de la caja de corte y medir los desplazamientos horizontales como verticales, con estos datos es posible determinar las gráficas de esfuerzos de corte vs. desplazamiento horizontal, desplazamiento vertical vs.

Envolvente de Mohr - Coulomb



Envolvente de Mohr - Coulomb

Dependiendo del tipo de ensayo y se mide o Coulomb no la presión de poros se traza los círculos de Mohr. UU: Puede o no medirse la presión de poros, luego se trabaja en esfuerzos efectivos o totales, obtenemos cu CU: Puede o no medirse la presión de poros, luego se trabaja en esfuerzos efectivos o totales, se obtiene cu y ϕ_u o c' y ϕ' CD: Se trabaja siempre en esfuerzos efectivos, se obtiene c' y ϕ' .

Determinación de la densidad del suelo in situ mediante método del cono de arena: Este método puede ser usado para determinar la densidad in-situ de depósitos de suelos naturales, agregados, mezcla de suelos u otro material similar, también puede utilizarse para determinar la densidad y el peso unitario de suelos inalterados o suelos in-situ, que contengan vacíos naturales o cuando los poros sean lo suficientemente pequeños para prevenir que la arena usada en el ensayo penetre en los vacíos naturales.

4.3 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

Se han realizado los ensayos para la determinación del peso volumétrico del suelo, así como también el ensayo de corte directo, para los cuales se tienen los siguientes resultados:

| Nº DE CALICATA | ESTRATO | PESO VOLUMÉTRICO NATURAL (TN/M3) | PESO VOLUMÉTRICO NATURAL SECO (TN/M3) | ÁNGULO de FRICCIÓN (°) |
|----------------|---------|----------------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| C-01 | E-02 | 1.81 | 1.68 | 33.86 |
| C-02 | E-02 | 1.79 | 1.65 | 33.46 |

Nota: Angulo de fricción obtenidos del ensayo de corte directo.

Cuadro Nº 12 Ensayos de campo y laboratorio. / Fuente: Elaboración propia.

INGEOCADING E.I.R.L.
Laboratorio de Suelo, Concreto y materiales.

☎ 931708895

✉ ingeocading@gmail.com

Tablada alta - carretera Illanya - Abancay
- Apurímac




JUAN INGARUCA ABREGU
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 165334

Pag: 14

Fuente: Informe de laboratorio

Figura 29

Cuadro resumen de las características físico mecánicas de las calicatas C-01 y C-02

| | | |
|---|---|-----------------------|
|  | "INFLUENCIA DEL PROCESO CONSTRUCTIVO, INFILTRACIÓN DE AGUA Y EROSIÓN DEL SUELO DEL CANAL MARINO EN LA EVALUACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD DEL TALUD DE LA ZONA DE AYMAS – ABANCAY 2023" | Versión: 01 |
| | Realizado por laboratorio de suelos INGEOCADING E.I.R.L. | Fecha: NOVIEMBRE 2023 |
| | | Página: 15 de 34 |

| Nº DE CALICATA | ESTRATO | ANGULO DE FRICCIÓN (°) | COHESION (Tn/m2) |
|----------------|---------|------------------------|------------------|
| C – 01 | E – 03 | 33.86 | 0.23 |
| C – 02 | E – 03 | 33.46 | 0.26 |

Nota: Angulo de fricción y cohesión obtenidos del ensayo de corte directo.

Cuadro Nº 13 Ensayos de corte directo. / Fuente: Elaboración propia.

Obteniéndose los valores los valores de los parámetros del suelo mediante los ensayos de campo y laboratorio se tienen los valores definitivos para los cálculos de la capacidad de carga y otros:

| Nº DE CALICATA | ESTRATO | PESO VOLUMÉTRICO NATURAL (TN/M3) | PESO VOLUMÉTRICO NATURAL SECO (TN/M3) | ANGULO DE FRICCIÓN (°) | COHESIÓN (TN/M2) |
|----------------|---------|----------------------------------|---------------------------------------|------------------------|------------------|
| C – 01 | E – 03 | 1.81 | 1.68 | 33.86 | 0.23 |
| C – 02 | E – 03 | 1.79 | 1.65 | 33.46 | 0.26 |

* El Angulo de fricción interna del suelo se ha obtenido por medio del ensayo de corte directo.

** La cohesión del suelo se ha determinado mediante el ensayo de corte directo ya que este brinda mayor confiabilidad para la determinación de dicho parámetro.

Cuadro Nº 14 Parámetros para el cálculo de la capacidad de carga del suelo. / Fuente: Elaboración propia.

Las muestras ensayadas en el laboratorio se han clasificado de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) y las muestras restantes que no figuran en el cuadro fueron clasificados por pruebas sencillas de campo, observación y comparación con las muestras representativas ensayadas

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | | | | | | | | | |
|-------------------------|---------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| IDENTIFICACIÓN | | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | | | | | CONTENIDO | | |
| CALICATA | ESTRATO | % QUE PASA LA MALLA N° | | | | | FINO | ARENA | GRAVA |
| N° | N° | N°4 | N°10 | N°40 | N°100 | N°200 | % | | |
| C – 01 | E – 03 | 67.19 | 57.94 | 37.61 | 22.58 | 18.52 | 18.52 | 48.68 | 32.81 |
| C – 02 | E – 03 | 70.08 | 61.14 | 43.00 | 28.74 | 24.72 | 24.72 | 45.36 | 29.92 |

Cuadro Nº 15 Resultados de los ensayos de laboratorio. / Fuente: Equipo Técnico.

| LÍMITES DE ATTERBERG, HUMEDAD Y CLASIFICACIÓN | | | | | | |
|---|---------|---------------------------|----------|------|-----------------|---------------------------|
| IDENTIFICACIÓN | | LÍMITES DE PLASTICIDAD, % | | | HUMEDAD NATURAL | CLASIFICACIÓN |
| CALICATA | MUESTRA | LL | LP | IP | W n % | SUCS |
| C – 01 | E – 03 | NO TIEN | NO TIENE | 0.00 | 8.06 | Grava limosa con arena GM |
| C – 02 | E – 03 | NO TIEN | NO TIENE | 0.00 | 8.06 | Grava limosa con arena GM |

Cuadro Nº 16 Resultados de los ensayos de laboratorio. / Fuente: Equipo Técnico.

Donde:

LL : Límite líquido.
LP : Límite plástico.
IP : Índice de plasticidad

GM : Grava limosa con arena
SUCS : Clasificación del suelo

INGEOCADING E.I.R.L.
Laboratorio de Suelo, Concreto y materiales.

931708895
ingecoding@gmail.com
Tablada alta – carretera Illanya – Abancay
- Apurímac



JUAN INGARICA ABREGU
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 169334

Pag: 15

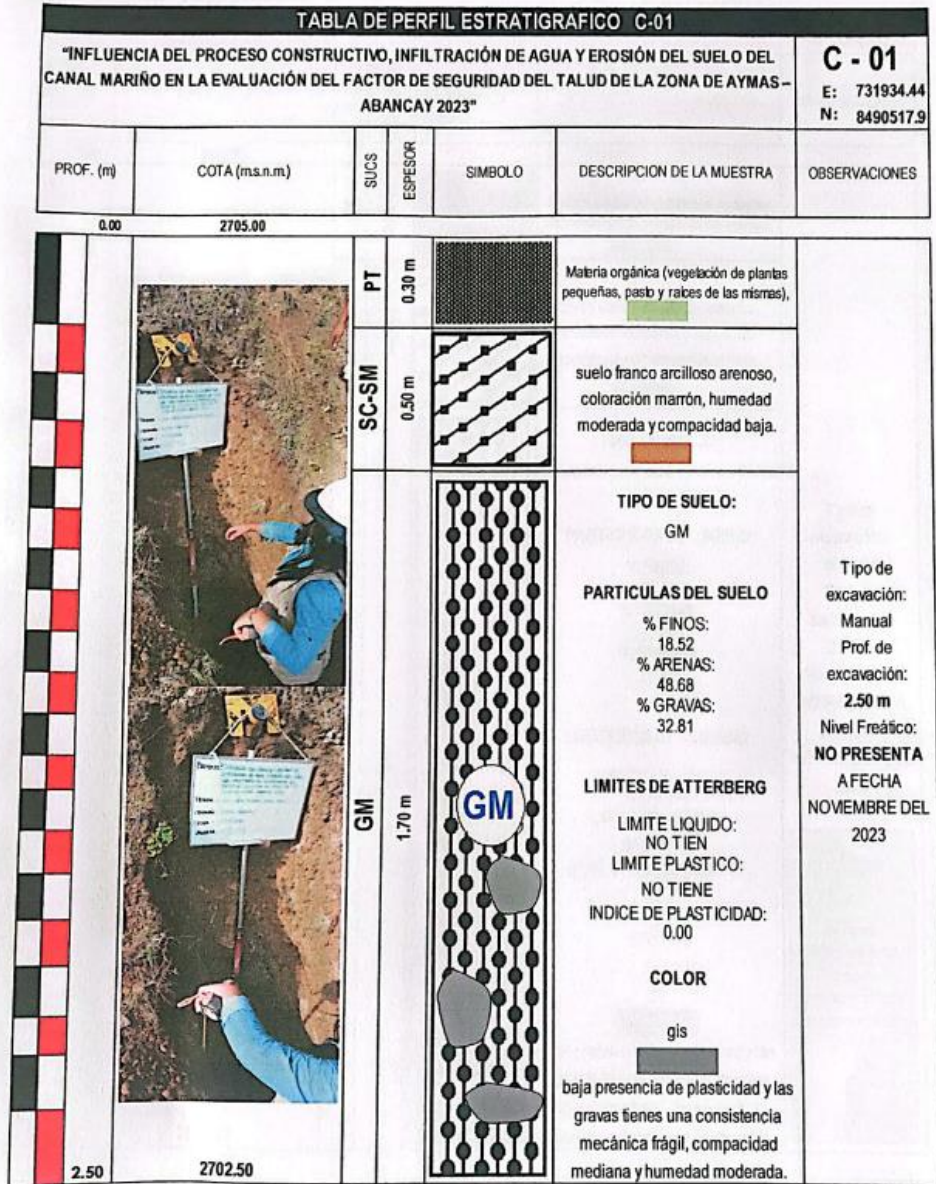
Fuente: Informe de laboratorio de pruebas realizadas in- situ

Figura 30

Perfil estratigráfico de la calicata C-01

5 PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

El perfil del suelo registrado en las calicatas hasta la profundidad de investigación, está conformado de la siguiente forma:



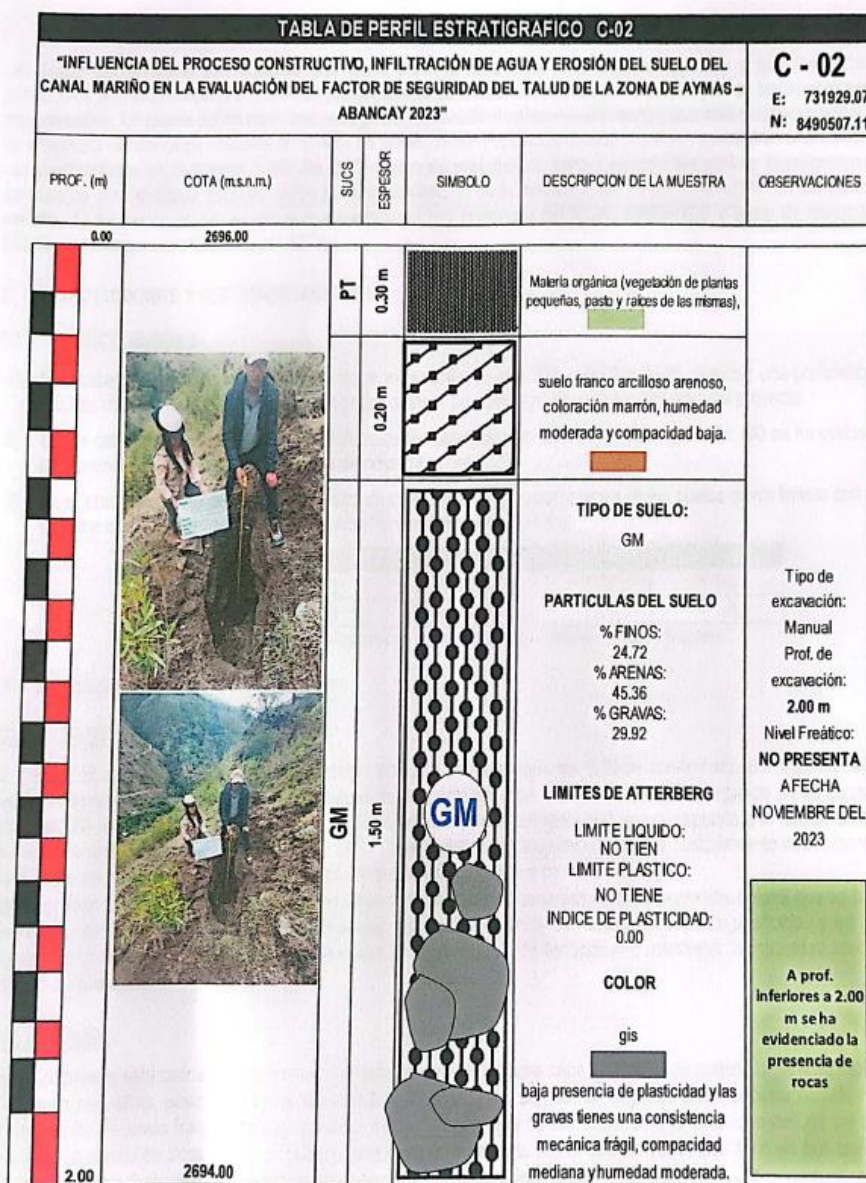
INGEOCADING E.I.R.L.
Laboratorio de Suelo, Concreto y materiales,

931708895
 ingeocading@gmail.com
 Tablada alta – carretera Illanya – Abancay
 - Apurímac

Fuente: Informe de Laboratorio de pruebas realizadas in-situ.

Figura 31

Perfil estratigráfico de la calicata C-02



Cuadro Nº 17 Perfil estratigráfico calicata 01. / Fuente: Equipo Técnico.

INGEOCADING E.I.R.L.
Laboratorio de Suelo, Concreto y materiales.

☎ 931708895
✉ ingeocading@gmail.com
Tablada alta – carretera Illanya – Abancay
- Apurímac

Pag: 17

Fuente: Informe de laboratorio de pruebas realizadas in-situ

Según los estudios realizado al suelo in situ, se llego a la conclusión que no existe Nivel Freático en las dos calicatas ralizadas.

El área de estudio esta conformada por:

Calicata C-01:

La calicata analizada viene a estar conformado por una primera capa de 0.30 m conformado materia orgánica (vegetación de plantas pequeñas, pasto y raíces de las mismas), a partir de ello se halló un segundo en un espesor no más de 0.50 m, un estrato de suelo franco arcilloso arenoso, evidentemente que no corresponde a la formación natural del estrato, sino mas bien esta se desplazó de la parte superior del área descrito por el deslizamiento que hubo en zona. Este suelo tiene una coloración marrón de humedad moderada y compacidad baja.

Como el tercer estrato se puede deducir que es la que predomina y es la matriz de la formación natural que se tiene en esa zona, compuesto por grava limosa con arena, prácticamente tiene una baja presencia de plasticidad y las gravas tienen una consistencia mecánica frágil, de coloración gris típico de formaciones coluviales, compacidad mediana y humedad moderada.

Calicata C-02:

De igual manera esta calicata viene a estar conformado por una primera capa de 0.30 m de materia orgánica (vegetación de plantas pequeñas, pasto y raíces de las mismas), a partir de ello se halló un segundo en un espesor no más de 0.20 m, un estrato de suelo franco arcilloso arenoso, evidentemente que no corresponde a la formación natural del estrato sino más bien esta se desplazó de la parte superior del área descrito por el deslizamiento que hubo en esa zona. Este suelo tiene una coloración marrón de humedad moderada y compacidad baja.

Como el tercer estrato se puede deducir que es la que predomina y es la matriz de la formación natural que se tiene en esa zona compuesto por grava limosa con arena, prácticamente tiene una baja presencia de plasticidad y las gravas

tienen una consistencia mecánica frágil, de coloración gris típicos de formaciones coluviales, compacidad mediana y humedad moderada. Sin embargo, a profundidades mayores a 2.00 m se ha evidenciado efloraciones de macizos rocosos. A continuación se muestran los resultados obtenidos en laboratorio.

Figura 32

Cuadro de resumen de las características físico mecánicas necesarias para la evaluación de la estabilidad del talud

Trabajo realizado trabajos de campo y laboratorio tal como se muestra a continuación.

| Nº DE CALICATA | ESTRATO | PESO VOLUMÉTRICO NATURAL (TN/M3) | PESO VOLUMÉTRICO NATURAL SECO (TN/M3) | ANGULO DE FRICCIÓN (°) |
|----------------|---------|----------------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| C-01 | E-02 | 1.81 | 1.68 | 33.86 |
| C-02 | E-02 | 1.79 | 1.65 | 33.46 |

Nota: Angulo de fricción obtenidos del ensayo de corte directo.

| Nº DE CALICATA | ESTRATO | ANGULO DE FRICCIÓN (°) | COHESION (Tn/m2) |
|----------------|---------|------------------------|------------------|
| C-01 | E-03 | 33.86 | 0.23 |
| C-02 | E-03 | 33.46 | 0.26 |

Nota: Angulo de fricción y cohesión obtenidos del ensayo de corte directo.

Obteniéndose los valores los valores de los parámetros del suelo mediante los ensayos de campo y laboratorio se tienen los valores definitivos para los cálculos de la capacidad de carga y otros:

| Nº DE CALICATA | ESTRATO | PESO VOLUMÉTRICO NATURAL (TN/M3) | PESO VOLUMÉTRICO NATURAL SECO (TN/M3) | ANGULO DE FRICCIÓN (°) | COHESIÓN (TN/M2) |
|----------------|---------|----------------------------------|---------------------------------------|------------------------|------------------|
| C-01 | E-03 | 1.81 | 1.68 | 33.86 | 0.23 |
| C-02 | E-03 | 1.79 | 1.65 | 33.46 | 0.26 |

* El Angulo de fricción interna del suelo se ha obtenido por medio del ensayo de corte directo.

** La cohesión del suelo se ha determinado mediante el ensayo de corte directo ya que este brinda mayor confiabilidad para la determinación de dicho parámetro.

Las muestras ensayadas en el laboratorio se han clasificado de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) y las muestras restantes que no figuran en el cuadro fueron clasificados por pruebas sencillas de campo, observación y comparación con las muestras representativas ensayadas

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | | | | | | | | | |
|-------------------------|---------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| IDENTIFICACIÓN | | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | | | | | CONTENIDO | | |
| CALICATA | ESTRATO | % QUE PASA LA MALLA N° | | | | | FINO | ARENA | GRAVA |
| N° | N° | N°4 | N°10 | N°40 | N°100 | N°200 | % | | |
| C-01 | E-03 | 67.19 | 57.94 | 37.61 | 22.58 | 18.52 | 18.52 | 48.68 | 32.81 |
| C-02 | E-03 | 70.08 | 61.14 | 43.00 | 28.74 | 24.72 | 24.72 | 45.36 | 29.92 |



Fuente: Informe de laboratorio realizado in-situ

Simulación de estabilidad del talud con Software Slope 2018 de GeoStru

Para el análisis de la estabilidad del talud se toma en consideración los estudios de mecánica de suelos anteriormente mencionados, teniendo en consideración las propiedades físicomecánicas detalladas en el mismo tales como: ángulo de fricción, peso específico, profundidad de estrato y su clasificación SUCS, coeficientes de aceleración máxima vertical y horizontal.

Para el análisis de la estabilidad se realizó 02 simulaciones en el Software Slope de 2018 de Geo Stru, la primera simulación de la estabilidad del talud no se consideró el peso del canal Mariño, para la segunda simulación de la estabilidad del talud se consideró el peso del canal Mariño.

Tabla 3

Resumen de características físicomecánicas de Calicatas C-01 y C-02

| Calicat a | Peso Volumétrico Natural (tn/m ³) | Peso Volumétrico Natural Seco (tn/m ³) | Ángulo de fricción (°) | Clasificación SUCS | Cohesión (tn/m ²) | Profundidad (m) |
|--------------|--|--|---------------------------------|-----------------------|----------------------------------|--------------------|
| C-01 | 1.81 | 1.68 | 33.86 | GM | 0.23 | 2.5 |
| C-02 | 1.79 | 1.65 | 33.46 | GM | 0.26 | 2 |

Nota: Datos obtenidos de las exploraciones in situ.

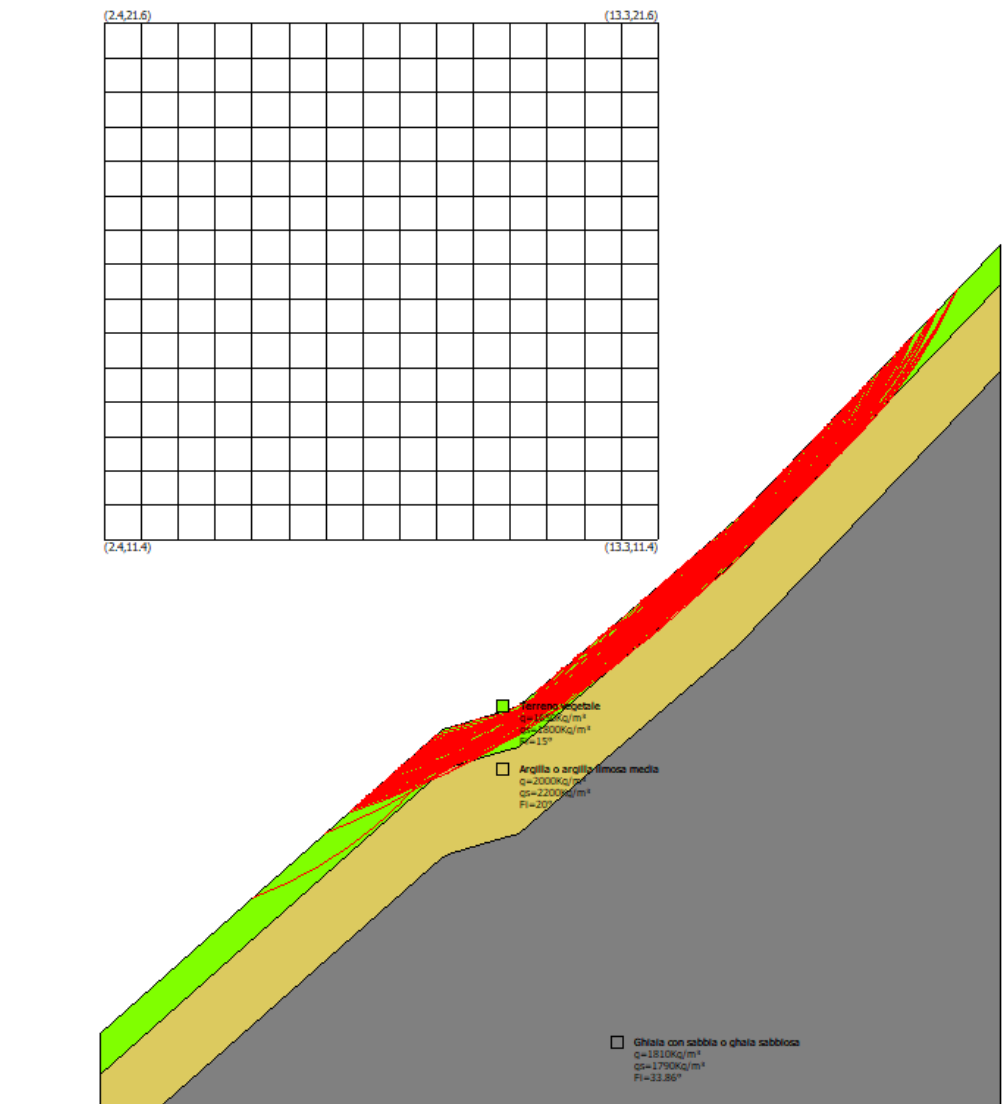
1. Análisis de la estabilidad del talud sin carga puntual del canal Mariño

Primeramente se realizó el análisis del talud en estado natural sin influencia del peso del canal Mariño. Se ingresó datos de los estratos como sus niveles y características físicomecánicas según el informe de Mecánica de Suelos, para una simulación matricial de 450 superficies calculadas, obteniéndose como resultado $FS_{min} = 0.11$ y $FS_{máx} = 2.10$, para efectos de realizar la investigación se toma en consideración el valor Mínimo del Factor de Seguridad el cual según normativa tiene que ser $FS > 1.5$ para considerar una correcta estabilización del talud.

En las imágenes que se presentan a continuación se puede apreciar las simulaciones correspondientes al talud en estudio.

Figura 33

Simulación de la estratigrafía, topografía y estabilidad del talud en el software Slope 2018

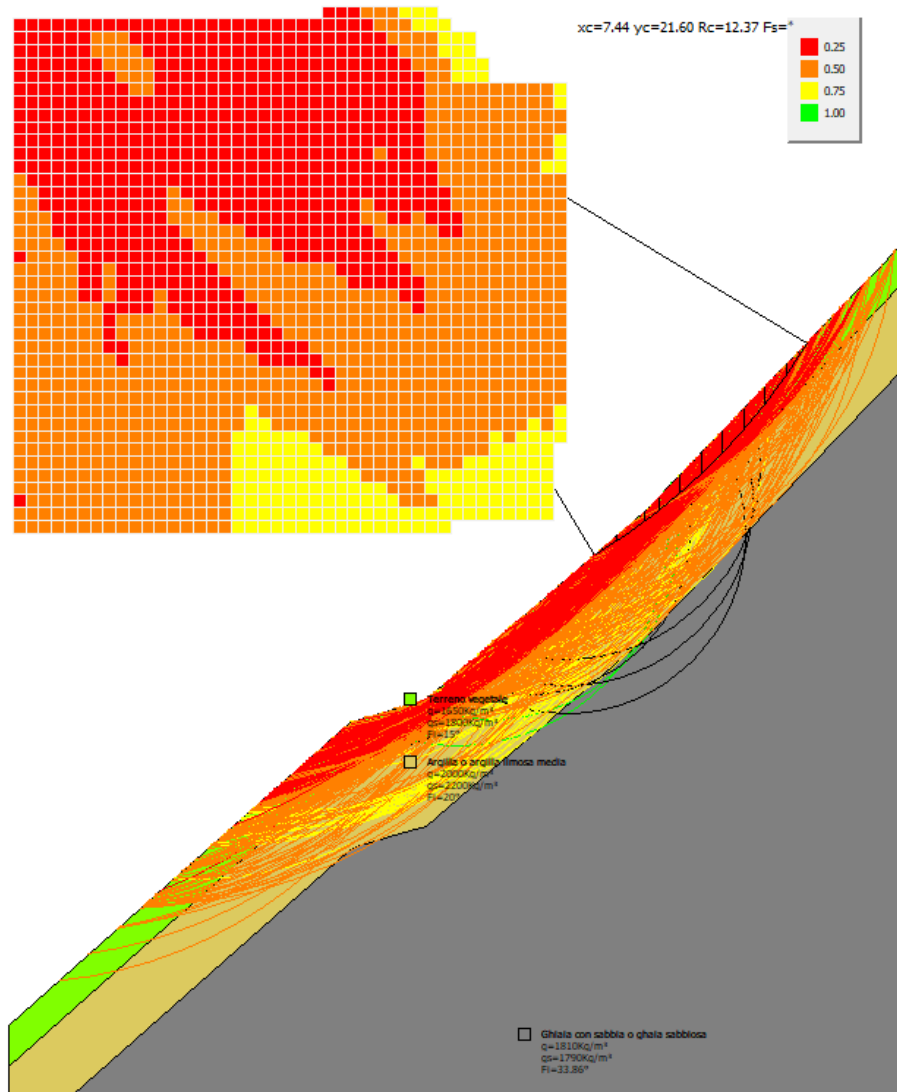


Nota: En la imagen mostrada se puede apreciar los tres estratos con sus características físico mecánicas y profundidad a ser consideradas para el respectivo análisis según el software Slope de Geo Stru Software.

Fuente: Elaboración propia

Figura 34

Simulación la estabilidad del talud para 450 superficies en el software Slope 2018



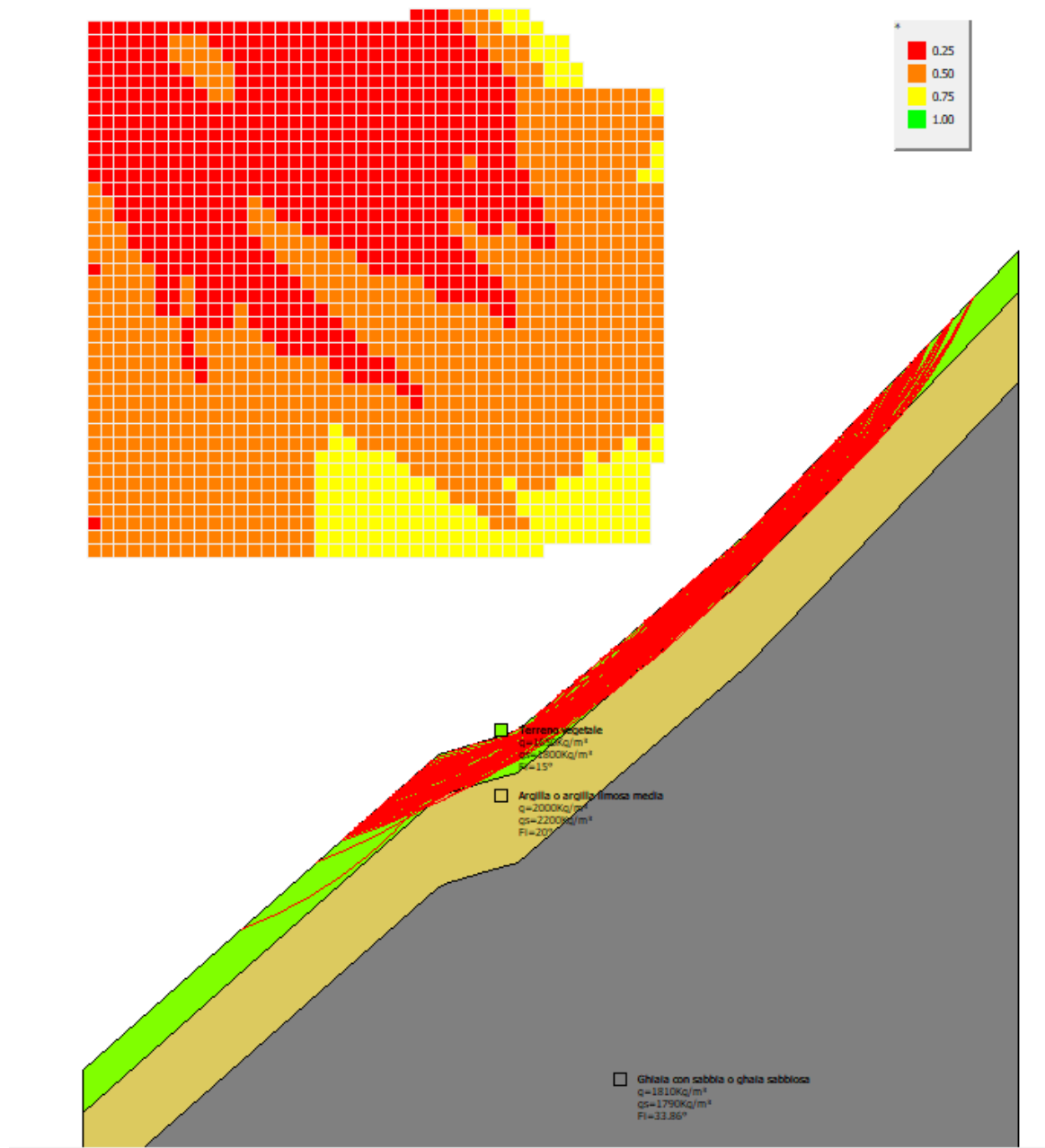
Nota: En la imagen se muestra el análisis para todas las superficies las cuales se distinguen según color y valor desde 0.00 a 1.00 de igual forma se muestra el mapa de colores para una mejor ilustración.

Según la imagen se puede observar que casi el 85% del análisis de superficies corresponden a FS que van desde 0.25 a 0.50, valores que claramente indican la inestabilidad del talud en mención.

Fuente: Elaboración propia

Figura 35

Resultados de la simulación para FS de 0 a 0.25 realizados en el software Slope 2018

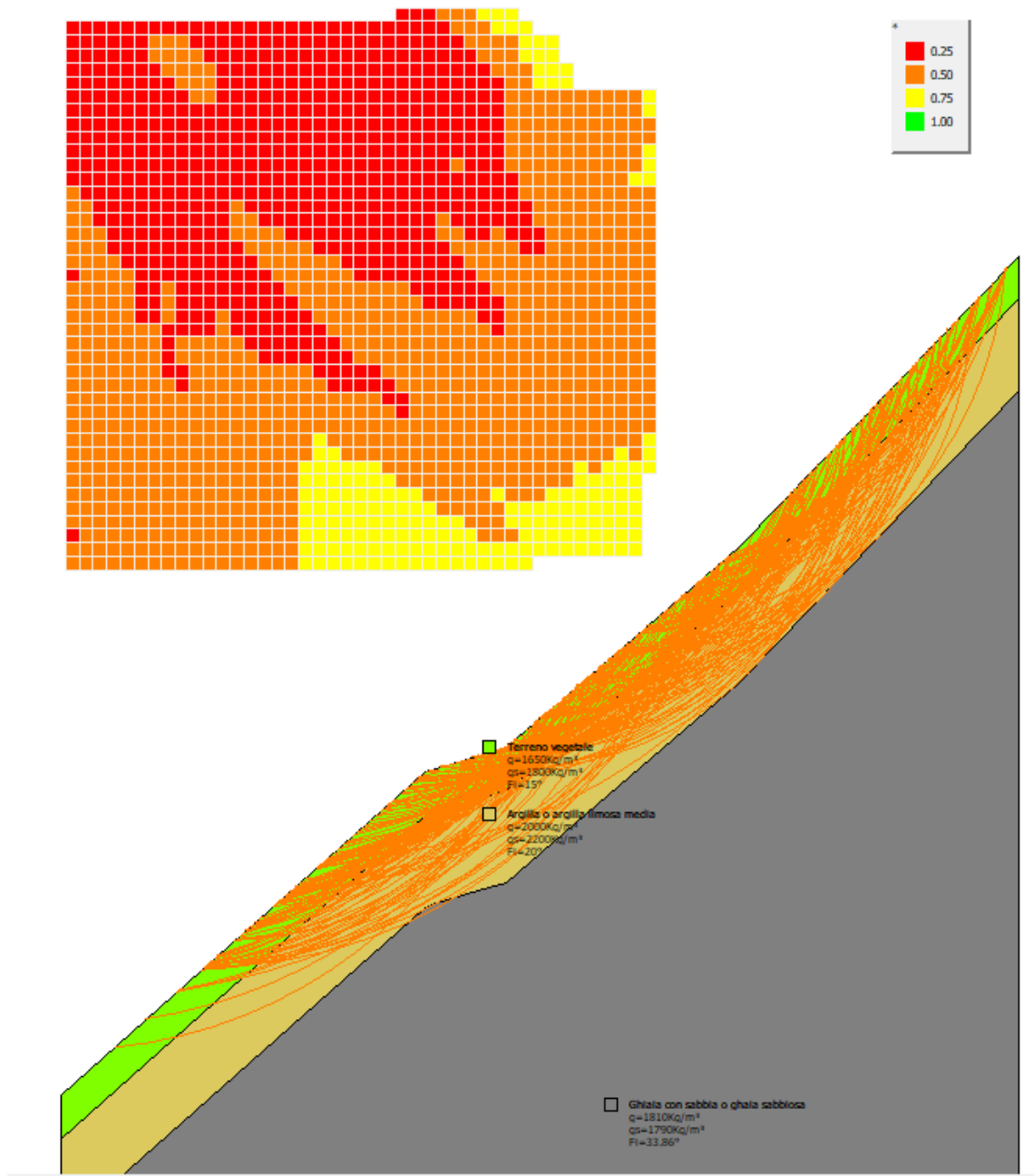


Nota: En la imagen se muestra las superficies analizadas para FS = 0.25, las cuales son de color rojo para su ilustración.

Fuente: Elaboración propia

Figura 36

Resultados de la simulación para FS de 0.25 a 0.50 realizados en el software Slope 2018

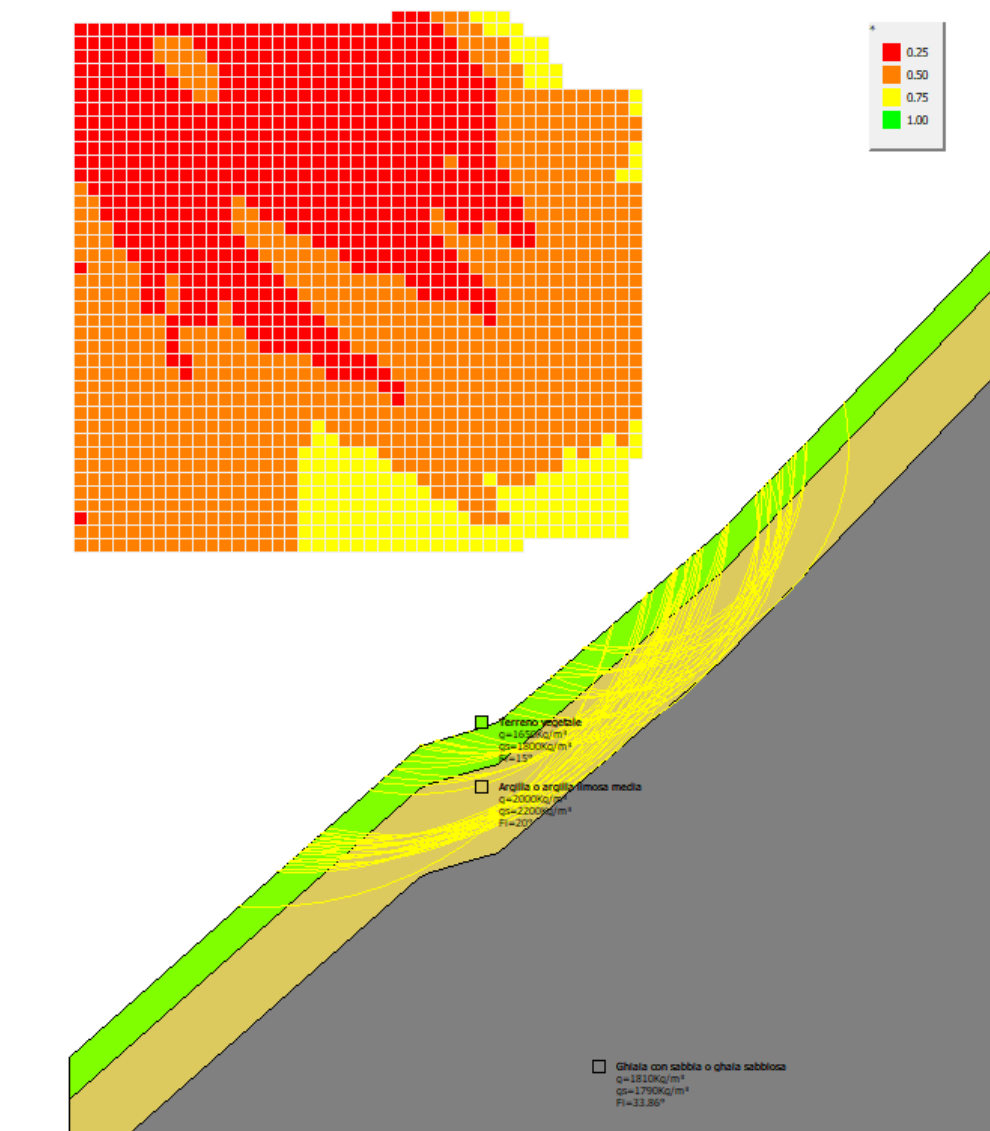


Nota: En la imagen se muestra las superficies analizadas para FS = 0.50, las cuales son de color naranja para su ilustración.

Fuente: Elaboración propia

Figura 37

Resultados de la simulación para FS de 0.50 a 0.75 realizados en el software Slope 2018

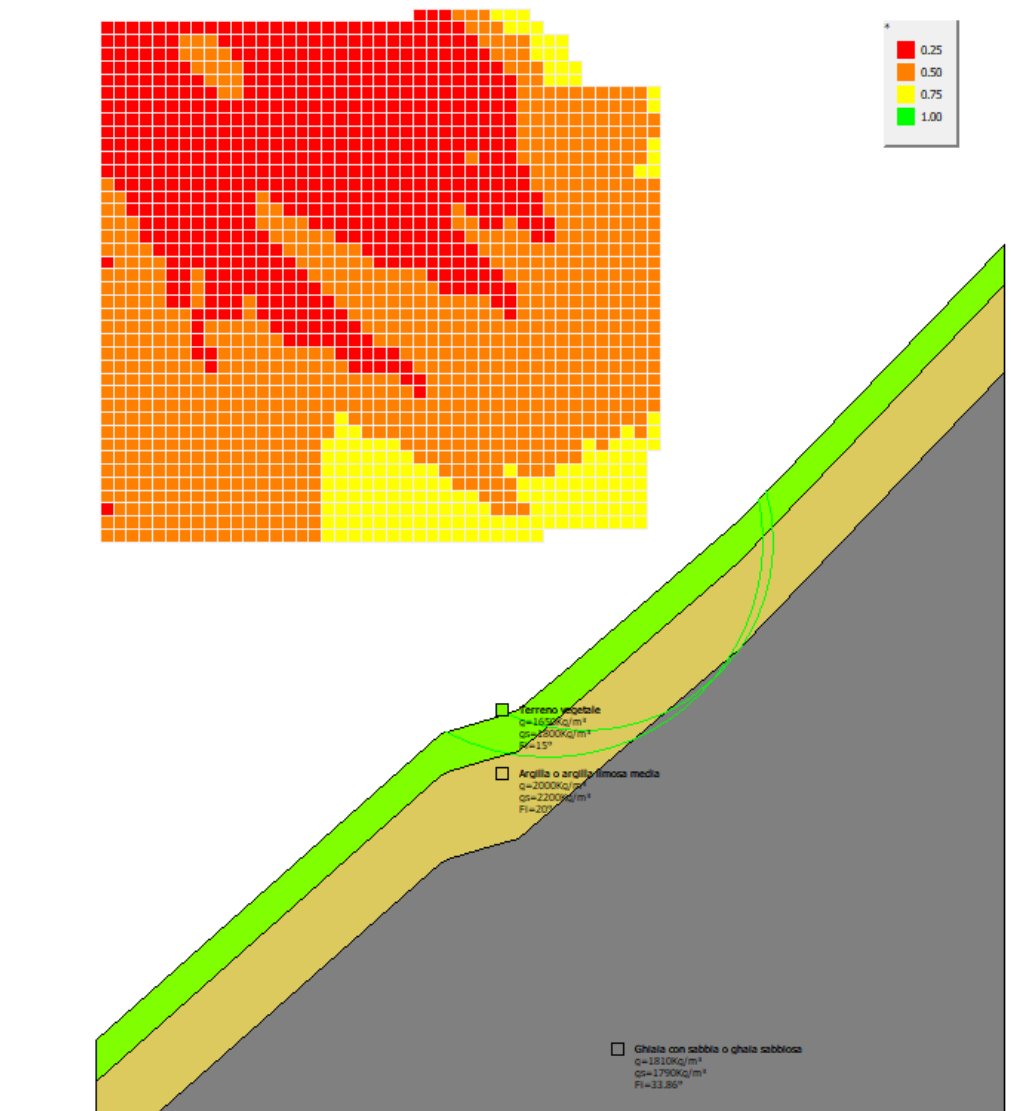


Nota: En la imagen se muestra las superficies analizadas para FS = 0.75, las cuales son de color amarillo para su ilustración.

Fuente: Elaboración propia

Figura 38

Resultados de la simulación para FS de 0.75 a 1 realizados en el software Slope 2018

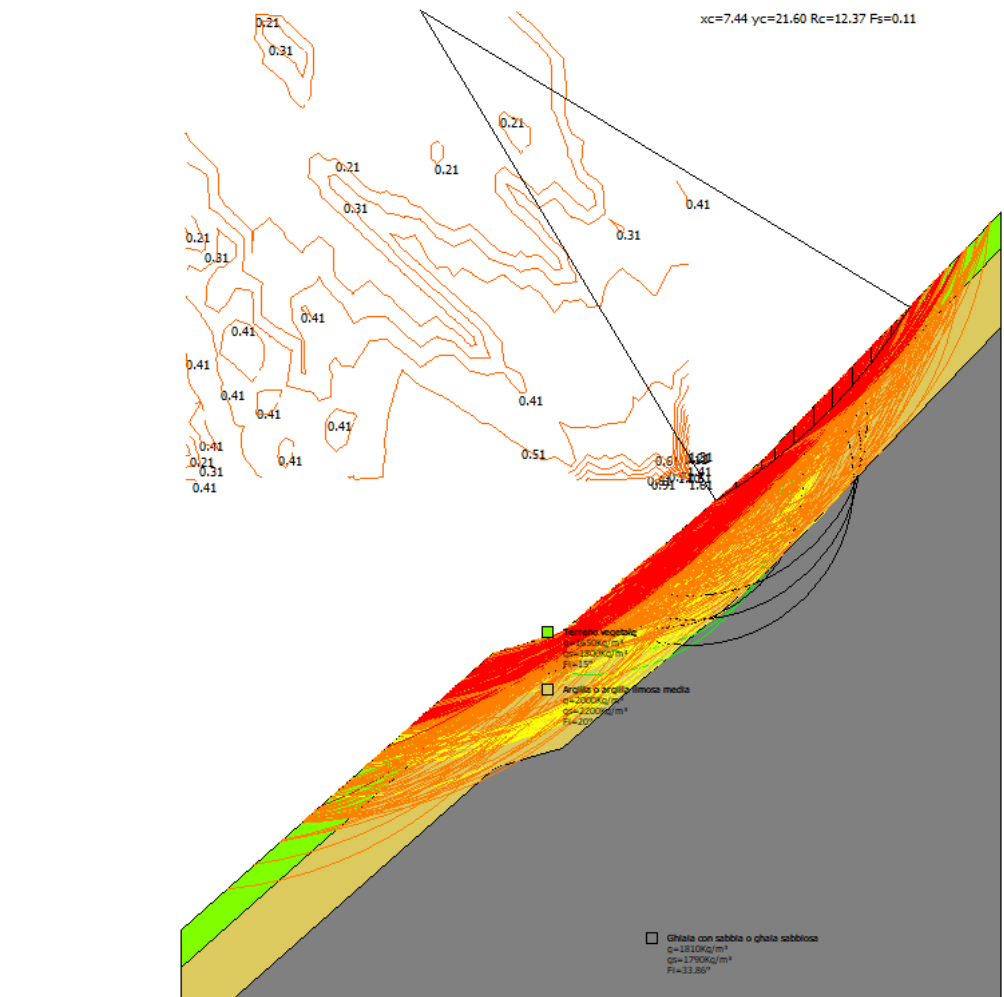


Nota: En la imagen se muestra las superficies analizadas para FS = 1.0, las cuales son de color verde claro para su ilustración.

Fuente: Elaboración propia

Figura 39

Resultado de Isolíneas de las superficies analizadas con los valores de FS correspondientes



Nota: Se muestra en la imagen las isocintas etiquetadas con los valores de FS correspondientes a las superficies analizadas.

Como se puede apreciar los dos primeros estratos presentar mayor inestabilidad debido a que la primera esta conformada por 0.30 m de material vegetal y el segundo estrato de 0.50 m esta conformado por suelo franco arcilloso arenoso, por otro lado el tercer estrato esta conformado por un suelo de tipo GM (grava).

Fuente: Elaboración propia

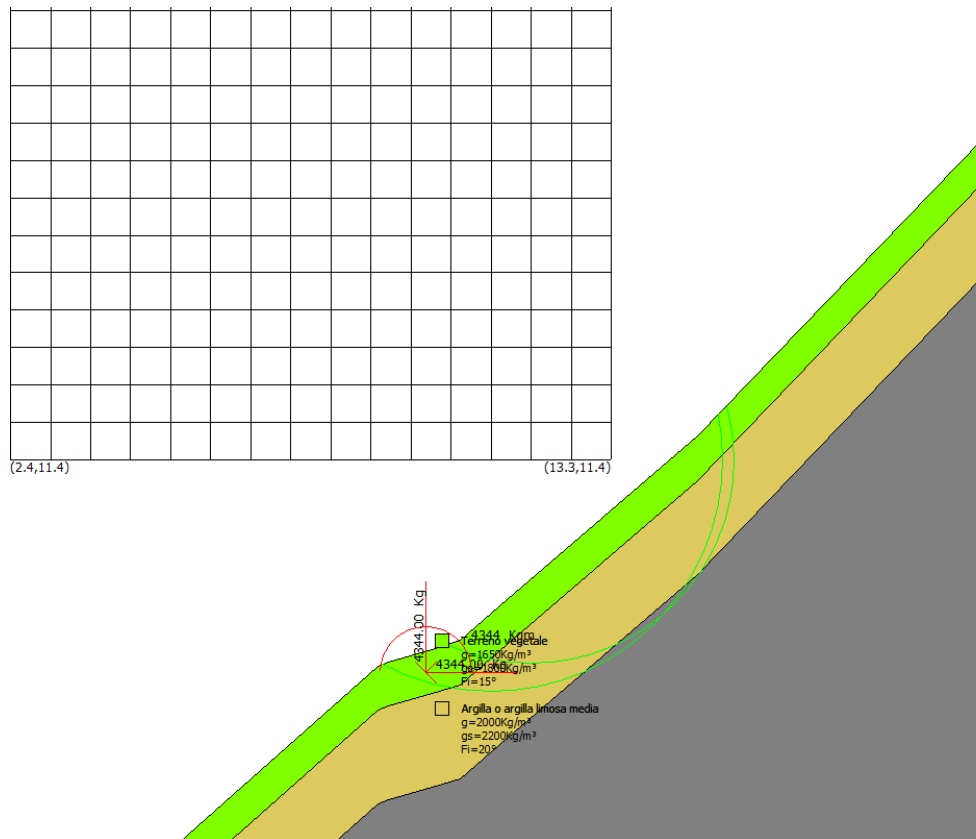
2. Análisis de la estabilidad del talud con carga puntual del canal Mariño

Para el presente análisis se toman en consideración los siguientes aspectos:

- La carga ejercida por el canal Mariño en el talud analizado se considera carga puntual, la cual tiene un peso de 4,344 kg-N.
- Se analizó para 450 superficies.
- Se tomó en consideración las mismas propiedades físico-mecánicas descritas anteriormente.

Figura 40

Simulación de la carga puntual del canal Mariño en el talud

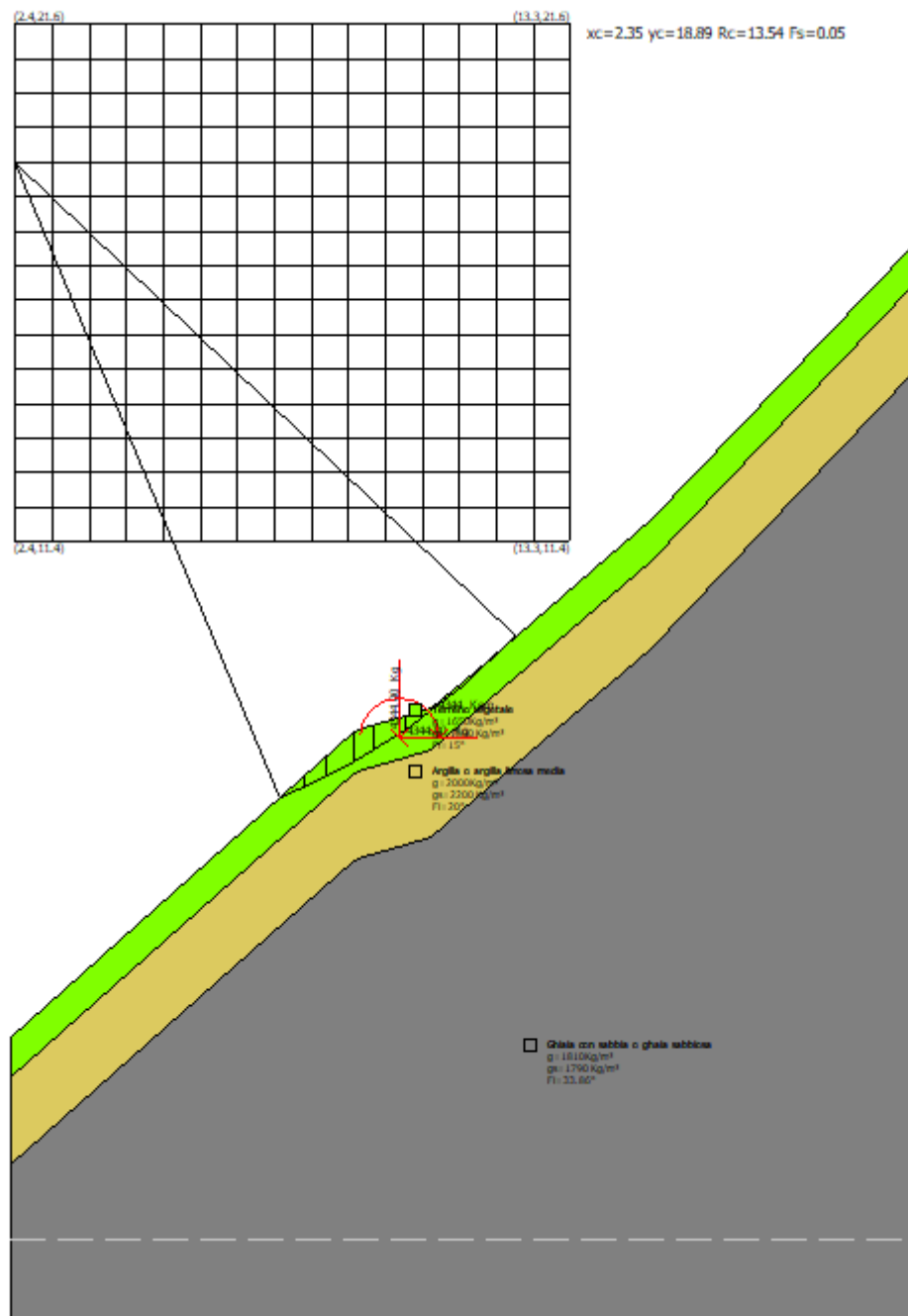


Nota: Se muestra en la imagen la adición de la carga puntual (concerniente al peso del canal Mariño), para su posterior análisis.

Fuente: Elaboración propia

Figura 41

Resultado del factor FS en la superficie del talud

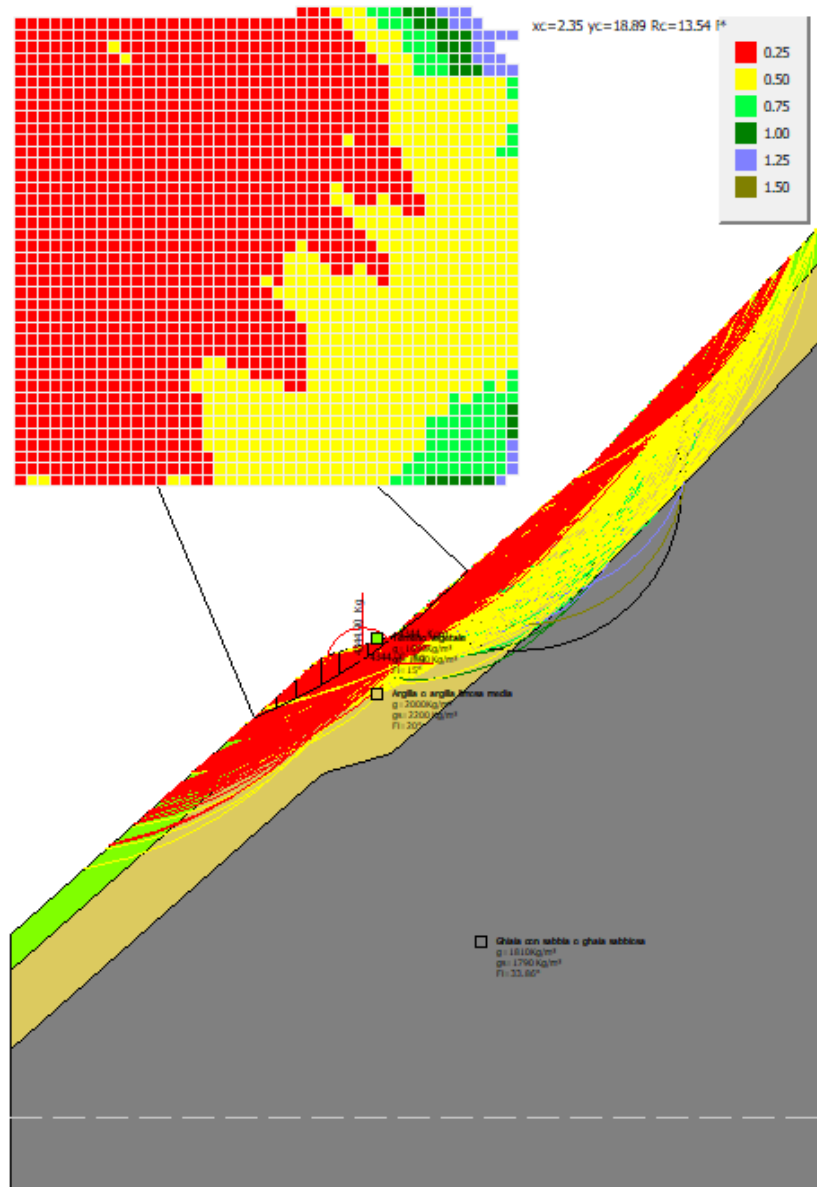


Nota: Se muestra en la imagen el resultado para la superficie con factor mínimo, siendo el valor $FS=0.05$, reduciéndose así el FS de 0.11 a 0.05 debido al peso del Canal Mariño.

Fuente: Elaboración propia

Figura 42

Resultados del análisis de la estabilidad del talud para FS de 0 a 2

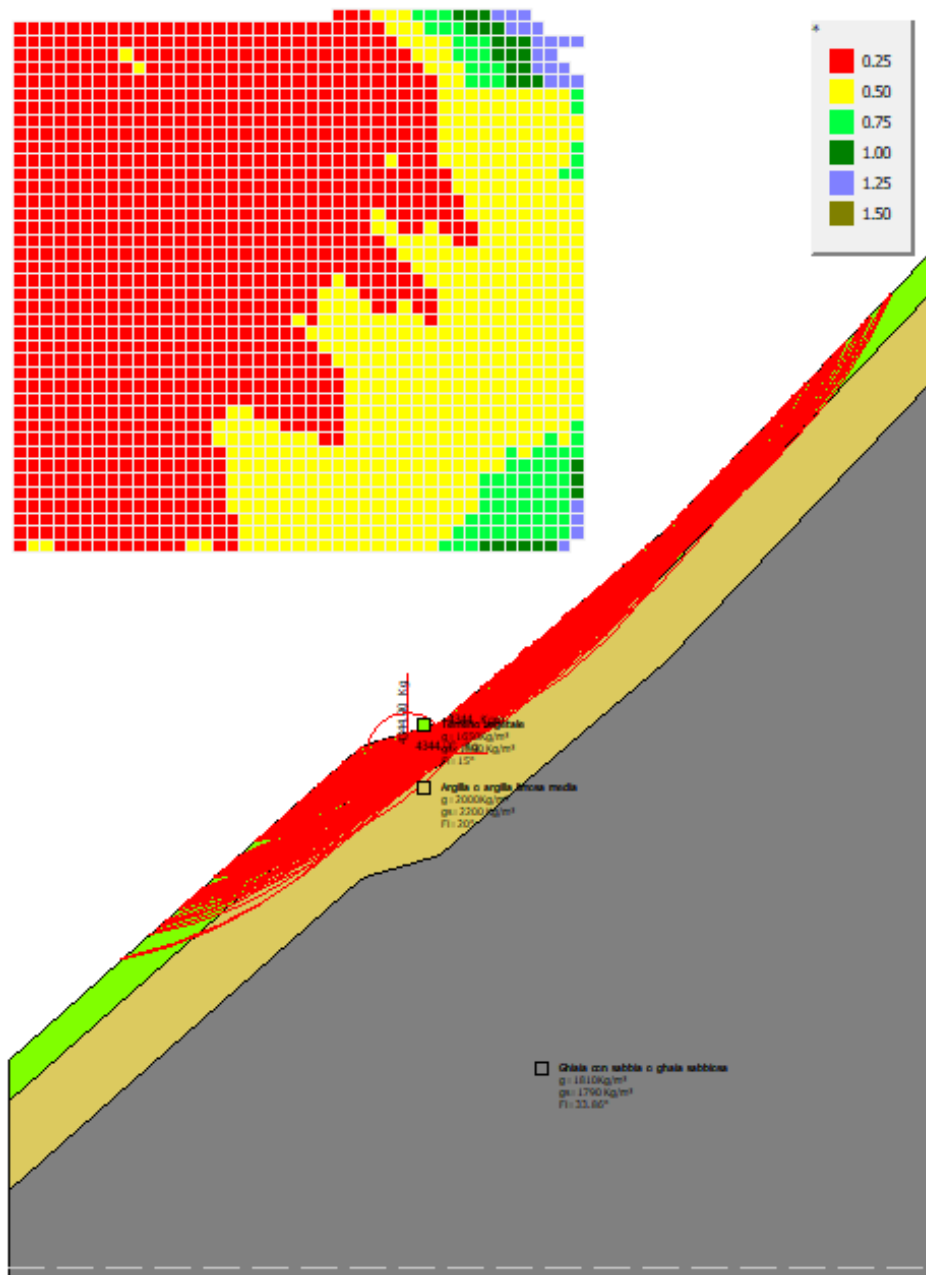


Nota: Se puede apreciar en la imagen la influencia del peso del canal Mariño en la parte media del talud, la cual genera que el FS sea de 0.05, siendo mucho menor al FS analizado sin la influencia del canal Mariño, por lo cual se comprueba la influencia del peso del Canal en reducir el FS en este sector.

Fuente: Elaboración propia

Figura 43

Resultados del análisis de la estabilidad del talud para FS de 0 a 0.25

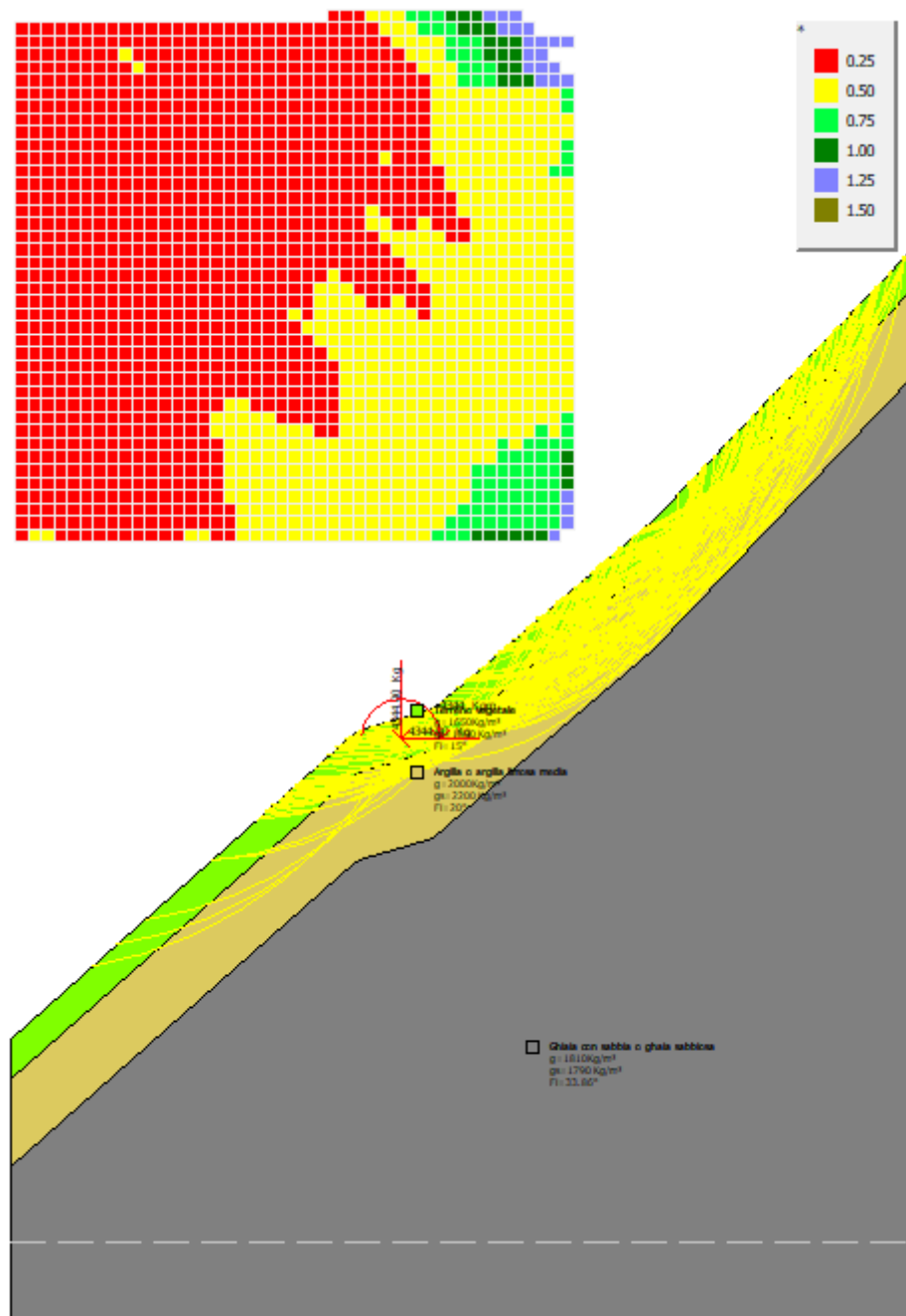


Nota: Se puede apreciar en la imagen la influencia del peso del canal Mariño en la parte media del talud, la cual genera que el FS sea de 0.05, siendo mucho menor al FS analizado sin la influencia del canal Mariño, por lo cual se comprueba la influencia del peso del Canal en reducir el FS en este sector.

Fuente: Elaboración propia

Figura 44

Resultados del análisis de la estabilidad del talud para FS de 0.25 a 0.50

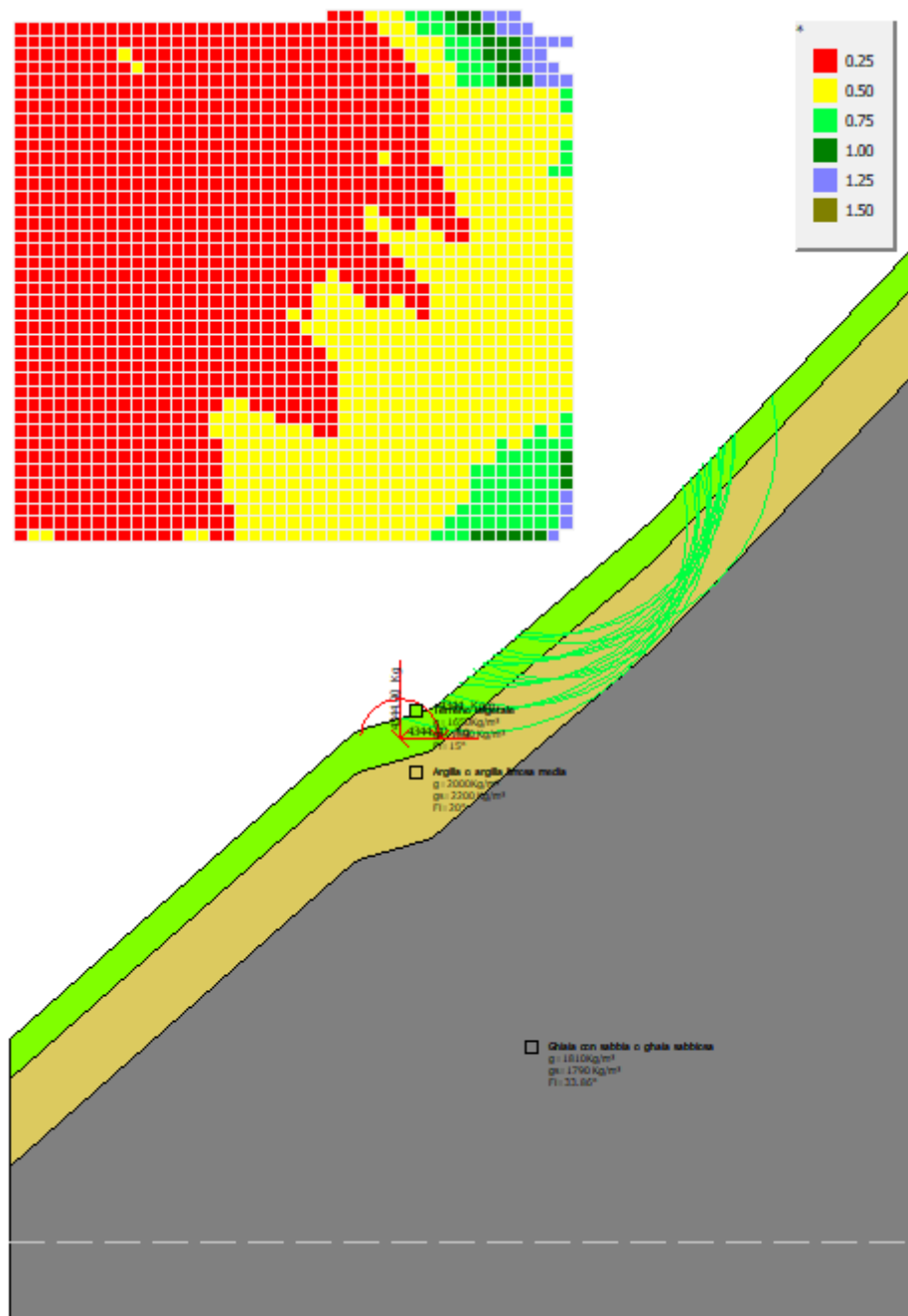


Nota: De igual forma que en la imagen anterior, se puede observar el incremento de las superficies afectadas para un FS de 0.50 debido a la carga del Canal Mariño.

Fuente: Elaboración propia

Figura 45

Resultados del análisis de la estabilidad del talud para FS de 0.5 a 0.75



Fuente: Elaboración propia

De igual forma que en la imagen anterior, se puede observar el incremento de las superficies afectadas para un FS de 0.75 debido a la carga del Canal Mariño.

Propuestas de solución

Como se demostró anteriormente el talud presenta factores de seguridad por debajo de lo permitido por la norma, es por ello que se plantea las siguientes alternativas para estabilizar el talud en estudio, tomándose en consideración los estudios topográficos y estudio de suelos anteriormente expuestos.

1. Estabilidad de talud usando geomallas
2. Estabilidad de talud utilizando muro de concreto armado

1. Estabilidad de talud mediante el uso de geomallas

Figura 47

Datos de entrada para simulación en el software modelándose con Geomallas 1000/30

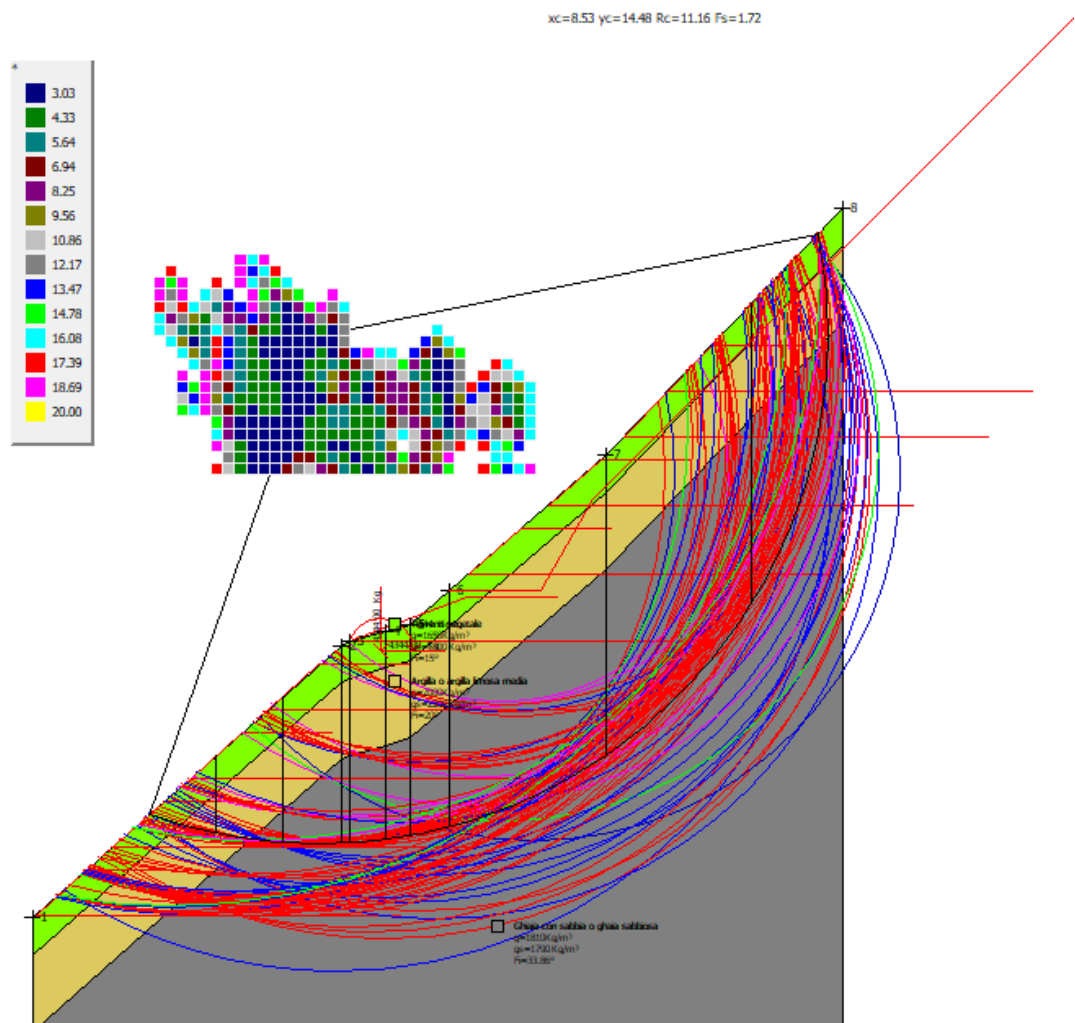
| Nr | D.B. | Descripción | X (m) | Y (m) | Longitud (m) | Longitud fachada (Lf) (m) | Longitud doblez (m) | Inclinação (°) | Tallow (Kg) | Ángulo rozam. terreno refuerzo (°) | Coeficiente Pullout | Activado | Color |
|----|------|---------------|---------|----------|--------------|---------------------------|---------------------|----------------|-------------|------------------------------------|---------------------|------------|-------|
| 1 | | Xgrid PET PVC | 2.32 | 1.759351 | 8 | 1 | 2 | 41.50408 | 60041.97 | 32 | 1 | 1-Activado | Red |
| 2 | | Xgrid PET PVC | 4.01519 | 3.259351 | 8 | 1 | 2 | 41.50408 | 60041.97 | 32 | 1 | 1-Activado | Red |
| 3 | | Xgrid PET PVC | 5.71039 | 4.75935 | 8 | 1 | 2 | 41.50408 | 60041.97 | 32 | 1 | 1-Activado | Red |
| 4 | | Xgrid PET PVC | 7.40559 | 6.25935 | 8 | 1 | 2 | 41.50408 | 60041.97 | 32 | 1 | 1-Activado | Red |
| 5 | | Xgrid PET PVC | 9.21165 | 7.75935 | 8 | 1 | 2 | 21.22496 | 60041.97 | 32 | 1 | 1-Activado | Red |
| 6 | | Xgrid PET PVC | 11.8079 | 9.259352 | 8 | 1 | 2 | 40.62327 | 60041.97 | 32 | 1 | 1-Activado | Red |
| 7 | | Xgrid PET PVC | 13.5566 | 10.75935 | 8 | 1 | 2 | 40.62327 | 60041.97 | 32 | 1 | 1-Activado | Red |
| 8 | | Xgrid PET PVC | 15.2202 | 12.25935 | 8 | 1 | 2 | 46.2432 | 60041.97 | 32 | 1 | 1-Activado | Red |
| 9 | | Xgrid PET PVC | 16.1778 | 13.25935 | 8 | 1 | 2 | 46.2432 | 60041.97 | 32 | 1 | 1-Activado | Red |

Nota: Se muestra datos de entrada para la simulación en el software Slope 2018 de GeoStru.

Fuente: Elaboración propia

Figura 48

Resultados de la Simulación de la estabilidad en el software SLOPE con Geomallas



Fuente Elaboración propia

Se logra estabilizar el talud con el uso de geomallas donde el factor de seguridad FS min es de 1.72 y FS máx= 20.

2. Estabilidad de talud mediante el uso de muro de concreto armado

Para ello se propone dos tipo de muros:

Figura 49

Características geométricas del Muro tipo 01

Tipo n.º ...1

Descripción: Muro Tipo 1

Tipo

| | |
|----------------------------------|---------|
| Altura muro | 3 [m] |
| Base puntera | 1.2 [m] |
| Base tacón | 1 [m] |
| Espesor coronación (St>0 o St<0) | 0.5 [m] |
| Espesor base | 0.8 [m] |
| Altura cimentación | 0.8 [m] |
| Número de escalones | 1 [m] |

Características

| | |
|--------------------|--------------|
| Peso específico | 2400 [Kg/m³] |
| Tipo | Rígido |
| Tensión tangencial | [kg/cm²] |
| Color | ■ |

Modificación automática del perfil Excluir empuje horizontal

Nuevo Siguiente >> Salir

Fuente: Elaboración propia

Se muestra datos de Muro tipo 01 para la simulación en el software Slope 2018 de GeoStru.

Figura 50

Características geométricas del Muro tipo 02.

Tipo n.º ...2

Descripción: Muro tipo 2

Tipo

| | |
|----------------------------------|---------|
| Altura muro | 4 [m] |
| Base puntera | 1.5 [m] |
| Base tacón | 2 [m] |
| Espesor coronación (St>0 o St<0) | 0.5 [m] |
| Espesor base | 0.8 [m] |
| Altura cimentación | 1 [m] |
| Número de escalones | 1 [m] |

Características

| | |
|--------------------|--------------|
| Peso específico | 2400 [Kg/m³] |
| Tipo | Flexible |
| Tensión tangencial | 1 [kg/cm²] |
| Color | ■ |

Modificación automática del perfil Excluir empuje horizontal

Nuevo Siguiente>> Salir

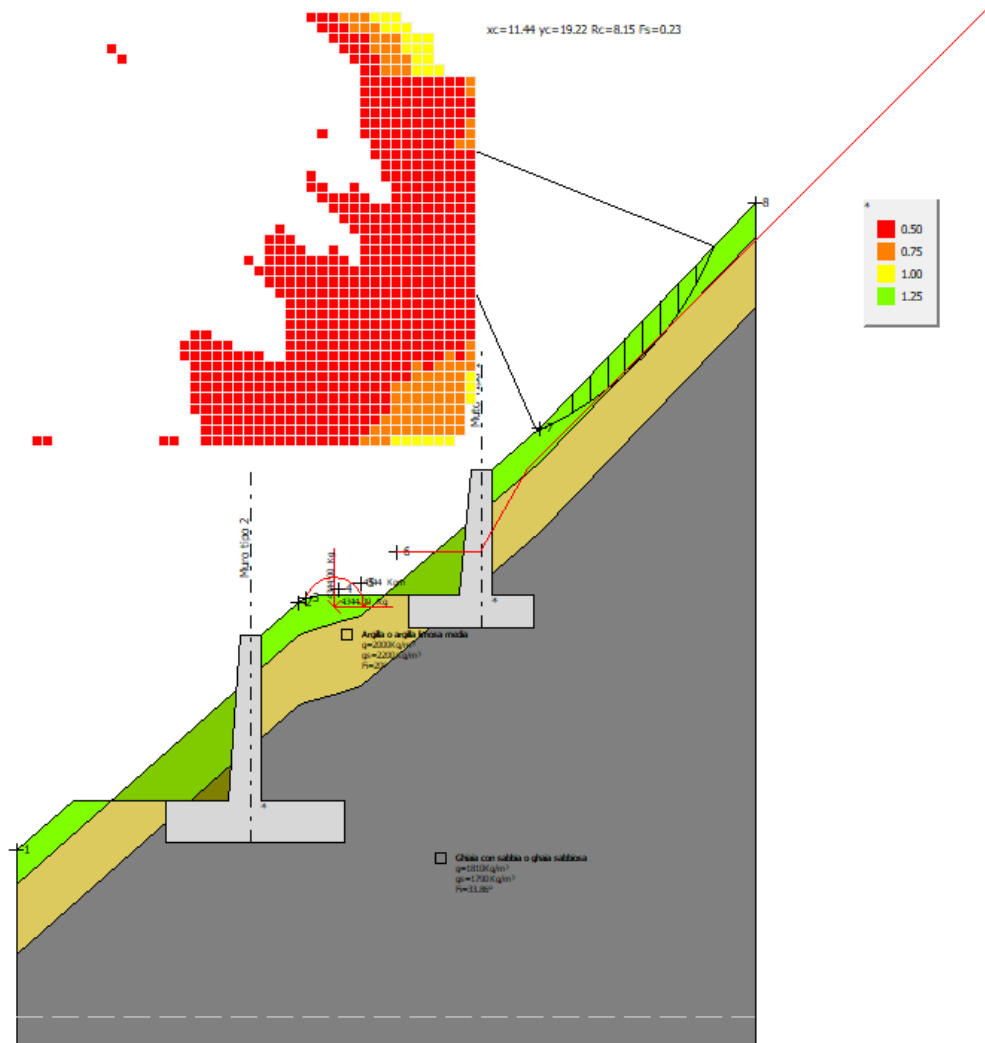
Fuente: Elaboración propia

Se muestra datos de Muro tipo 02 para la simulación en el software Slope 2018 de GeoStru.

Teniendo como resultado lo siguiente:

Figura 51

Resultados de la Simulación de la estabilidad del talud con los 02 muros de contención



Nota: El FS min = 0.23 y FS máx = 20, lo cual no satisface la estabilidad del talud, por ende esta alternativa se descarta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4*Resumen del Factor de Seguridad analizado.*

| Progresiva | FS Terreno natural | FS con Influencia del canal Mariño | FS con Geomalla | FS con Muro de Contención | FS mínimo permitido |
|------------|--------------------------|---------------------------------------|--------------------|---------------------------------|---------------------------|
| 3+600 | 0.11 | 0.05 | 1.72 | 0.23 | 1.5 |

Nota. En la tabla anteriormente mostrada, se realiza la comparación de los resultados del Factor de Seguridad de los análisis para los casos representativos.

Como puede apreciarse el FS es **admisibile** en caso de utilizarse **Geomalla**.

4.2. Discusión de resultados

A. Contraste de Resultados del Marco Teórico

1. ¿Los resultados obtenidos sobre esta investigación son similares a los resultados obtenidos en las investigaciones consignadas como antecedentes?

De las investigaciones, como antecedentes, se observó que los resultados son ligeramente similares a la presente investigación debido principalmente a que las zonas de estudio en los antecedentes tienen una topografía similar a la estudiada, además de tener factores fisicomecánicos del suelo similares a la presente investigación. Por ejemplo en la tesis de (Montatixe & Chango, 2018), se encontró similitud en que el análisis de estabilidad de taludes en condiciones críticas se obtienen valores de FS menor a 1.25, además se demuestra en los análisis que a mayor aumento de carga en los taludes analizados representa un incremento en el esfuerzo al cortante lo cual se refleja un menor factor de seguridad de la misma forma se encontraron las mismas relaciones en las tesis de (Gomez, 2018), (Nuñez, 2016) y (Quiroz, 2014).

B. Interpretación de los Resultados Encontrados en la Investigación

1. ¿El proceso constructivo, infiltración de agua y erosión del suelo que ocurren debido al funcionamiento del canal Mariño influyen el factor de seguridad del talud?

Según los resultados anteriormente presentados la influencia del canal Mariño se debe principalmente al peso que este otorga sobre la superficie del talud, mas no se encontró vestigios de infiltración de agua por parte del canal Mariño, tampoco se evidenció erosión alguna, las cuales afecten directamente a la estabilidad del talud.

2. ¿El proceso constructivo del canal Mariño afecta al factor de seguridad del talud de la zona Aymas?

De acuerdo a los resultados obtenidos en la simulación del terreno natural sin la influencia del canal Mariño, se puede apreciar que el talud tiene una FS min de 0.11, lo cual definitivamente indica una inestabilidad, el proceso constructivo del canal Mariño afecta la disminución de este Factor la cual se reduce a FS mínimo = 0.05, por lo cual se concluye que este proceso constructivo si afecta considerablemente a la estabilidad del talud.

3. ¿La infiltración de agua afecta significativamente en la evaluación del factor de seguridad del talud de la zona de Aymas?

De acuerdo a las ascultaciones realizadas mediante pozos en la zona y según los estudios de las calicatas que hicieron en la zona de estudio del canal Mariño se evidenció que no existe infiltración de agua, por ende la esta no afecta significativamente al Factor de Seguridad, cabe indicar que tampoco se encontró nivel freático.

4. ¿La erosión del suelo influye notablemente en el factor de seguridad de la zona de Aymas?

Tomándose en consideración la desertificación de la zona, la conformación de los estratos del suelo y los análisis de estabilidad de talud anteriormente descritos, se podría indicar que la erosión del suelo no influye notablemente a comparación de su topografía y la influencia del peso del canal Mariño.

Por otro lado las constantes precipitaciones pluviales en la época de lluvias en la zona de Aymas generan que este talud se vea afectado negativamente, debido a que al erosionar un suelo cuyo material predominante es arcilloso arenoso

en la superficie la cual es de baja cohesión, puede generar deslizamientos de masas de suelo hacia la base del talud.

C. Aporte de la Investigación

1. ¿Cuál es el aporte de la presente tesis?

El aporte de la presente tesis es realizar una contribución significativa al campo de la ingeniería geotécnica y la gestión de riesgos en obras de infraestructura. A continuación, se describen los aportes principales de esta tesis:

Comprensión del Impacto del Proceso Constructivo. El estudio aborda el impacto del proceso constructivo del Canal Mariño en la estabilidad del talud en la zona de Aymas. Esta investigación proporciona una comprensión detallada de cómo las actividades de construcción, como la excavación, el relleno y la compactación, pueden afectar la estabilidad del terreno circundante. Este conocimiento es fundamental para diseñar y ejecutar proyectos de infraestructura de manera segura y eficiente.

Evaluación de la Infiltración de Agua. El análisis de la infiltración de agua en el talud es otro aspecto crucial de la tesis. La infiltración de agua puede debilitar el suelo y aumentar el riesgo de deslizamientos de tierra. Al estudiar este fenómeno, la tesis proporciona información valiosa sobre cómo gestionar y mitigar los efectos negativos de la infiltración de agua en la estabilidad del talud.

Consideración de la Erosión del Suelo. La erosión del suelo es un proceso natural que puede ser acelerado por actividades humanas, como la construcción de canales. La tesis analiza cómo la erosión del suelo causada por el Canal Mariño influye en la estabilidad del talud en la zona de Aymas. Este análisis ayuda a identificar medidas de control de erosión efectivas y a prevenir daños potenciales en la infraestructura cercana.

Mejora en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud. Al integrar los efectos del proceso constructivo, la infiltración de agua y la erosión del suelo en la evaluación del factor de seguridad del talud, esta tesis proporciona una evaluación más completa y precisa del riesgo de falla del talud. Esta mejora en la evaluación del factor de seguridad es esencial para garantizar la seguridad de la infraestructura y de las comunidades cercanas.

Aplicabilidad en Ingeniería Geotécnica y Gestión de Riesgos. Los hallazgos y las conclusiones de esta tesis son aplicables en el campo de la ingeniería geotécnica y la gestión de riesgos en proyectos de infraestructura similares. La información obtenida puede ser utilizada por ingenieros y profesionales del sector para diseñar medidas de mitigación de riesgos más efectivas y para mejorar la seguridad y la estabilidad de las obras de ingeniería civil.

En resumen, la tesis "Influencia del Proceso Constructivo, Infiltración de Agua y Erosión de Suelo del Canal Mariño en la Evaluación del Factor de Seguridad del Talud de la Zona de Aymas - Abancay 2023" realiza un valioso aporte al campo de la ingeniería civil y la gestión de riesgos al proporcionar una comprensión integral de los factores que influyen en la estabilidad del talud y al mejorar la evaluación del factor de seguridad en obras de infraestructura.

4.3. Prueba de hipótesis.

No corresponde.

CONCLUSIONES

Se logró el objetivo general el cual es: “Analizar la influencia del proceso constructivo, infiltración de agua erosión de suelo del Canal Mariño en la evaluación del factor de seguridad del talud de la zona de Aymas”, esto debido a que se logró comprobar que el factor de seguridad del talud de la zona de Aymas se ve influenciado por el canal Mariño (características geométricas, peso del canal) la cual se determinó según la evaluación con software SLOPE de Geo Stru hallándose un $FS=0.05$.

Con respecto al objetivo específico 01 el cual indica: “Determinar cómo afecta el proceso constructivo del canal Mariño en el factor de seguridad del talud de la zona de Aymas”, según el análisis realizado se demostró que el proceso constructivo afecta negativamente a la estabilidad del talud en la zona de Aymas, debido principalmente a los cortes de terreno que se realizaron para la construcción, el peso del canal y la topografía escarpada de la zona la cual no garantiza una estabilidad sobre todo en la época de lluvias, además que años anteriores se registraron deslizamientos en la zona de estudio.

Con respecto al objetivo específico 02 el cual indica: “Establecer cómo afecta la infiltración de agua del canal Mariño en el factor de seguridad del talud de la zona de Aymas”, se logró el objetivo para lo cual se realizaron auscultaciones del terreno mediante la apertura de pozos en los cuales no se evidenciaron infiltraciones de gran importancia, además que en las calicatas realizadas a mayores profundidades tampoco se hallaron infiltraciones de agua, por lo cual este no influenciaría significativamente al factor de seguridad del talud en la zona de Aymas.

Con respecto al objetivo específico 03 el cual indica: “Determinar de qué manera afecta la erosión del suelo ocasionado por el canal Mariño en el factor de

seguridad del talud de la zona de Aymas”, como se indicó anteriormente las principales influencias para la inestabilidad del talud de la zona son la topografía (pendiente) , composición del suelo y la influencia del peso del canal Mariño por otro lado la erosión del suelo ocasionado por el canal Mariño no es significativo, no obstante esta podría ser considerada debido a las lluvias intensas que se puedan registrar en la zona.

RECOMENDACIONES

Con respecto al objetivo general: Se recomienda realizar un estudio del Factor de Seguridad para el talud de la zona de Aymas mediante otros métodos, comparar los valores de factor de seguridades obtenidas y elegir el valor más crítico asimismo se recomienda la intervención y estabilización del talud por parte de las autoridades competentes, considerando que en la presente investigación se realizó 2 simulaciones comparando la estabilidad del talud utilizando geomallas y muros de concreto, de los cuales la que mejor funcionó fue la primera.

Con respecto al objetivo específico 01: Ampliar la investigación en todas las zonas afectadas por la construcción del canal Mariño teniendo como antecedente deslizamientos ocurridos con anterioridad.

Realizar un monitoreo continuo del talud y del canal, dado que el proceso constructivo del Canal Mariño y las condiciones climáticas pueden tener un impacto significativo en la estabilidad del talud, se sugiere establecer un programa de monitoreo continuo. Esto podría incluir la instalación de instrumentación geotécnica para medir la inclinación del talud, la presión de agua y otros parámetros relevantes.

El monitoreo regular proporcionaría datos en tiempo real sobre la evolución de la estabilidad del talud y permitiría tomar medidas preventivas si se detectan signos de riesgo.

Con respecto al objetivo específico 02: Realizar estudios adicionales sobre la infiltración de agua: Aunque las auscultaciones del terreno realizadas no mostraron infiltraciones de gran importancia, sería beneficioso realizar estudios adicionales sobre la infiltración de agua en la zona. Esto podría incluir análisis más detallados de la permeabilidad del suelo y la hidrología local, así como el uso de técnicas de monitoreo avanzadas, como la instalación de piezómetros para medir

los niveles de agua subterránea. Estos estudios proporcionarían una comprensión más completa de cómo la infiltración de agua puede afectar la estabilidad del talud y permitiría ajustar las estrategias de mitigación de riesgos en consecuencia.

Con respecto al objetivo específico 03: Implementar medidas de control de erosión del suelo: Aunque la erosión del suelo causada por el Canal Mariño no se considera significativa en el análisis actual, las lluvias intensas podrían aumentar este riesgo en el futuro. Por lo tanto, se recomienda que se implementen medidas de control de erosión, como la revegetación de áreas expuestas y la instalación de estructuras de protección contra la erosión, para mitigar posibles efectos adversos en la estabilidad del talud a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

- Alva, J. (2017). *Exploración Geotécnica*. Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Angelone, I. (2010). *Geología y Geotecnia-Estabilidad de Taludes*. Argentina: Universidad Nacional del Rosario.
- Atala, C. (2011). *Estudio experimental sobre correlacion en suelos granulares finos (arenas) compactados, usando equipo de penetración*. Perú. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Badillo, C. (2010). *Mecánica de Suelos Tomo I*. México D.F.: Limusa.
- Bannister, A. (2008). *Técnicas modernas en topografía. México, DF: Representaciones y servicios*. México D.F. : Limusa.
- Borselli, L. (2017). *Estudios Geotécnicos*. México D.F.: UASLP.
- Bowles, J. (1981). *Manual de Laboratorio de Suelos de Ingeniería Civil*. México D.F.: Mc Graw Hill.
- Brabb, H. (1989). *Enseñanza de las ciencias de la tierra*. Catalunya: Dpto. Ingeniería del terreno.
- Bravo, J. L. (1998). *Población y Muestra*. México D.F.: Universidad de León.
- Breña, C. (2019). *Estabilidad de taludes de la carretera longitudinal de la sierra; tramo Cochabamba-Cutervo-Chiple, Cajamarca-Perú*. Perú: UNMSM.
- Carrillo, R. (2015). *Evaluación de zonas susceptibles a movimientos en masa del tipo deslizamiento en el centro poblado de Carampa, Distrito de Pazos, Provincia de Tayacaja, Región Huancavelica, aplicando el protocolo de CENEPRED*. Perú: Instituto Geofísico del Perú.
- Cheung, C. (1988). *Geomecánica en zonas tropicales*. EE.UU.
- Das, B. M. (2003). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Sacramento California: Thomson.

- Díaz, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Bucaramanga, Colombia: Ingeniería de Suelos Ltda.
- Dueñas, J. (2010). *Topografía Técnicas Modernas*. Lima, Perú: LyM.
- Espartel, L. (1980). *Curso de Topografía*. Brasil, Rio de Janeiro: Globo.
- Fredlund, D. (1987). *Principios de mecánica para carreteras en ingeniería*. EE.UU.
- Gómez, G. (2018). *Análisis de riesgos por inestabilidad de taludes en la subcuenca río Canipaco, tramo distrito de Colca provincia de Huancayo departamento de Junín*. Perú: Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Hernandez, R. F. (2010). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGraw-Hill.
- Huallpa, D. (2019). Identificación y evaluación de factores geotécnicos que causan la inestabilidad de ladera en la quebrada de Qolcohuaycco, urbanización Santa Rosa, distrito de San Sebastián-Cusco. Cusco: Universidad Andina del Cusco.
- Lagos, P. (2012). *Estudio experimental del coeficiente de permeabilidad en arenas*. Concepción: Universidad Católica Santísima Concepción.
- Lucas, L. (2014). *Taller básico de mecánica de suelos*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Madueño, A. (2018). *Diseño y ejecución del canal - túnel para la evacuación de aguas pluviales en Cutervo – Cajamarca*. Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Matteis, A. (2003). *Geología y Geotecnia; Tema: Estabilidad de Taludes*. Buenos Aires.
- MccormarC, J. (2003). *Topografía y Geodesia*. Bogota: Limusa.
- Mendoza, J. (2016). *Análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la mina Antapaccay*. Perú: PUCP.

- Montatixe, C. (2018). *Análisis de estabilidad de taludes en un tramo de las avenidas Simón Bolívar y Gonzalo Pérez Bustamante, distrito metropolitano de Quito*. Ecuador : EPN.
- Moran, W. (2010). *Hidrología para estudiantes de ingeniería civil*. Lima : PUCP.
- MTC, M. d. (2000). *Análisis granulométrico de suelos por tamizado* . Lima: MTC.
- Nino, C. (2018). *Métodos de análisis y diseño para la resolución de problemas de estabilidad de taludes y excavaciones mediante técnicas de soil nailing*. Colombia: ECI.
- Núñez, R. (2016). *Riesgo a deslizamiento en taludes del sistema vial lampa – Pariahuanca, Huancayo*. Huancayo: UNCP.
- Ocando, D. A. (2020). *Análisis tridimensional de estabilidad de taludes y comparación con el análisis bidimensional*. Bogotá: UNC.
- Orellana, K. (2017). *Análisis de la estabilidad del terreno de la comunidad La Vainilla, Cantón Santa Ana- Provincia de Manabí*. Quito: UCE
- Pico, B. (2006). *Gestión del riesgo de desastres para un desarrollo con capacidad de adaptación*. Ecuador.
- Quiroz, J. (2014). *Evaluación de la inestabilidad de taludes en la carretera las Pirias- cruce Lambayeque, San Ignacio*. Lambayeque: UNC.
- Rojas, H. (2010). *Manual de curso de irrigación y drenaje*. Perú: Universidad Nacional Del Santa.
- Saez, D. (2003). *Estandarización de ensayos de conductividad hidráulica de campo para el diseño de obras de infiltración*. Santiago de Chile: PUCC.
- Turpo, J. (2018). *Determinación de los parámetros geométricos del talud, para garantizar la estabilidad del tajo superficial del área de explotación en la*

unidad minera MOISES RANDY 2010. Moquegua: Universidad Nacional de Moquegua.

Zegarra, J. (2016). *Análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la mina Antapaccay*. Lima : PUCP.

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina del repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes