

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“Modelo basado en el sistema Erdox para la estabilización de talud en la carretera San Rafael – Huánuco 2023”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

AUTORA: Fernandez Cisneros, Antuaned Geraldine

ASESOR: Aguilar Alcantara, Leonel Marlo

HUÁNUCO – PERÚ

2024

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Gestión en la construcción

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería civil

D

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniera Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 71665821

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 43415813

Grado/Título: Maestro en ingeniería civil con mención en dirección de empresas de la construcción

Código ORCID: 0000-0002-0877-5922

H

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769
2	Valdivieso Echevarria, Martin Cesar	Maestro en gestión pública	22416570	0000-0002-0579-5135
3	Taboada Trujillo, William Paolo	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	40847625	0000-0002-4594-1491



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO

(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15: 30 horas del día **jueves 02 de mayo de 2024**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

- ❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO - PRESIDENTE
- ❖ MG. MARTIN CÉSAR VALDIVIESO ECHEVARRÍA - SECRETARIO
- ❖ MG. WILLIAM PAOLO TABOADA TRUJILLO - VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 0896-2024-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "MODELO BASADO EN EL SISTEMA ERDOX PARA LA ESTABILIZACION DE TALUD EN LA CARRETERA SAN RAFAEL - HUÁNUCO 2023", presentado por el (la) Bachiller. **Bach. Antuaned Geraldine FERNÁNDEZ CISNEROS**, para optar el Título Profesional de ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **A.P.R.O.B.A.D.O.** por **UNANIMIDAD** con el calificativo cuantitativo de **1.3**... y cualitativo de **SUFICIENTE**. (Art. 47).

Siendo las **16^h 40'** horas del día 02 del mes de mayo del año 2024, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO
DNI: 41891649
ORCID: 0000-0001-8392-1769
Presidente

MG. MARTIN CÉSAR VALDIVIESO ECHEVARRÍA
DNI: 22416570
ORCID: 0000-0002-0579-5135
Secretario

MG. WILLIAM PAOLO TABOADA TRUJILLO
DNI: 40847625
ORCID: 0000-0002-4594-1491
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: FERNANDEZ CISNEROS ANTUANED GERALDINE, de la investigación titulada “Modelo basado en el Sistema ERDOX para la estabilización de talud en la carretera San Rafael – Huánuco 2023”, con asesor LEONEL MARLO AGUILAR ALCANTARA, designado mediante documento: RESOLUCIÓN N° 251-2023-R-UDH P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 10 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 14 de agosto de 2024



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

69. FERNANDEZ CISNEROS ANTUANED GERALDINE.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%

INDICE DE SIMILITUD

10%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
3	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	www.geostru.eu Fuente de Internet	<1%
5	core.ac.uk Fuente de Internet	<1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO,
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

AGRADECIMIENTO

A Dios por enviarme personas maravillosas, también quiero agradecer a mi familia por creer en mí y en mi compromiso con el estudio, sus palabras de aliento y confianza me han ayudado mucho.

DEDICATORIA

Dedicado a mi padre quien ahora me cuida desde el cielo, a mi madre, por no dejarme derrumbarme en momentos críticos, a mis hermanos por su cariño, y a mi pareja quien siempre estuvo a mi lado apoyándome a cumplir mis metas. Este logro no habría sido posible sin ustedes.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	II
DEDICATORIA	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN.....	XI
CAPITULO I.....	12
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	12
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.2. FORMULACIÓN DE PROBLEMA.....	13
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	13
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO	13
1.3. OBJETIVOS	13
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	13
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEORÍA	14
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	14
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	14
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	16
CAPITULO II.....	17
MARCO TEÓRICO	17
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	17
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONAL	18
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	19
2.2. BASES TEÓRICAS.....	20
2.2.1. INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	20
2.2.2. MÉTODO DEL EQUILIBRIO LÍMITE (LEM)	21

2.2.3.	MÉTODO DE LAS REBANADAS	21
2.2.4.	MÉTODO DE FELLENIUS (1927)	23
2.2.5.	MÉTODO DE BISHOP (1955)	24
2.2.6.	MÉTODO DE JANBU (1967)	25
2.2.7.	MÉTODO DE BELL (1968)	27
2.2.8.	MÉTODO DE SARMA (1973)	28
2.2.9.	ESTABILIDAD DE TALUDES	30
2.2.10.	TIPOS DE INESTABILIDAD	31
2.2.11.	TIPOS DE FALLAS MÁS COMUNES EN LA ESTABILIDAD DE TALUDES DE LAS VÍAS TERRESTRES	32
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	33
2.4.	HIPÓTESIS	34
2.4.1.	HIPÓTESIS GENERAL.....	34
2.4.2.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	35
2.5.	VARIABLES	35
2.5.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE	35
2.5.2.	VARIABLE DEPENDIENTE	35
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	36
CAPITULO III		37
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.....		37
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	37
3.1.1.	ENFOQUE	37
3.1.2.	ALCANCE O NIVEL.....	37
3.1.3.	DISEÑO	37
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	38
3.2.1.	POBLACIÓN.....	38
3.2.2.	MUESTRA	38
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	38
3.3.1.	TÉCNICA.....	38
3.3.2.	INSTRUMENTO	38
3.4.	TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	39
3.4.1.	RECOLECTAR DATOS	39

CAPITULO IV.....	40
RESULTADOS.....	40
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	40
4.1.1. ANOTACIÓN DEL TERRENO.....	40
4.2. ANÁLISIS GEOLÓGICO	42
4.2.1. GRANULOMÉTRICO.....	42
4.2.2. CONSISTENCIA.....	44
4.2.3. CORTE DIRECTO.....	44
4.3. HALLADO DEL ELEMENTO DE PROTECCIÓN DE LA PENDIENTE CON EL PROGRAMA V 6.0 SLIDE.....	46
4.3.1. DESCRIPCIÓN DE PROPIEDADES DE MATERIALES.....	46
4.3.2. ÁREA DE FALLA	46
4.3.3. REVISIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	47
4.4. REFORZAMIENTO DE LA PENDIENTE	48
4.4.1. SISTEMA TERRAMESH.....	48
4.4.2. MUROS DE CONCRETO ARMADO	50
4.4.3. ESTRUCTURA CON MALLAS DE PIEDRA.....	52
4.4.4. SISTEMA ERDOX	53
4.5. ANÁLISIS DE GASTO.....	57
4.5.1. PRESUPUESTO DEL PROGRAMA TERRAMESH	57
4.5.2. SISTEMA DE ESTRUCTURA DE CONCRETO	58
4.5.3. FINANCIAMIENTO DEL SISTEMA DE GAVIONES.....	59
4.5.4. FINANCIAMIENTO DEL SISTEMA DE ERDOX.....	60
4.5.5. FINANCIAMIENTO DEL SISTEMA ERDOX.....	61
4.6. BALANCE DE PRECIO.....	61
CAPITULO V.....	62
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	62
5.1. EXPONER LA COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA INVESTIGACIÓN	62
5.1.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	62
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES.....	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
ANEXO	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de Variables.....	36
Tabla 2 Clasificación de materiales	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sección de Cálculo de Talud	21
Figura 2 Acciones rebanada	23
Figura 3 Método de Fellenius (1927)	24
Figura 4 Metodo de Bishop (1955).....	24
Figura 5 Método de Jeanbu (1967).....	25
Figura 6 Método Ordinario	26
Figura 7 Método de Bell (1968).....	27
Figura 8 Metodo de Sarma (1973).....	29
Figura 9 Plano en planta	40
Figura 10 Sección Típica	41
Figura 11 CURVA GRANULOMÉTRICA	42
Figura 12 ENSAYO DE ANÁLISIS DE GRANULOMÉTRICO.....	42
Figura 13 Contenido de Humedad.....	43
Figura 14 Ensayo de Limite de Plasticidad	44
Figura 15 Resultado del ensayo de corte directo.....	45
Figura 16 Ensayo de corte directo	45
Figura 17 Definición propiedades en el Slide V6.0	46
Figura 18 Definición de área de falla en el Slide V 6.0	47
Figura 19 Revisión de análisis de resultados en el Slide V 6.0.....	47
Figura 20 Esquema de Sistema Terramesh	50
Figura 21 Esquema Sistema Muro de Concreto Armado.....	51
Figura 22 Diseño de bloque de Gavión.....	52
Figura 23 Esquema de Sistema Erdox	53
Figura 24 Esquema de sistema Erdox.....	56
Figura 25 Sección Típica del Sistema Erdox	57

RESUMEN

En entornos urbanos, esto ha generado un deterioro de las características morfológicas del suelo, originando fallos en la estructura. En consecuencia, numerosos fragmentos de tierra han ocasionado la pérdida de vidas, áreas agrícolas dañadas y obstruidas vías, resultando en consecuencias de personas y recursos monetarios negativos. En nuestro país Perú, las pendientes son poco estables y emerge a modo preocupación que exige enfoques multidisciplinarios. Los graduales en suelos y pendientes rocosas acarrear serias repercusiones sociales, afectando negativamente los taludes y bases de estructuras preexistentes, lo cual requiere intervenciones en proyectos geotécnicos. En consecuencia, es crucial realizar investigaciones exhaustivas y análisis detallados de las graduales. La recopilación completa de datos acerca de las particularidades geomorfológicas, geológicas y topográficas clave del área estudiada es esencial. Esto permite abordar de manera realista y eficaz los problemas vinculados de inestabilidad de las pendientes, facilitando un boceto preciso, análisis y diagnóstico subsiguiente. La sugerencia de garantizar que el talud sea estable en la vía principal de San Rafael se da en resultado a la aplicación método ErdoX. Previamente, en nuestro país, se utilizan sistemas parecidos, conocidos con el nombre de andenes, que no sólo cumplían funciones agrícolas, sino incluso servían para la estabilización del suelo sin causar daños. A veces, la selección de enfoques de protección alternativos no está relacionada con la conducta específica de los sustratos a consolidar, de modo que la propuesta opta por abordar una zona crítica propensa a movimientos de tierra. Se detalla el método de estabilización del sistema ErdoX, identificando la naturaleza del sustrato comprometido y describiendo la metodología de construcción necesaria para su implementación adecuada en la pendiente insegura de la zona de investigación. La sugerencia para poder garantizar que el talud sea estable en la vía principal de San Rafael se da en resultado a la aplicación método ErdoX

Palabras clave: sistema erdox, estabilización de talud, seguridad global, procedimiento constructivo, carretera.

ABSTRACT

In urban environments, this has generated a deterioration in the morphological characteristics of the soil, causing failures in the structure. Consequently, numerous fragments of land have caused loss of life, damaged agricultural areas and obstructed roads, resulting in negative human and monetary resource consequences. In our country Peru, the slopes are not very stable and emerge as a concern that requires multidisciplinary approaches. The gradual changes in soils and rocky slopes carry serious social repercussions, negatively affecting the slopes and bases of pre-existing structures, which requires interventions in geotechnical projects. Complete data collection about the key geomorphological, geological and topographical particularities of the studied area is essential. This allows problems linked to slope instability to be addressed realistically and effectively, facilitating an accurate sketch, analysis and subsequent diagnosis. The suggestion to ensure that the slope is stable on the main road of San Rafael is a result of the ErdoX method. Previously, in our country, similar systems known as terraces were used, which not only fulfilled agricultural functions, but even served to stabilize the soil without causing damage. The stabilization method of the ErdoX system is detailed, identifying the nature of the compromised substrate and describing the construction methodology necessary for its proper implementation on the unsafe slope of the research area. The suggestion to ensure that the slope is stable on the main road of San Rafael is a result of the ErdoX method.

Keywords: erdox system, slope stabilization, overall safety, construction procedure, road.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad de la construcción, se busca como realizar los trabajos de ejecución en el menor tiempo posible y de calidad, uno de los casos más frecuentes en el Perú es acerca de la inestabilidad de taludes en carreteras, especialmente en las temporadas de invierno, donde las lluvias son muy frecuentes, que generan huaycos en distintas quebradas, y deslizamientos de tierras en los taludes; viéndose así afectadas las ciudades o pueblos; por estos problemas que se presentan en estos lugares, y con la necesidad de ser resueltos en el menor tiempo posible y de manera definitiva.

Durante muchos años en el Perú se ha solucionado este tipo de problema, en la mayoría de los casos. Con el uso del sistema Terramesh u otros sistemas de contención de taludes similares; sin embargo, recientemente se viene usando un sistema poco conocido en el país, este es el llamado Sistema ErdoX, el cual presenta mejores rendimientos y menores costos con relación a otros sistemas (comparado principalmente con el sistema Terramesh).

El sistema de contención de taludes tipo ErdoX es nuevo en el Perú, el cual es conveniente para diversos casos en los que se presentan complicaciones por fallas de taludes, debido a que generalmente no se necesita transportar material de mejores características hacia la zona de falla, si no que el material usado como relleno es el mismo que ha sido retirado previamente, debido a que el sistema de 2 anclaje es el encargado de darle la estabilidad requerida al talud.

Además, otro factor importante es que, en la mayoría de casos de problemas de inestabilidad de taludes en carreteras, no se tiene que paralizar el tránsito durante la construcción del sistema, esto ayuda a disminuir el impacto social generado por el proyecto.

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el presente existen diferentes acontecimientos atmosféricos y transformaciones constantes inducidas por la actividad humana, con propósito de expandirse y descubrir nuevos espacios habitables, a fin de identificar zonas con estructuras, transporte de recursos y conexiones. En entornos urbanos, esto ha generado un deterioro de las características morfológicas del suelo, originando fallos en la estructura. En consecuencia, numerosos fragmentos de tierra han ocasionado la pérdida de vidas, áreas agrícolas dañadas y obstruidas vías, resultando en consecuencias de personas y recursos monetarios negativos. (Chata)

En nuestro país Perú, las pendientes son poco estables y emerge a modo de una preocupación que exige enfoques multidisciplinarios. Los gradientes en suelos y pendientes rocosas acarrearán serias repercusiones sociales, afectando negativamente los taludes y bases de estructuras preexistentes, lo cual requiere intervenciones en proyectos geotécnicos. Asimismo, obstaculizan carreteras y líneas ferroviarias, resultando en la pérdida de aproximadamente 107 vidas anuales. (Torres, 2016)

En consecuencia, es crucial realizar investigaciones exhaustivas y análisis detallados de los gradientes. La recopilación completa de datos acerca de las particularidades geomorfológicas, geológicas y topográficas clave del área estudiada es esencial. Esto permite abordar de manera realista y eficaz los problemas vinculados a la inestabilidad de las pendientes, facilitando un boceto preciso, análisis y diagnóstico subsiguiente.

La sugerencia para poder garantizar que el talud sea estable en la vía principal de San Rafael se da en resultado a la aplicación del método ErdoX. Previamente, en nuestro país, se utilizan sistemas similares conocidos con el nombre de andenes, que no sólo cumplían funciones agrícolas, sino incluso servían para la estabilización del suelo sin causar daños. A veces, la selección

de enfoques de protección alternativos no está relacionada con la conducta específica de los sustratos a consolidar, de modo que la propuesta opta por abordar una zona crítica propensa a movimientos de tierra. Se detalla el método de estabilización del sistema ErdoX, identificando la naturaleza del sustrato comprometido y describiendo la metodología de construcción necesaria para su implementación adecuada en la pendiente insegura de la zona de investigación. La sugerencia para poder garantizar que el talud sea estable en la vía principal de San Rafael se da en resultado a la aplicación método ErdoX.

1.2. FORMULACIÓN DE PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿De qué manera el modelo basado en el sistema ErdoX Influye en la estabilización de talud en la Carretera San Rafael - Huánuco?

1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO

- ¿De qué manera el modelo basado en el sistema ErdoX influye con respecto al Factor de Seguridad global en la estabilización del Talud en la Carretera San Rafael - Huánuco?
- ¿Qué parámetros afectan el factor de seguridad global en la estabilización del Talud en la Carretera San Rafael - Huánuco?
- ¿Cuál es el procedimiento constructivo que se debe seguir con el sistema ErdoX, para la estabilización del talud en Carretera San Rafael - Huánuco?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el modelo basado en la estabilización del talud mediante el Sistema ErdoX en la Carretera San Rafael - Huánuco.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar cómo el modelo basado en el sistema ErdoX influye con respecto al Factor de Seguridad global en la estabilización del Talud en la Carretera San Rafael – Huánuco.
- Determinar los parámetros que influyen en el factor de seguridad global en la estabilización en la Carretera San Rafael – Huánuco.
- Determinar el procedimiento constructivo que se debe seguir con el sistema ErdoX, para la estabilización del talud en la Carretera San Rafael - Huánuco.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEORÍA

Tiene la intención de utilizar el sistema ErdoX, para analizar la estabilización de taludes. Este estudio servirá para una investigación futura en la realización de esta investigación.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La sugerencia de adoptar un enfoque novedoso para estabilizar taludes, respaldada por beneficios económicos y constructivos comprobados según los antecedentes expuestos en el marco teórico, proporciona una solución práctica a los desafíos de deslizamientos en taludes. Este enfoque, caracterizado por una construcción mucho veloz en contraste con los métodos tradicionales, tiene el potencial de abordar de manera más eficaz los problemas de deslizamientos en la vía central Huánuco-Lima. La eficiencia de esta propuesta respalda plenamente la realización de nuestra investigación.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

El enfoque propuesto se fundamenta en áreas de estudio de lineadas en nuestra revisión teórica, que comúnmente se exploran a un nivel explicativo. En nuestra investigación, hemos planteado la puesta en práctica específica del sistema ErdoX para abordar un problema

concreto, lo cual constituye la esencia de nuestra propuesta. La metodología detalla cada paso necesario para evaluar el impacto del uso del sistema ErdoX. En este sentido, abarca tres aspectos cruciales: la medida integral de seguridad proporcionada por el sistema ErdoX, los elementos geotécnicos y geomorfológicos que afectan la firmeza del talud y se examinan las influencias externas que inciden en él, junto con los pasos constructivos correspondientes. Estos tres aspectos permiten recopilar, procesar y gestionar la información relevante, facilitando su accesibilidad para aquellos que lo consulten o utilicen como referencia en investigaciones subsiguientes.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

En relación con la muestra, aunque es verdad que la particularidad en la magnitud de nuestra muestra es evidente, la presencia de similitudes en cualidades hídricas, geológicas y topográficas en las inclinaciones de los terraplenes a lo largo de la carretera. En el en el área de Huánuco, Provincia de Ambo, Distrito de San Rafael, facilita la identificación de correlaciones y conclusiones relevantes en los hallazgos obtenidos. A pesar de esta limitación, es válido considerar que el tamaño de la muestra juega un papel crucial en un estudio numérico como el presente.

Dada la limitada cantidad de investigaciones previas sobre el tema, como se evidencia en el resumen de antecedentes, podemos inferir que el análisis del uso del sistema ErdoX para prevenir movimientos de tierra en laderas de carreteras ha recibido una atención limitada. (Arteaga, 2017)

La PUC en el año 2017, elaboró una tesis que introdujo y recomendó la implementación del sistema mencionado

Desde ese momento, han sido escasas las investigaciones continuando explorando esta línea de investigación, lo que representa un desafío adicional debido a la escasa atención recibida.

Del acceso, a la naturaleza de nuestra muestra de investigación, que abarca la inclinación de la vía es fundamental destacar las posibles amenazas y riesgos vinculados con las laderas inestables

En última instancia, se debe reconocer que la realización de este estudio durante la temporada de verano, sin lluvias, podría considerarse como una limitación. Esta elección temporal podría no permitir abordar de manera óptima la dificultad de los movimientos de tierra en laderas, ya que estos suelen ser principalmente provocados por las precipitaciones pluviales.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La factibilidad del estudio radica en su importancia para la estabilización de pendientes utilizando la implementación del sistema ErdoX.

Es viable para los futuros investigadores que buscan información relacionada al tema.

Es viable porque se mejorará a la hora de elaborar un expediente técnico.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Valladares, (2015), realizó la investigación: "Estabilidad de Taludes con Anclas", concluyó que antes de recomendar un sistema de aferrado al suelo o roca, es decisivo desarrollar un estudio de estabilidad para evaluar la capacidad de la estructura en cuestión para sostenerse por sí misma.

En situaciones de capacidad insuficiente, la introducción de amarre sirve para proporcionar fuerzas estabilizadoras externas, logrando un agente estable aceptable contra ciertos tipos de fallos. El análisis de estabilidad del conjunto que incluye el punto de anclaje y el suelo estabilizador es esencial una vez definida la geometría del anclaje. El propósito de la detención/amarre de tensión es mantener los desplazamientos del suelo y estructuras asociadas, especialmente los desplazamientos horizontales, dentro de límites aceptables, asegurando la fijación segura de la bola del ancla y manteniendo la tensión en el ancla durante toda su vida.

Aunque los métodos mencionados se centran en estabilizar pendientes mediante anclajes, se sugiere que las direcciones de investigación futuras podrían explorar el desarrollo de procedimientos adicionales para garantizar seguridad de las pendientes utilizando otros métodos citados en la literatura.

El artículo brinda pautas para utilizar el programa SLIDE 6.0, destacando la necesidad de una evaluación precisa de los riesgos de estabilidad en desarrollo de proyectos viables.

En cuanto al estudio de R. Gallardo, T.E. Guerrero y A. McGregor, "Investigaciones geotécnicas en la zona de San Fermín, Norte de

Santander (Colombia)", se busca lograr la estabilidad de la pendiente. El artículo expone los principios básicos de la ingeniería geotécnica, métodos para realizar cálculos geotécnicos y describe los componentes principales en detalle. Las respuestas incluyen una matriz de correlación que examina los elementos clave que afectan la estabilidad y los procesos de construcción.

En resumen, destaca la prevalencia de las margas en las laderas y la carencia de comprensión de su nivel de riesgo, relacionándose con la investigación actual al analizar los componentes que influyen en la estabilidad y proponer dimensiones variables.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONAL

Heredia, (2018) "Comparación técnica para la estabilización de taludes mediante muros de contención de gaviones y muros de contención tipo paraguas en la vía adyacente Potrerillo-Siete de Junio en la zona de Japelacio" – Moyo 2017 Bamba de San Martín, presentado como parte del programa de capacitación en ingeniería de la Facultad Técnica Cesar de la Universidad de Vallejo en Trujillo.

Urteaga, (2017), realizó un estudio en la ciudad de Lima evidenció la alta eficacia de este enfoque, destacando diversos beneficios. En la pluralidad de los casos, aborda eficazmente la falta de estabilidad en pendientes, atribuible a factores como su mínimo impacto ambiental, posibilitando la restauración de la vegetación exterior en la mayoría de las situaciones. Además, ofrece una considerable reducción de costos, aproximadamente un tercio del precio de sistemas comparables como Terramesh, junto con un rendimiento superior, siendo hasta tres veces más eficiente.

La adaptabilidad del sistema es notable, permitiendo su utilización en diversas aplicaciones, como muros de contención, revestimientos, rompeolas, disipadores de energía, entre otros. Un aspecto significativo es su capacidad para minimizar el impacto en la comunidad, especialmente en proyectos cercanos a infraestructuras críticas como

carreteras, eliminando la necesidad de cierres totales de carreteras durante la ejecución del proyecto.

En muchos casos, se emplean elementos locales para el relleno, eliminando la necesidad de importar materiales de alta calidad de otras áreas. Este enfoque no solo conlleva importantes ventajas económicas y de tiempo, sino que también reduce el impacto ambiental asociado al transporte de elementos al sitio del proyecto. La estabilidad se logra de manera inmediata después de llenar o compactar la estructura, lo que aumenta la eficiencia constructiva.

El estudio de César Augusto Urteaga Posadas, busca popularizar el sistema erdox, comparándolo con otros métodos de estabilización de pendientes como rejilla de tierra, concreto y muros autoperforantes. Se destaca su reproducción facilitada y menor impacto ambiental, especialmente al utilizar el material de excavación local.

La tesis de Jonathan García, "Estabilidad de Taludes y Accesibilidad de Carreteras Longitudinales en la Provincia de Sierra de Jota-Cajamarca, 2017", se enfoca en la introducción de muros de gaviones, demostrando su practicidad y seguridad en comparación con otros sistemas.

Asimismo, Zúñiga (2019) aborda la importancia del uso de gaviones para estabilizar taludes, destacando sus beneficios en términos de robustez y permeabilidad, especialmente en el drenaje del área

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Bustillos (2019). Cuya investigación es "Análisis bidimensional de estabilidad del talud en la falla geológica por el método de equilibrio límite de la progresiva KM 37/700 al KM 37/800 (RUTA NACIONAL PE/18ª) en pachachupan, 2018. en el cual busca determinar los parámetros que afectan la estabilidad del talud y la influencia de la falla geológica se realizó los estudios: topográfico, hidrológico, geológico, geotécnico y de amenaza y riesgo.

En la pluralidad de los casos, aborda eficazmente la falta de estabilidad en pendientes, atribuible a factores como su mínimo impacto ambiental, posibilitando la restauración de la vegetación exterior en la mayoría de las situaciones. Además, ofrece una considerable reducción de costos, aproximadamente un tercio del precio de sistemas comparables como Terramesh, junto con un rendimiento superior, siendo hasta tres veces más eficiente.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

La resolución de problemas de estabilidad implica considerar ecuaciones que rigen las propiedades del suelo y las relaciones constitutivas. Las ecuaciones de campo se centran en el equilibrio, mientras que las correlaciones explican el comportamiento de la Tierra. En casos de suelos húmedos de dos fases, el análisis de ecuaciones equilibradas se complica.

Dado el comportamiento no lineal y las tendencias anisotrópicas de la Tierra, formular leyes constitutivas generales es casi imposible, incluso con deformaciones mínimas. Además, el comportamiento del suelo no solo depende del esfuerzo cortante sino también de la carga normal. Frente a estos desafíos, se proponen supuestos que simplifican el análisis.

Al considerar que el aguante de la tierra determinada particularmente por factores de cohesión y rozamiento emplea un método de constitución abreviada, como un modelo rígido maravillosamente plástico que es coherente para el suelo y la plasticidad. En algunos casos, las ecuaciones de equilibrio se cumplen parcialmente, lo que lleva a evaluar la aplicabilidad del criterio de falla de Mohr-Coulomb.

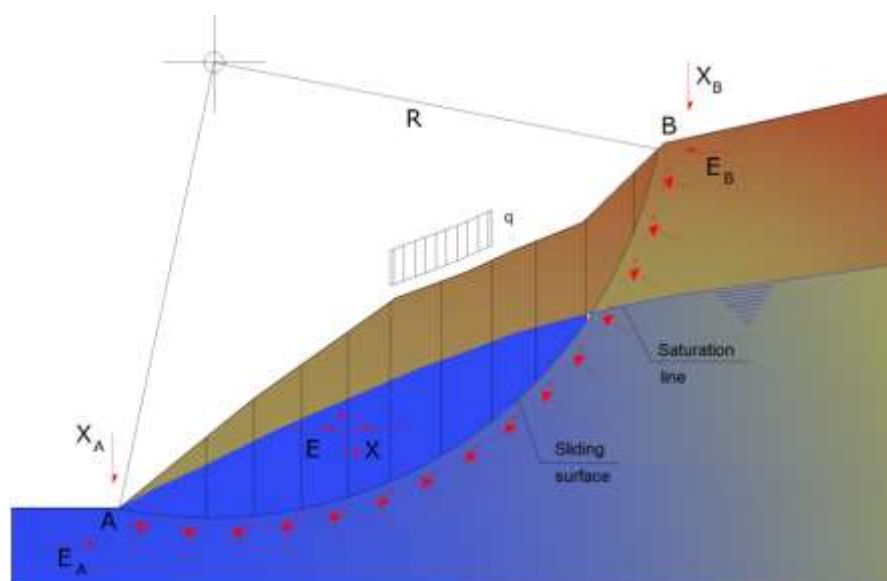
2.2.2. MÉTODO DEL EQUILIBRIO LÍMITE (LEM)

Sistema de estabilidad con margen que implica analizar la estabilidad de un objeto inflexible con un espacio de escurrimiento de diversas formas. Se calcula el esfuerzo cortante en este equilibrio (T) comparándolo con el aguante utilizable (T_f) conforme la norma de Coulomb, evaluando la estabilidad mediante un elemento de protección.

En estos métodos, algunos toman en cuenta la estabilidad general del objeto inflexible, como Culman, mientras que otros dividen el cuerpo rígido en segmentos para analizar la estabilidad de cada uno, abordando la falta de homogeneidad, como Yanbu, Bishop, Felenius, entre otros.

Figura 1

Sección de Cálculo de Talud



Nota: Representación de una sección de cálculo de talud

2.2.3. MÉTODO DE LAS REBANADAS

La cantidad de material fácilmente separable se divide en un número adecuado de discos. Y a que la cantidad de capas es n , el problema involucra próximas variables desconocidas:

n constantes correspondientes a la fuerza ordinaria N_i en la parte inferior de cada disco.

El valor correspondiente a la fuerza de corte T_i en la parte inferior del disco, donde n es el número de valores mencionados.

En la conexión entre discos $(n-1)$, fuerza normal E_i , donde n es el valor correspondiente a dicha fuerza.

$(n-1)$ fuerza tangencial X_i de intersección de discos.

n valores que indican la ubicación del punto de uso de E_i .

$(n-1)$ valores que indican los puntos eje de empleo X_i .

Una cantidad desconocida expresada como F .

El número total de incógnitas es $(6n-2)$.

Las ecuaciones disponibles son:

Ecuación (n) que rige el equilibrio de momentos.

Ecuaciones que rigen el equilibrio del desplazamiento vertical (n) .

(n) ecuación que rige el equilibrio traslacional horizontal.

Ecuaciones según el criterio de discontinuidad (n) .

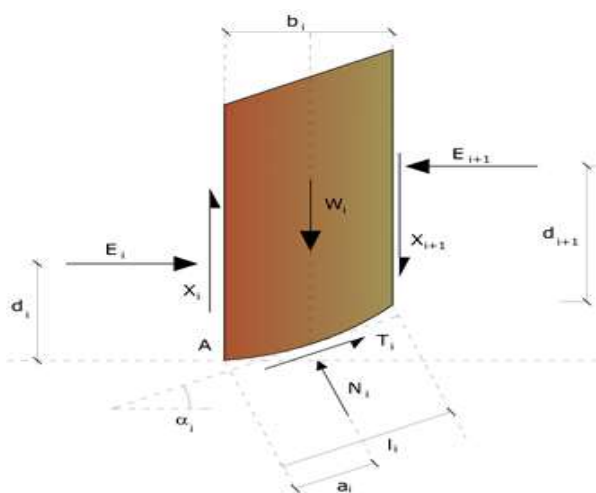
En resumen, hay un total de $4n$ ecuaciones. La naturaleza de la incógnita incierta, y el grado de incertidumbre se determina mediante:

$$i = (6n-2) - 4n = 2n-2.$$

Suponiendo que N_i actúa al medio del borde, el número de incertidumbres se reduce a $(n-2)$, lo que muestra una distribución uniforme de la tensión normal total. Los diversos métodos derivados de la teoría del equilibrio límite difieren en cómo manejan estas $(n-2)$ incertidumbres.

Figura 2

Acciones rebanada



2.2.4. MÉTODO DE FELLENIUS (1927)

Al emplear esta metodología (aplicable únicamente a desplazamientos circulares), se excluyen las fuerzas entre las tiras, lo que reduce las incógnitas:

n constantes de la fuerza normal N_i .

n c de la fuerza de corte T_i .

Los problemas que se pueden usar comprenden:

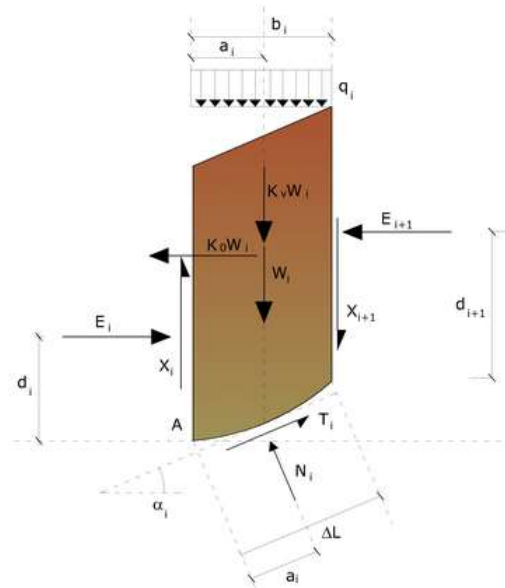
La ecuación de la constante de protección (F) es:

$$F = \frac{\sum [c_i \cdot l_i (W_i \cdot \cos \alpha_i - u_i \cdot l_i) \cdot \tan \phi_i]}{\sum \sin \alpha_i}$$

De la fórmula se ha comprobado que arroja reservados resultados, especialmente para superficies profundas, al proporcionar factores de seguridad bajos.

Figura 3

Método de Fellenius (1927)



Fuente: (Catanzariti, 2016)

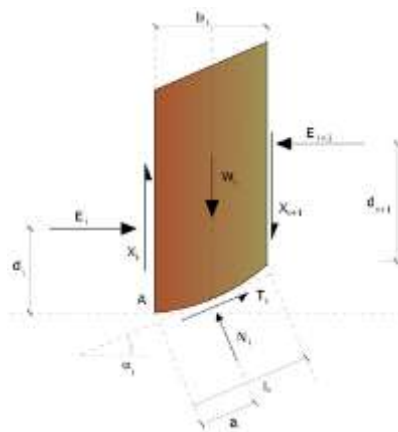
2.2.5. MÉTODO DE BISHOP (1955)

El primer enfoque para abordar los problemas vinculados a los métodos convencionales considerando la mayoría de las energías que interviene sobre bloquetas. Las ecuaciones empleadas para resolver la problemática son:

- La suma de las fuerzas en sentido vertical ($\Sigma F_y=0$).
- La suma de los momentos respecto a un punto ($\Sigma M_0=0$).

Figura 4

Metodo de Bishop (1955)



Fuente: (Catanzariti, 2016)

2.2.6. MÉTODO DE JANBU (1967)

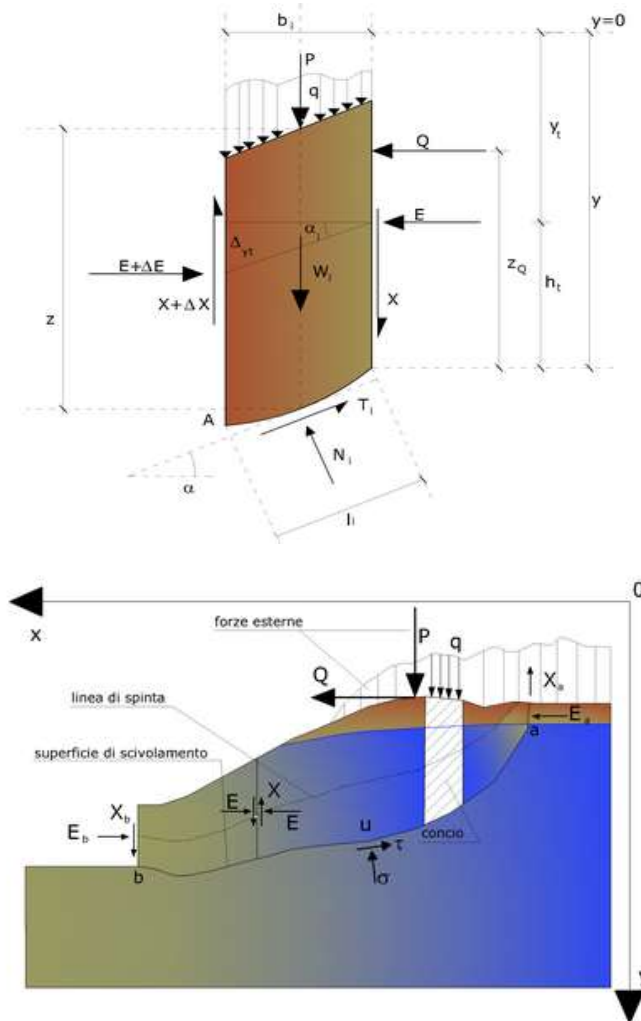
El método de Janbu, propuesto por el ingeniero noruego Bjerrum Janbu en 1967, es un enfoque utilizado en geotecnia para evaluar la estabilidad de taludes.

Janbu desarrolló este método como una propagación del método de círculo de fricción sugerido por Taylor, anexar consideraciones más detalladas sobre la repartición de fuerzas y tensiones en un talud.

$$F = \frac{\sum_i [c_i \cdot b_i (W_i - u_i \cdot b_i \Delta X_i) \cdot \tan \phi_i] \cdot [\sec^2(\alpha_i) / (1 - \tan \alpha_i \cdot \tan \phi_i / F)]}{\sum_i W_i \cdot \tan \alpha_i}$$

Figura 5

Método de Janbu (1967)



Fuente: (Catanzariti, 2016)

Janbu también sugirió un método para ajustar el elemento de cuidado obtenido mediante métodos convencionales, en el caso de que:

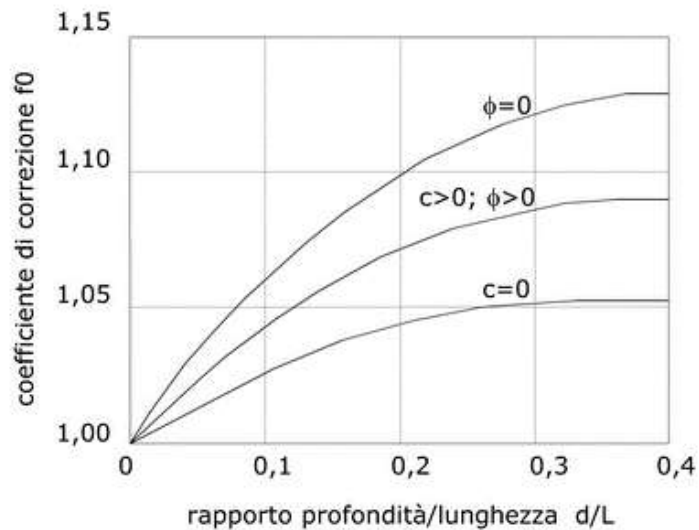
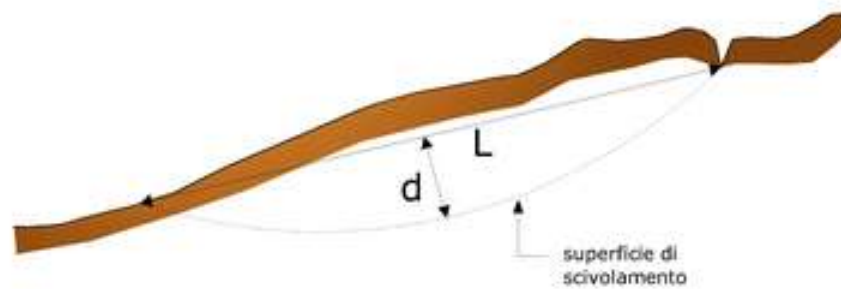
$$\Delta X_i = 0$$

$$F \text{ corregido} = f_0 \cdot F$$

Esta corrección resulta especialmente confiable en pendientes con moderada inclinación, donde f_0 experimenta variaciones en función, dicha información puede representarse de manera visual mediante tablas y gráficos.

Figura 6

Método Ordinario



Fuente: (Catanzariti, 2016)

2.2.7. MÉTODO DE BELL (1968)

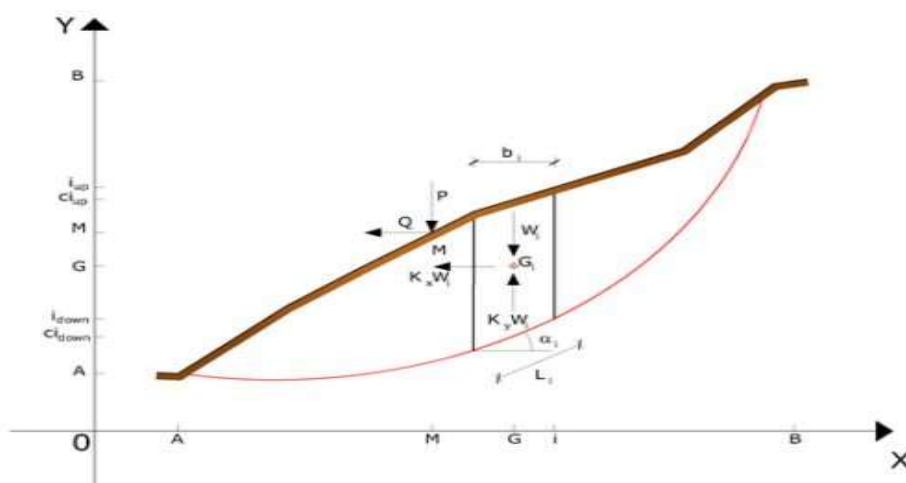
Una extensión del enfoque del círculo de fricción de Taylor, analiza las fuerzas que afectan al cuerpo deslizante. Se consideran los efectos de la tensión normal total y en el plano de deslizamiento potencial, incorporando la resistencia del suelo mediante la tensión efectiva y la presión de poro.

Se determina la fuerza cortante el asentamiento de cada disco mediante la ley de Mohr-Coulomb, considerando cohesión efectiva, tensión normal total y sobrepresión de poros.

Este método facilita una evaluación detallada de tensiones y fuerzas en cada disco, crucial para comprender la interacción de factores.

Figura 7

Método de Bell (1968)



Fuente: (Catanzariti, 2016)

La expresión de energía cortante en el *i*-ésimo segmento se formula como:

$$T_i = [c_i \cdot L_i (N_i - u_{ci} \cdot L_i) \cdot \tan \phi_i] / F$$

Con *F* como el factor de seguridad. Involucra parámetros adicionales como *c_i* (cohesión efectiva o total en la parte inferior del *i*-

ésimo segmento), ϕ_i (ángulo de fricción efectivo en el disco i , asumiendo $\phi_i=0$ para cohesión total), L_i (medida del cimientado i -ésimo segmento) y u_{ci} (aplastamiento en los poros en el centro inferior del i -ésimo disco).

El equilibrio se logra al establecer en cero la fuerza horizontal, la adición de energías lineales y la adición de acciones o momentos que se dan en el inicio. Consideran cambios en la fuerza normal sobre la superficie de deslizamiento potencial, expresados por:

$$\sigma_{ci} = [C_1 \cdot (W_i \cdot \cos \alpha_i) \cdot (1 - K_z) \cdot /L_i] + C_2 \cdot f(x_{ci}, y_{ci}, z_{ci})$$

En el que el primer término refleja la tensión normal total en el método de corte convencional y el segundo término es una función definida en términos de las coordenadas de abscisa de la superficie de deslizamiento y el i -ésimo disco.

Desarrolla una solución iterativa con un valor similar a factores defensivos en el interior de un rango sensato, y la magnitud de alteraciones será determinada por la valorización de origen y exactitud que se requiere, pero en general, el desarrollo se da de modo veloz.

2.2.8. MÉTODO DE SARMA (1973)

La táctica de Sarma se presenta como una aproximación comprensiva y sencilla para evaluar la estabilidad de taludes, donde se establece la apreciación sísmológica yacente indispensable para poder lograr el equilibrio límite en una extensa área del terreno acotado de superficies de escurrimiento y perfiles topográficos. Además, facilita la determinación de una aceleración crítica (K_c) y brinda la posibilidad de alcanzar un factor de seguridad mediante enfoques geotécnicos convencionales.

Este método se fundamenta en los principios de equilibrio extremo y tirante. Se parte de la premisa de que el balance de masa potencial del deslizamiento puede dividirse en n tiras rectas con una medida bastante chico de suponer que la tensión normal N_i se lleva a cabo al medio de

soporte conforme a la tira. Los problemas clave a considerar son las de equilibrio para el desplazamiento yacente y vertical de cada disco, junto con la ecuación de equilibrio de momentos.

Adicionalmente, asumiendo que no hay energías superficiales, se establece:

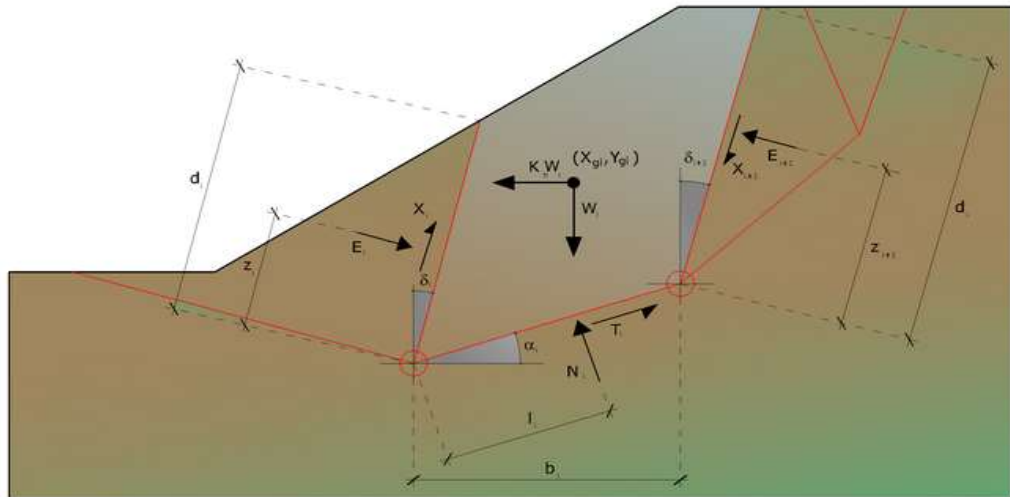
$$\sum \Delta E_i = 0$$

$$\sum \Delta X_i = 0$$

Aquí, E_i y X_i se depositan energías yacentes y lineales sobre el disco universal i , respectivamente. Dado que se trata del área de gravedad. como punto de referencia, se formula la formulación de equilibrio de momentos. El método de Sarma, se resuelve el problema al obtener la solución a partir de dos ecuaciones.

Figura 8

Método de Sarma (1973)



Fuente: (Catanzariti, 2016)

Realización de operaciones en la sección i mediante el método de Sarma:

$$\sum \Delta X_i \cdot \tan(\psi_i - \alpha_i) \sum \Delta E_i = \sum \Delta i - K W_i$$

$$\sum \Delta X_i \cdot [(y_{mi} - y_G) \cdot \tan(\psi_i - \alpha_i) (x_{mi} - x_G)] = \sum W_i \cdot (x_{mi} - x_G) \sum \Delta i - (y_{mi} - y_G)$$

La respuesta en este caso, sin embargo, es exactamente la contraria: la verdadera dificultad está encontrarlo, descubrir la constante K, específicamente al identificar la aceleración la constante K, específicamente en identificar la aceleración K relacionada con el F_s , $F=1$, o el ac. Como consecuencia:

Aceleración crítica cuando $K=K_c$ $F=1$

$F=F_s$. Factor de confiabilidad en condiciones estáticas si $K=0$.

La segunda fase del desafío en el método de Sarma implica determinar la distribución de los elementos internos X_i y E_i . Para comprobar la estabilidad de los discos y la masa total, asegurando que no se infrinja el criterio de error. Se concluye que se puede alcanzar una solución aceptable para este problema mediante la distribución de las fuerzas X_i de la siguiente manera:

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot (Q_{i+1} - Q_i)$$

Q_i es una función reconocida que tiene como sugerencia las reglas geológicas promedias en la i -ésima superficie del segmento i , y λ representa la incógnita. Después de varias iteraciones, se logra una solución completa al problema utilizando las constantes de K_c , λ y F , lo que también facilita la obtención de la distribución de energías en las tiras.

2.2.9. ESTABILIDAD DE TALUDES

La teoría de que las pendientes sean fijas dedica al estudio de la posible estabilidad o inestabilidad de las pendientes en proyectos de ingeniería o construcción civil. Este aspecto está estrechamente vinculado con la ingeniería geotécnica. La comprensión del comportamiento de los taludes frente a posibles fallas tiene consecuencias significativas para la excavación y la seguridad (in situ) y del taller que proporcionen una descripción precisa de las propiedades del área y del fallo. (Herrera, F. GEOTECNIA 2000, p3).

La inseguridad en las pendientes puede originarse por distintas causas, entre ellas se pueden observar:

Factores geológicos: presencia de pendientes potencialmente poco estables, variaciones topográficas, estratificación, meteorización, etc.

Alteraciones en el nivel del agua: condiciones estacionales o actividad humana.

Influencia de la ingeniería: rellenos o excavaciones asociadas a construcción y minería.

También depende de factores como la resistencia de los materiales a los que están expuestos, las cargas a las que se ven sometidos y la presencia de discontinuidades. Las pendientes pueden estar compuestas por rocas o suelo, y cada tipo suele abordarse de manera distinta en los estudios.

2.2.10. TIPOS DE INESTABILIDAD

Desprendimientos o desplomes

Son desplazamientos inestables que resultan de la ausencia de soporte y que implican una cantidad reducida de suelo. Con frecuencia, se trata de rocas que se desprenden pendiente abajo debido a la pérdida de soporte. Un deslizamiento de tierra o colapso puede involucrar el derrumbe de una columna de roca en la masa rocosa debido a la erosión en la base. Estos fenómenos pueden ser de origen natural o generarse de manera artificial.

Corrimientos

Se refiere a desplazamientos que impactan amplias áreas de terreno. Un caso particular de deslizamiento de suelo es aquel en el cual una extensa porción de suelo o una región inestable se deslizan sobre una superficie o área de grosor reducido en comparación con una región estable.

2.2.11. TIPOS DE FALLAS MÁS COMUNES EN LA ESTABILIDAD DE TALUDES DE LAS VÍAS TERRESTRES

En primer lugar, identificar las condiciones que afectan principalmente a las pendientes naturales en contraste con aquellas que ocurren principalmente en las pendientes construidas artificialmente:

Factores Geomorfológicos

Configuración topográfica en las proximidades de la pendiente.

Interrupciones y disposición de capas.

Factores Internos

Condición de las actividades y las fuerzas aplicadas.

VARIABLES CLIMÁTICAS, ESPECIALMENTE LAS RELACIONADAS CON LAS AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS.

En primer lugar, es crucial diferenciar entre los riesgos que primordialmente afectan a las pendientes naturales y aquellos que afectan principalmente a las pendientes artificiales.

Desafíos vinculados con la estabilidad inherente de taludes.

Este grupo abarca los fallos que suelen manifestarse en taludes naturales, aunque ocasionalmente también puedan ocurrir en taludes construidos.

La inclinación de dicha pendiente debe ser suficientemente suave y/o su altura lo bastante reducida para mantener su estabilidad.

La inclinación posterior a detenerse es la máxima permitida para que el material permanezca estable, denominada ángulo de reposo. La inclinación promedio del talud se asemeja al ángulo de reposo cuando el material se vierte directamente.

Desplazamiento superficial causado por una resistencia inadecuada debida a baja presión de confinamiento (fluencia)

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Deslizamientos: Este fenómeno tiene lugar cuando una extensa porción de suelo pierde estabilidad y se desplaza más allá de una región estable a lo largo de una capa delgada de suelo.

Detritos: Hace referencia a la obtención de productos al fragmentar sólidos en partículas de menor tamaño.

Eficiencia: Se trata de una teoría que examina la estabilidad o potencial falta de terrenos con pendiente inestable.

Estabilidad de Talud: Se trata de una teoría que examina la estabilidad o potencial falta de terrenos con pendiente inestable.

Erosión: El desgaste de la superficie del terreno provocado por la actividad geológica del aire, las precipitaciones, oceánicas y glaciares, así como las acciones de los organismos vivos.

Evaporación: Se describe como un fenómeno físico en el que se produce de manera gradual y lenta la transición de un estado líquido a uno gaseoso, generando la energía necesaria para vencer la tensión superficial.

Geotecnia: Como rama de la geología aplicada, se enfoca en examinar la composición y características de la tierra, especialmente en áreas donde se llevan a cabo construcciones y proyectos de obras públicas.

Huaico: Se conoce como corriente de lodo o flujo de barro, variando según la proporción de barro y sedimentos que lleva consigo.

Infiltración: Dentro del estudio de la tierra, se trata de una evaluación de la velocidad con la que la tierra absorbe la lluvia o el riego, expresada en unidades como pulgadas por hora o milímetros por hora.

Ladera: La inclinación de una colina o la elevación del terreno en ambos lados.

Nivel Freático: Por lo general, coincide con el nivel freático o la capa superior del acuífero.

Resistencia a la Compresión: La carga máxima que se puede resistir bajo una fuerza de compresión.

Aguante de ruptura: Conocida también como patrón de rotura o resistencia a la flexión, esta característica del material se evidencia entre la tensión generada antes de ceder durante una prueba de deformación.

Régimen Pluviométrico: Se refiere al patrón de precipitaciones, promediando la cantidad total de precipitación (incluyendo lluvia, nieve y granizo, convertidos a milímetros de lluvia) recopilada durante un largo período de tiempo prolongado.

Sistema ErdoX: Se trata de establecer una conexión en la base del talud y disponer cables fijos para construir el muro ErdoX. Este muro, actuando como una red, generaría un confinamiento del sendero vertical del terreno compactado natural. Este proceso, a su vez, eleva el terreno y proporciona estabilidad a la pendiente característica.

Sistema Terramesh – Maccaferri: Se trata de un sistema modular flexible utilizado en proyectos de refuerzo de terrenos, como muros reforzados mecánicamente, refuerzo de taludes y refuerzo de suelos.

Sus aplicaciones incluyen usos comerciales e industriales, utilizados en la construcción de carreteras, control de la erosión y estabilización de riberas de ríos.

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La aplicación del sistema Erdox influye en la estabilización del talud en la Carretera San Rafael - Huánuco.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La aplicación del sistema ErdoX influye con respecto al factor de seguridad global en la estabilización del Talud en la Carretera San Rafael - Huánuco.
- Los parámetros morfológicos influyen en el factor de seguridad global en la estabilización del Talud en la Carretera San Rafael - Huánuco.
- El procedimiento constructivo será convencional en la estabilización del talud con el sistema Erdox en la Carretera San Rafael - Huánuco.

2.5. . VARIABLES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Estabilización de Talud.

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Modelo Basado en el Sistema ErdoX

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

Operacionalización de Variables

<i>VARIABLE</i>	<i>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</i>	<i>DIMENSIONES</i>	<i>INDICADORES</i>
VARIABLE DEPENDIENTE: Modelo Basado en el Sistema ErdoX	Un método de muro de anclaje por sus dimensiones, acero piramidal de un solo anclaje que es liviano, preensamblado y fácil de instalar.	PROPIEDADES DEL SISTEMA ErdoX	Panel Frontal
			Viga metálica
			Tirante rígido
			Cable de Contraviento
VARIABLE INDEPENDIENTE Estabilización de Talud.	La geotécnica integral se aplica a cualquier tipo de talud, ya sea terraplén, excavación, corte u otro, y que pueda adicionar un equilibrio, sin poner en peligro el entorno natural.	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	Placa de anclaje de Anclaje
			Procedimiento constructivo Convencional
			Factor de Seguridad Global >1.5 - Estable
			Factor de Seguridad Global >1.5 - Inestable
		FACTOR DE SEGURIDAD GLOBAL	
		FACTORES GEOMORFOLÓGICOS	Pendiente Angulo de inclinación Erdox Longitud

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

Se trata de una perspectiva cuantitativa

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Método adoptado en este estudio se identifica como Descriptivo-Correlacional. Se categoriza como Correlacional debido a su objetivo de establecer posibles conexiones entre la implementación del programa Erdox (considerado como la variable independiente) y las mejoras en la estabilidad de los taludes (considerada como la variable dependiente).

En este nivel de investigación, la finalidad es entender la magnitud de la relación o asociación que pueda surgir entre varias ideas, categorías o variables en un contexto o muestra específicos, según lo planteado por Hernández en su obra "Técnicas para la investigación" (2013, p. 93)

Asimismo, el enfoque de este estudio se encuadra dentro del Nivel Descriptivo.

3.1.3. DISEÑO

Este estudio, de diseño no experimental, se puede apreciar que se realizó mediante la contemplación, medición y observación en parámetros de taludes inestables, sin manipulación intencional de variables.

Adopta una perspectiva prospectiva al medir y analizar actualmente los parámetros para anticipar posibles efectos futuros, con el objetivo de proponer opciones de estabilización y mejorar el factor de seguridad.

En cuanto a la evolución del fenómeno estudiado, sigue un enfoque transversal, recolectando y midiendo los hallazgos de la variable independiente en una única instancia antes de hallar el elemento de protección variable dependiente.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población en consideración es la ubicada a lo largo de la Carretera San Rafael - Huánuco.

3.2.2. MUESTRA

Las pendientes ocurren con frecuencia, deslizamientos de tierra lo cual es consistente con los objetivos de la investigación.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. TÉCNICA

La recaudación principal se lleva a cabo mediante la observación en Campo, abarcando levantamientos de datos topográficos y geológicos, junto con observaciones directas. Este procedimiento se ejecuta mediante el uso de herramientas mecánicas y electrónicas, como equipos y cuadernos de campo.

3.3.2. INSTRUMENTO

De topografía

Cinta métrica

Cuaderno de registro topográfico

Aparato electro-óptico

Videocámara

Equipo de Geología

Análisis de tamaño de partículas

Prueba de punto de consistencia líquida

Prueba de punto de consistencia plástica

Prueba de porcentaje de humedad

Prueba de cizallamiento directo.

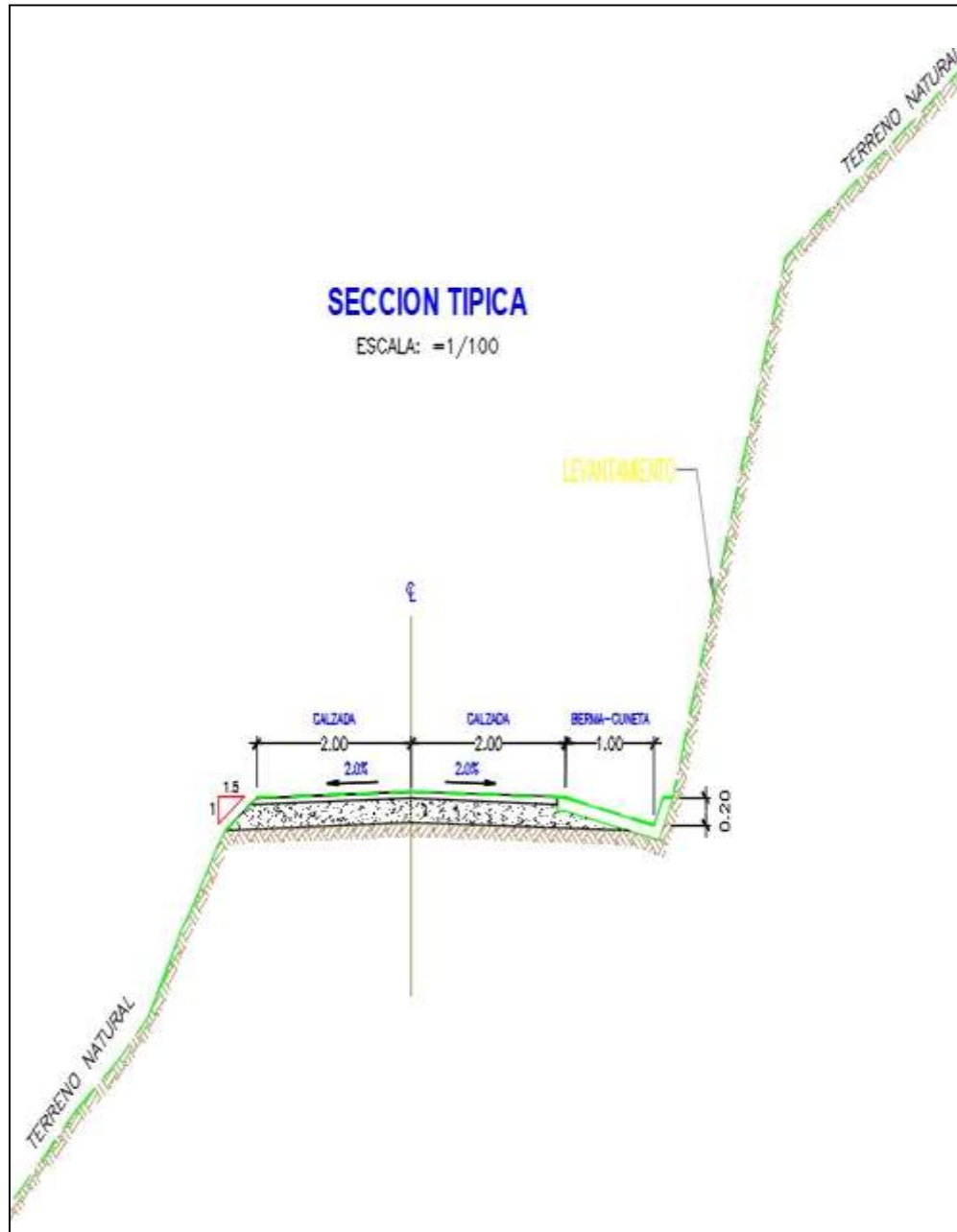
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.4.1. RECOLECTAR DATOS

La zona de análisis se encuentra en la Carretera Central Huánuco, en el distrito de San Rafael, provincia de Ambo, departamento de Huánuco.

Se seleccionó este talud debido a la presencia recurrente de deslizamientos y desprendimientos de rocas, especialmente durante la temporada de lluvias, lo que afecta y ocasiona interrupciones en el tráfico de las carreteras.

Figura 10
Sección Típica



Adjuntando cada plano de planta, alzado y sección progresiva al último capítulo de este trabajo. Estos resultados serán fundamentales para llevar a cabo el modelado de software y realizar el análisis de estabilidad de las pendientes.

4.2. ANÁLISIS GEOLÓGICO

4.2.1. GRANULOMÉTRICO

El análisis granulométrico es esencial para organizar la tierra en proyectos de ingeniería. La información resultante se presenta de manera detallada para evaluar la aceptabilidad del suelo en obras de construcción sobre él.

Figura 11

CURVA GRANULOMÉTRICA

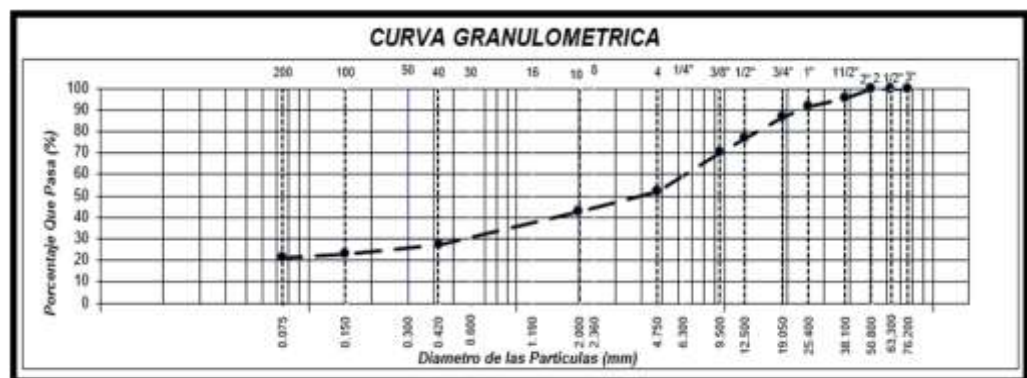


Figura 12

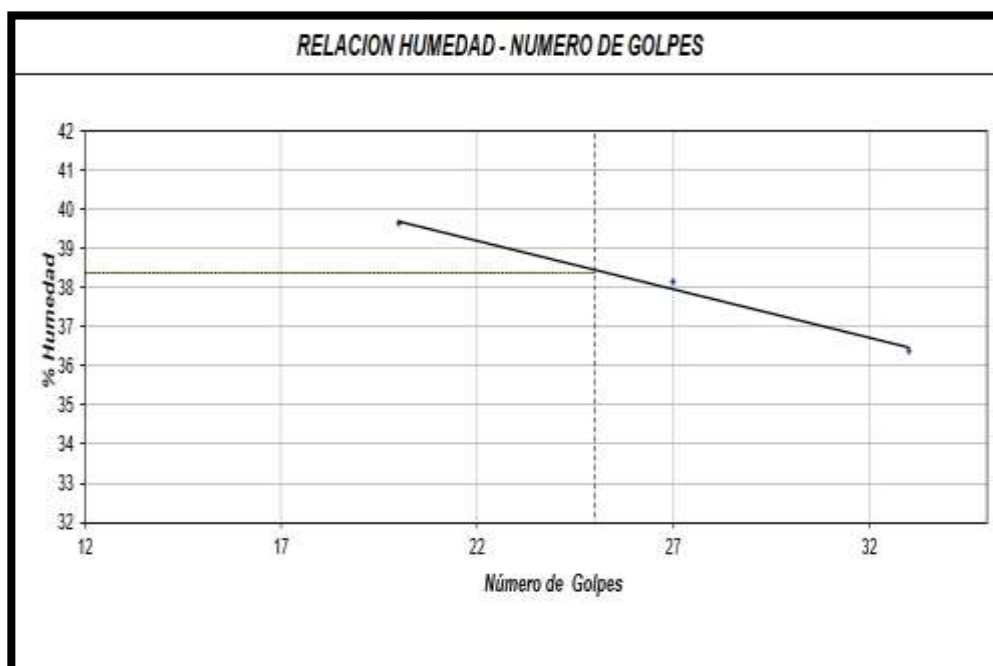
ENSAYO DE ANÁLISIS DE GRANULOMÉTRICO



En cuanto al reparto de tamaño de partícula se observa un 47.9% de grava, un 30.8% de arena y un 21.2% de fin

Figura 13

Contenido de Humedad



La muestra presenta un límite líquido del 38.0%, un límite plástico del 22.0%, y un índice de plasticidad de 16.0%. Visualmente, la muestra exhibe un tono de marrón medio.

Tabla 2

Clasificación de materiales

EMPLEABILIDAD	SÍMBOLO DE GRUPO	SÍMBOLO DE GRUPO
<i>Con fines de cimentación (SUCS)</i>	<i>GC</i>	<i>Grava arcillosa con arena</i>
<i>Con fines de pavimentación (AASHTO)</i>	<i>A - 2 - 6</i>	<i>Grava Arcillosa</i>

En los Anexos, se incluyen los resultados del laboratorio del ensayo de granulometría, junto con fotografías que documentan el procedimiento.

Figura 14

Ensayo de Limite de Plasticidad



4.2.2. CONSISTENCIA

La consistencia de un elemento se define como la relación de su peso y magnitud. En este caso, el valor obtenido de la densidad fue de 1639.5 kg/m³. Los resultados y detalles del ensayo de densidad se encuentran en el capítulo de Anexos, junto con fotografías que documentan el proceso.

4.2.3. CORTE DIRECTO

En este proceso, la muestra se coloca en un recipiente cuadrado o circular dividido en dos partes. Luego, se permite que una de las mitades se desplace en relación con la otra, provocando la ruptura de la muestra a lo largo del plano entre ambas mitades. Este método proporciona una manera rápida de realizar pruebas, permitiendo la ejecución de múltiples ensayos en un corto período.

- Resistencia cohesiva: 0,37 kg/cm²
- Ángulo de resistencia al rozamiento: 38,14°

Figura 15

Resultado del ensayo de corte directo

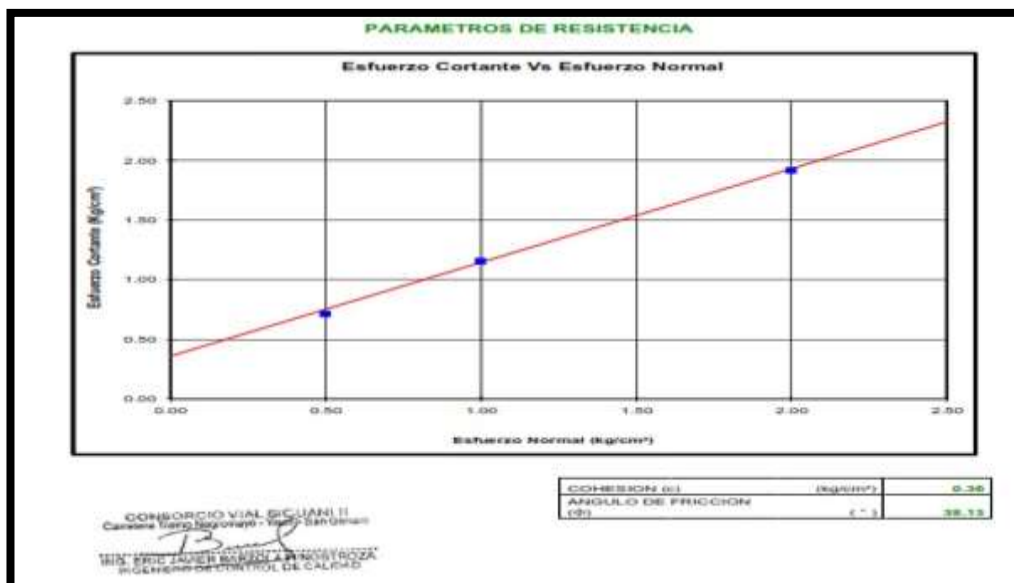


Figura 16

Ensayo de corte directo



Los Anexos, se incluye las respuestas de sección rectilínea realizado en el laboratorio, acompañado de imágenes que documentan el procedimiento.

4.3. HALLADO DEL ELEMENTO DE PROTECCIÓN DE LA PENDIENTE CON EL PROGRAMA V 6.0 SLIDE

Cuando las pertenencias se han establecido las dimensiones de la tierra, se muestra una pendiente en el sistema para determinar su factor de seguridad.

4.3.1. DESCRIPCIÓN DE PROPIEDADES DE MATERIALES

Es fundamental determinar los límites del talud al introducir coordenadas y asignar propiedades a los materiales.

Figura 17

Definición propiedades en el Slide V6.0

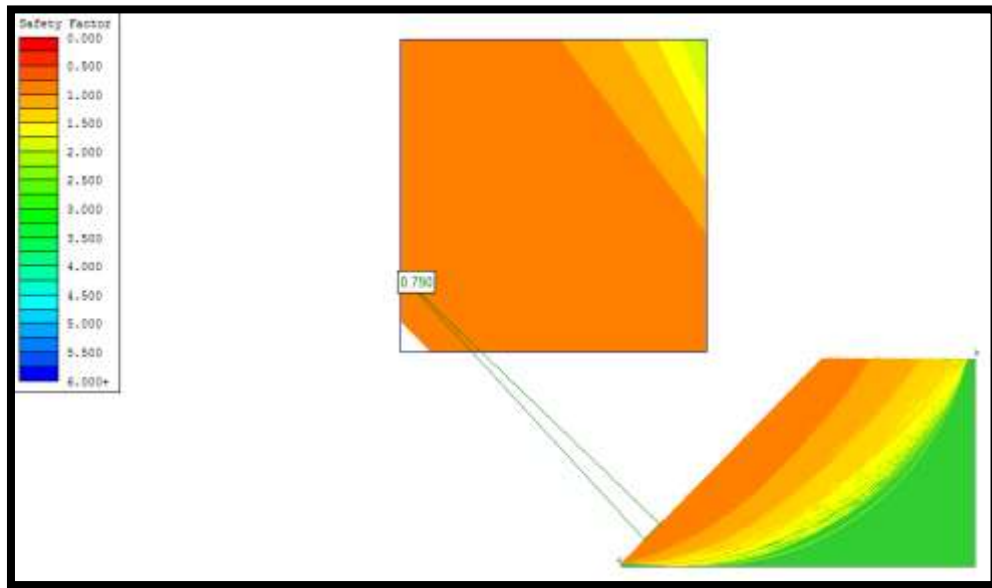


4.3.2. ÁREA DE FALLA

Identifica el área Del problema y se interpreta los resultados considerando el factor de seguridad más bajo asociado a esa superficie.

Figura 18

Definición de área de falla en el Slide V 6.0

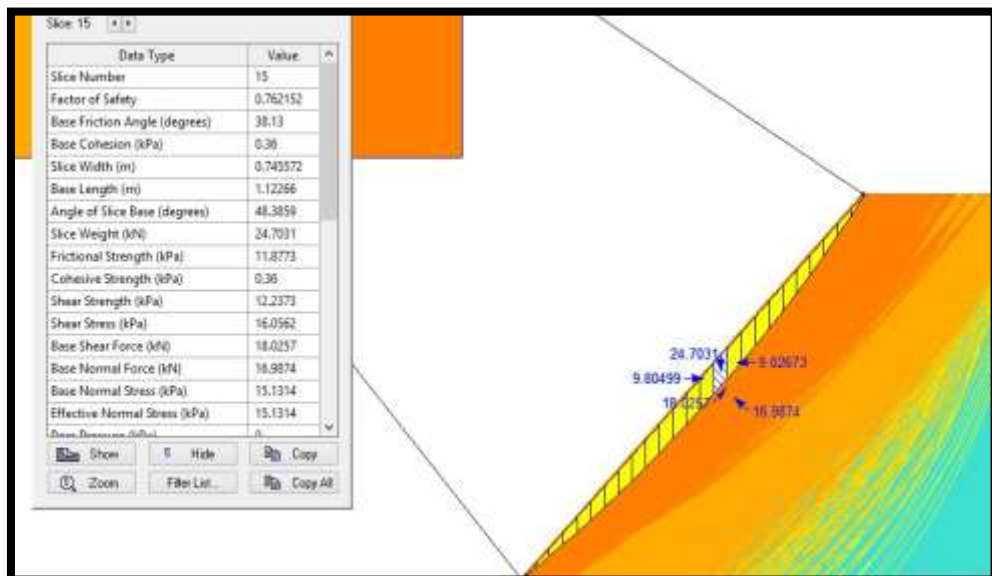


4.3.3. REVISIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se comprueba en número de bloques.

Figura 19

Revisión de análisis de resultados en el Slide V 6.0



La magnitud de la protección tiene un valor .79, lo cual, según las normativas actuales en Perú, menciona que la pendiente se halla en una

condición inestable. En consecuencia, se proponen soluciones para abordar esta problemática.

4.4. REFORZAMIENTO DE LA PENDIENTE

Se muestra una concisa explicación de sistemas análogos Erdox teniendo el propósito verificando la edificación, el rendimiento y el gasto asociado. Entre ellos se mencionan Terramesh y el diseño de gaviones, los cuales comparten similitudes. A pesar de la Alta adaptabilidad y amplio uso del sistema de muros de material cementicio fortificado el Erdox sobresale por sus numerosas ventajas en relación con los sistemas previamente mencionados.

4.4.1. SISTEMA TERRAMESH

Consideraciones

El sistema Terramesh, similar a un gavión, cuando tiene mayor grosor y típicamente con una longitud de alrededor de un metro, se finaliza in situ mediante la inclusión de piedras. En su base, se resguarda mediante un material geotextil para prevenir la salida de material fino del cajón.

Este método facilita la creación de paramentos verticales con un ángulo externo reducido, generalmente escalonado a 6°.

En esta sección, se presenta de manera resumida el procedimiento esencial para

El proceso de construcción del sistema implica varios pasos. Inicialmente, los materiales se extienden sobre una superficie lisa y resistente para eliminar posibles imperfecciones. Para eliminar posibles irregularidades.

Luego, se levanta el siguiente panel, colocando las piezas paralelas al soporte. Después, se instala el diafragma en el componente y se amarra al soporte.

El siguiente paso incluye levantar la cara principal junto con la tapa, uniendo las partes laterales al soporte y al panel frontal, además de unir el diafragma. Después de realizar estas uniones, se colocan en sus respectivas ubicaciones, amarrándose adecuadamente.

Con los elementos correctamente amarrados, se procede al relleno en tres fases, insertando tirantes después de los dos primeros tercios. El relleno tiene que tener calidad adecuada y se recomienda prever obras anexas para preservar las cualidades del sistema con el tiempo. Para rellenar los gaviones de refuerzo, se utiliza piedra de calidad sin defectos, con tamaños específicos y distribución cuidadosa para evitar vacíos.

Tras el relleno, se procede a doblarlas y amarran las tapas, y el filtro de geotextil se ubica y asegura en el panel trasero.

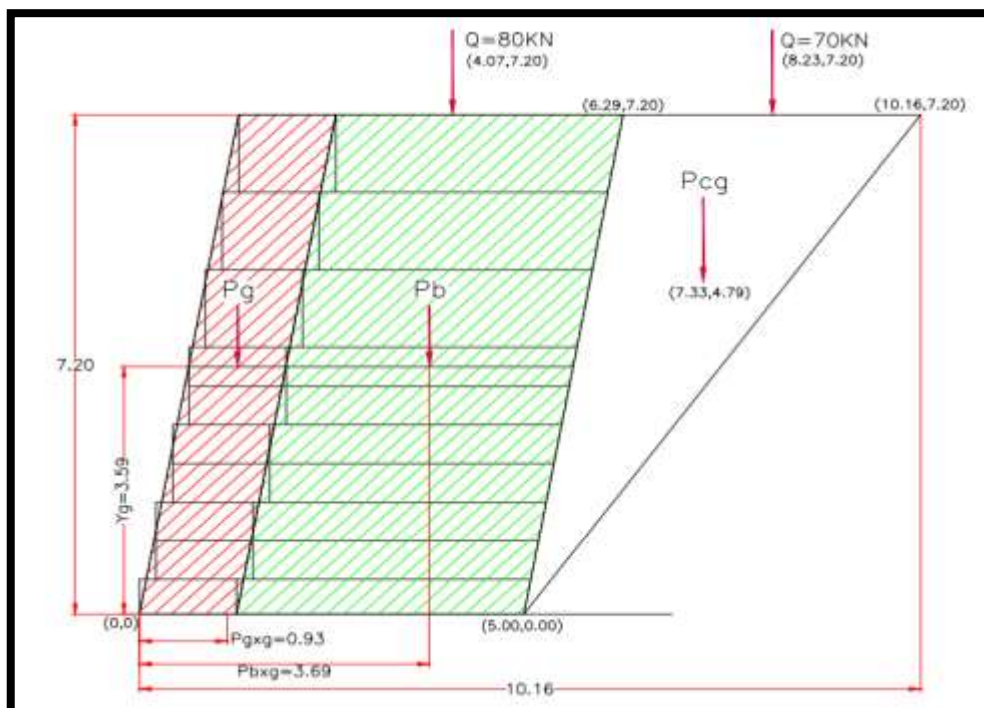
Finalmente, se inicia el relleno de la estructura con compactación cada 20 o 30 cm de altura, evitando maquinaria pesada cerca del paramento frontal para prevenir daños. Al concluir cada tramo, se dobla y amarra el geotextil.

Diseño

El diseño de la descripción Del sistema Terramesh implica:

Figura 20

Esquema de Sistema Terramesh



4.4.2. MUROS DE CONCRETO ARMADO

Consideraciones

Elegir estabilizar un muro de concreto emerge como la opción más eficiente en escenarios de deslizamientos en taludes. Este procedimiento demanda componentes convencionales, semejantes a los utilizados en otras construcciones de su tipo.

Cuando se opta por el sistema de estabilización de taludes, es fundamental examinar con atención la accesibilidad al terreno. En áreas cercanas, se realiza el traslado de acero encofrados y concreto puede generar un aumento sustancial del precio, aproximadamente del 50%.

Asimismo, se resalta la importancia de una adecuada preparación del terreno previa al inicio de la construcción, teniendo en cuenta los procedimientos para el izaje de materiales.

Aunque el proceso guarda similitudes con otros muros de concreto, la carencia de infraestructuras urbanas comunes implica considerar aspectos adicionales relativos a la ubicación y facilidad de maniobra, adaptando los a las particularidades de cada proyecto. La ejecución de este proceso constructivo puede experimentar demoras notables debido a las condiciones del entorno natural. En Perú, las carreteras afectadas suelen ubicarse en áreas de difícil acceso, lo que podría triplicar el tiempo de ejecución del proyecto en comparación con el uso del sistema Erdox.

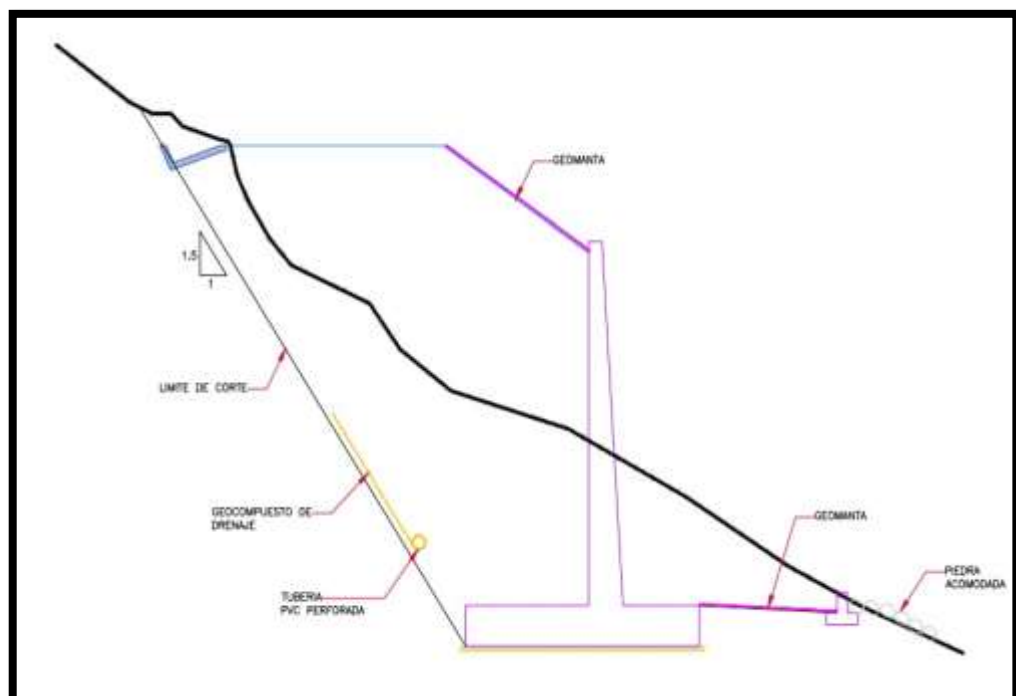
Diseño

Es fundamental delimitar los bordes del talud mediante la inserción de coordenadas, así como asignar materiales al talud, especificando sus características.

El método de cálculo se adjunta como anexo en este estudio.

Figura 21

Esquema Sistema Muro de Concreto Armado



4.4.3. ESTRUCTURA CON MALLAS DE PIEDRA

Alternativas

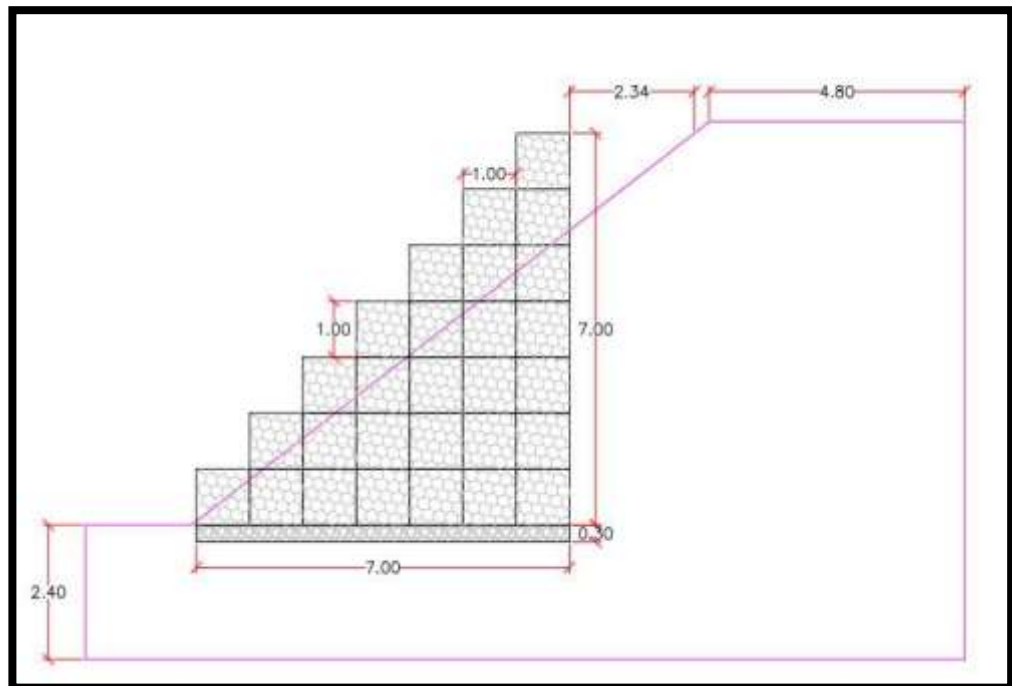
La malla de piedra es una estructura que utiliza mallas de alambre para contener piedras, aprovechando su peso y, en algunos casos, la carga adicional de suelo para mejorar su estabilidad. Estas construcciones ofrecen ventajas técnicas y económicas en proyectos de contención, destacándose por su sencilla construcción y funcionalidad.

Diseño

En la etapa de diseño, es esencial tener en cuenta los volúmenes, tanto a nivel individual para cada elemento estructural de la malla de piedra como para el conjunto completo de unidades sujetas a análisis.

Figura 22

Diseño de bloque de Gavión



4.4.4. SISTEMA ERDOX

Consideraciones

Erdox se presenta como una estructura de acero en forma piramidal, conocida por su destacada ligereza. Su sujeción se lleva a cabo mediante un anclaje en forma de paraguas en el extremo, mediante un perno sencillo incorporado en la base de la losa o en el punto de anclaje. Este sistema se caracteriza por su marcada adaptabilidad y flexibilidad.

Diseño

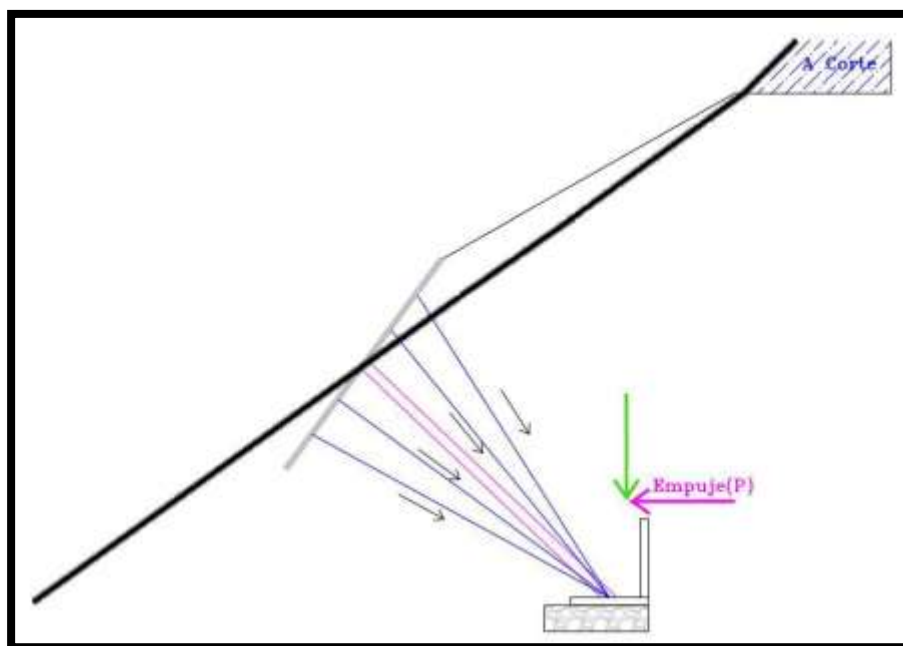
Cálculo del coeficiente de presión lateral de tierra activa Rankine.
(K_a)

Sustituyendo el valor dado $\phi=38.13$

$$K_A = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left(45 - \frac{38.3}{2} \right) = \tan^2(26.85)$$

Figura 23

Esquema de Sistema Erdox



Determinar la fuerza ejercida sobre el panel Erdox.

$$P = \gamma_s * h * \frac{K_a}{2} + Q * K_a$$

$$P = 16.079 * 2 * \frac{0.2367}{2} + 1 * 0.2367 = 4.042 \text{ kN}$$

Calcular el peso Del primer relleno (material extraído).

$$W_{sl} = (A_l * L) * \gamma_{\text{suelo extraído}}$$

$$W_{sl} = (1.6 \text{ m}^2 * 2 \text{ m}) * 1639.5 \text{ Kgr./m}^3 = W_{sl} = 5246.4 \text{ Kgr.}$$

Estimación de peso del segundo relleno s (material extraído)

$$W_{ss} = (A_s * L) * \gamma_{\text{suelo extraído}}$$

$$W_{ss} = (1.29 \text{ m}^2 * 2 \text{ m}) * 1639.5 \cdot \frac{\text{Kgr}}{\text{m}^3} = 4229.91 \text{ kgr}$$

Estimación de peso del tercer relleno t (material extraído)

$$W_{st} = (A_t * L) * \gamma_{\text{suelo extraído}}$$

$$W_{st} = (1.5 \text{ m}^2 * 2 \text{ m}) * 1639.5 \cdot \frac{\text{Kgr}}{\text{m}^3} = 4918.5 \text{ Kgr}$$

Estimación de peso de la primera placa de anclaje. (l)

$$W_{pl l} = (A_l * L) * \gamma_{\text{Concreto}}$$

$$W_{pl l} = (0.8 \text{ m}^2 * 0.8 \text{ m}) * 2500 \cdot \frac{\text{Kgr}}{\text{m}^3} = 1600 \text{ Kgr.}$$

Estimación de peso de la segunda placa de anclaje. (s)

$$W_{pl s} = (A_s * L) * \gamma_{\text{Concreto}}$$

$$W_{pl s} = (0.8 \text{ m}^2 * 0.8 \text{ m}) * 2400 \cdot \frac{\text{Kgr}}{\text{m}^3} = 1536$$

Teniendo en cuenta que el peso Del sistema Erdox junior es: 120 Kgr.

Estimación del momento por volcamiento.

$$M_{to} = E_a * B_t$$

$$B_t = \text{Longitud al punto de empuje.}$$

$$M_{to} = 1.05 \text{ m} * 1869.88 \text{ Kgr} = 1963.37$$

Estimación del momento estabilizante (No se considera la cama de arena)

$$M_{te} = W_{ss} * b_{wts} + W_{sl} * b_{wtl} + W_{st} * b_{wtt} + W_{pl l} * b_{wtc} \\ + W_{pl s} * b_{wtq} + W_{js. erdox} * b_{wtx}$$

$$Mte = 5246.4 * 2.54 + 4197.12 * 1.82 + 4918.5 * 1 + 1536 * 2.54 + 1536 * 2.89 + 120 * 0.75 = 34313.68 \text{ Kgr.}$$

Estimación del FS por volcamiento

$$FS\gamma = Mte / Mto = 34313.68 / 1963.37$$

$$FS\gamma = 17.50 > 2 \text{ OK.}$$

Estimación del FS al deslizamiento (se considera la cama de arena)

Estimación de 1 peso de 1a cama de arena para soporte de la placa.

$$W \text{ cama arena} = (A2 * L) * \gamma \text{ canto arena}$$

$$W \text{ cama arena} = (0.36 \text{ m}^2 * 2 \text{ m}) * 2000 \text{ Kgr./m}^3$$

$$W \text{ cama arena} = 1440 \text{ Kgr. } FSD = (\Sigma \gamma * Tang(\phi)) / Eah$$

$$FSD = (1440 + 1536 + 1536 + 5246.4 + 4197.12 + 4918.5 + 120) * Tang(38.13^\circ) / 1863.88$$

$$FSD = 7.97 > 1.5 \text{ OK.}$$

Estimación de capacidad portante.

$$qu = c * Nc + q * Nq + l * \gamma_s * B * Ny$$

$$\text{Cohesión } (c) = 0.36 \text{ Kgr./cm}^2 = 3600 \text{ Kgr./m}^2$$

$$\text{Valores de } Nc, Nq \text{ y } Ny, \text{ del ángulo de fricción } (\phi) \text{ de } 38.13^\circ \text{ son: } Nc = 62.19$$

$$Nq = 49.84$$

$$Ny = 79.87$$

$$q = \gamma_s * Df = 1639.5 \text{ Kgr./m}^3 * 0.3 \text{ m} = 491.85 \text{ Kgr./m}^2$$

$$qu = 3600 * 62.19 + 491.85 * 49.84 + \frac{1}{2} * 1639.5 * 2.95 * 79.87$$

$$qu = 441544.42 \text{ kgr./m}^2$$

$$qadm = \frac{qu}{FS}$$

$$qadm = \frac{441544.42}{3} = 147181.47 \cdot \frac{\text{Kgr}}{\text{m}^2} = 14.71 \text{ kgr/cm}^2$$

Punto de Aplicación de la Normal

$$X = \frac{(Mte - Mto)}{(Werdox + Wextraído + Wpl + Wcama arena)}$$

$$X = \frac{(34313.68 - 1869.88)}{(20241.09)} = 1.6 \text{ m}$$

Estimación de la Excentricidad

$$e = \frac{B}{2} - X < \frac{B}{6}$$

$$e = B/2 - X < B/6$$

$$e = -0.125 < 0.49$$

Estimación del asentamiento.

Sistema

Erdox I

$$\sigma l = \frac{(W_{erdox} + W_{extraído} + W_{pl} + W_{cama arena})}{A} \left(1 - \frac{(6e)}{B}\right)$$

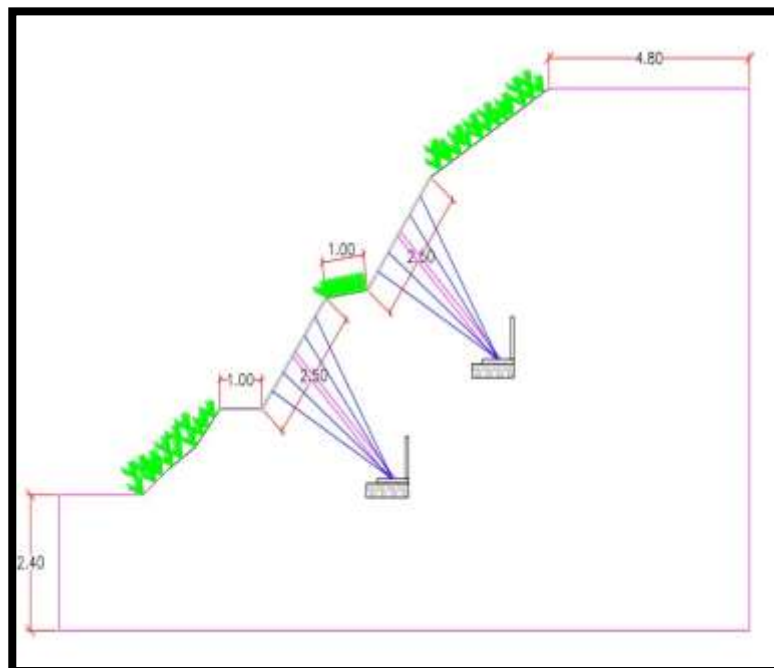
$$\sigma l = \frac{(20241.09)}{2.95 * 2} \left(1 - \frac{(6 * -0.125)}{2.95}\right)$$

$$\sigma l = 4302.90 \cdot \frac{Kgr}{m^2}$$

$$\sigma l = 0.43 \text{ Kgr./cm}^2 < 1.37 \text{ Kgr./cm}^2$$

Figura 24

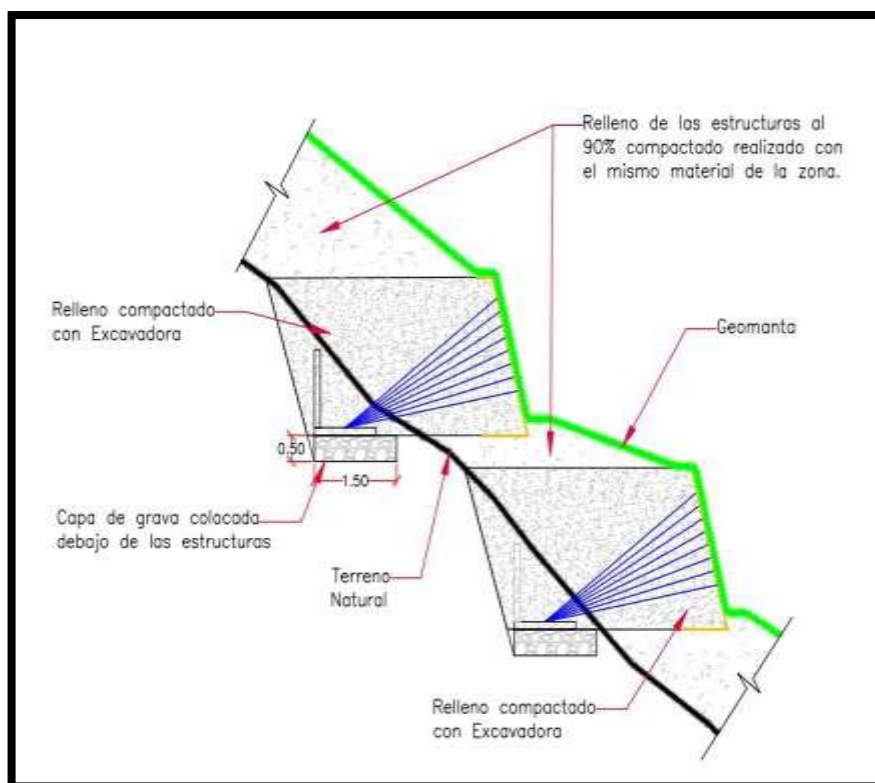
Esquema de sistema Erdox



Fuente: Betonformr.

Figura 25

Sección Típica del Sistema Erdox



Fuente: Betonformr.

4.5. ANÁLISIS DE GASTO

Se exponen diversas alternativas para la estabilización de pendientes, incluyendo el sistema Erdox, Muro de Concreto, Sistema Terramesh y estructuras de cajones de malla rellenos de piedras. A través de tablas detalladas, se presentan los costos asociados a cada técnica, acompañados por esquemas que ilustran el perfil del talud a intervenir. El objetivo es realizar un análisis detallado de las partidas principales, destacando similitudes y diferencias entre cada sistema.

4.5.1. PRESUPUESTO DEL PROGRAMA TERRAMESH

Se da a conocer el análisis detallado Del presupuesto destinado a la ejecución del programa Terramesh:

La inversión directa para instalar el Terramesh es de S/ 316,230.13

4.5.2. SISTEMA DE ESTRUCTURA DE CONCRETO

Desglose presupuestario para la implementación del muro de concreto se presenta.

Figura 26

Costo estimado para la implementación del sistema de muro de concreto armado

I	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	P. U	MONTO
2	Provisiones iniciales				
2.02	Levantamiento Topográfico y Georreferencia	Kilometro	0.19	781.46	140.88
3	TRANSFORMACIÓN DEL TERRENO				
3.01	Excavación de Material para pendiente	Metros cúbicos	3,512	3.45	12,116.4
3.02	grava Conformación de Terraplenes con Material de Grava	Metros cúbicos	159.30	135.788	23,479.88
4	TRABAJOS ESPECIALES Y RESTAURACIÓN ECOLÓGICA				
4.01	Material para rellenar estructuras	Metros cúbicos	178.00	54.00	9,612
4.02	Tubo flexible con perforaciones	Metros	19.00	11	209
4.03	Material compuesto para drenaje de 11 mm	Metros cuadrados	109.00	12.99	1,415.91
4.04	Manta geo sintética MACMAT L 2x30	Metros cuadrados	192.95	8.02	1,547.45
4.05	Concreto con resistencia de 210 kg/cm2	Metros cúbicos	178.99	410.00	73,385.9
4.06	Proceso de encofrado y desencofrado	Metros cuadrados	487.54	19.02	9,237.01
4.07	Refuerzo de acero con resistencia de 42 kg/cm2	Kilómetros	24,380	5.70	138,966
4.08	Acondicionar el material en DME	Metros cúbicos	452.00	1.02	461.04
4.09	Plantación de Vegetación	Uno	40.00	13.00	520
5	TRANSPORTES				
5.01	Transporte de Material Canto Rodado a más de 1Km	Metros cúbicos. Kilómetros	2,512.00	1.75	4,396
5.02	Transporte de Material Grava a más de 1Km	Metros cúbicos. Kilómetros	3,195.12	1.81	5,783.16
				TOTAL	281,198.41

Figura 27*Costo estimado sistema de muro de concreto armado*

I	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	P. U	MONTO
2	Provisiones iniciales				
2.02	Levantamiento Topográfico y Georreferencia	Kilometro	0.19	781.46	140.66
3	TRANSFORMACIÓN DEL TERRENO				
3.01	Excavación de Material para pendiente	Metros cúbicos	3,512	3.45	12,116.4
3.02	grava Conformación de Terraplenes con Material de Grava	Metros cúbicos	159.30	135.788	23,479.88
4	TRABAJOS ESPECIALES Y RESTAURACIÓN ECOLÓGICA				
4.01	Material para rellenar estructuras	Metros cúbicos	178.00	54.00	9,612
4.02	Tubo flexible con perforaciones	Metros	19.00	11	209
4.03	Material compuesto para drenaje de 11 mm	Metros cuadrados	109.00	12.99	1,415.91
4.04	Manta geo sintética MACMAT L 2x30	Metros cuadrados	192.95	8.02	1,547.45
4.05	Concreto con resistencia de 210 kg/cm2	Metros cúbicos	178.99	410.00	73,385.9
4.06	Proceso de encofrado y desencofrado	Metros cuadrados	487.54	18.02	9,237.01
4.07	Refuerzo de acero con resistencia de 42 kg/cm2	Kilómetros	24,380	5.70	138,986
4.08	Acondicionar el material en DME	Metros cúbicos	452.00	1.02	461.04
4.09	Plantación de Vegetación	Uno	40.00	13.00	520
5	TRANSPORTES				
5.01	Transporte de Material Canto Rodado a más de 1Km	Metros cúbicos. Kilómetros	2,512.00	1.75	4,396
5.02	Transporte de Material Grava a más de 1Km	Metros cúbicos. Kilómetros	3,195.12	1.81	5,783.16
				TOTAL	281,198.41

La inversión directa para el sistema de concreto armado es de S/ 281,198.41

4.5.3. FINANCIAMIENTO DEL SISTEMA DE GAVIONES

Proporciona la proyección financiera para la instalación del sistema de estructuras con cajones de malla rellenos de piedras.

Figura 28*Presupuesto del sistema de gaviones*

PARTES	CARACTERIZACIÓN	UNIDAD	METRADO	P. U	MONTO
2	Provisiones iniciales				
2.02	Levantamiento Topográfico y Georreferencia	kilometro	0.19	779.38	148.08
3	TRANSFORMACIÓN DEL TERRENO				
3.01	Excavación de Material para pendiente	Metros cúbicos	3522.00	3.45	12,254.4
3.02	Conformación de Terraplenes con Material de Grava	Metros cúbicos	175.2	142.52	24,941
4	TRABAJOS ESPECIALES Y RESTAURACIÓN ECOLÓGICA				
4.01	Malla de gavión en formato cuadrado	Metros cúbicos	600	138.95	83,370
4.02	Malla de gavión en formato rectangular	Metros cúbicos	260	69.53	17,037.8
4.03	Material de relleno para gavión cuadrado	Metros cúbicos	600	57	34,200
4.04	Material de relleno para gavión rectangular	Metros cúbicos	270	45	12,150
4.05	Preparación del material en Dispositivo de Mejoramiento del Entorno	Metros cúbicos	432.00	0.90	388.8
4.06	Plantación de Vegetación	uno	300	15	4,500
5	MOVILIDAD				
5.01	Movilidad del elemento de Canto rodado a más de 1 Kilometre	Metros cubicos.km	2780	1.69	4,698.2
5.02	Movilidad del elemento de Grava a más de 1 kilometro	Metros cúbicos	1490	1.82	2,711.8
				TOTAL	179,532.658

La inversión necesaria para llevar a cabo la instalación Del sistema de gaviones asciende a S/. 179,532.658

4.5.4. FINANCIAMIENTO DEL SISTEMA DE ERDOX

Se proporciona la proyección financiera para la instalación de Erdox.

Figura 29*Precio Erdox*

PARTES	CARACTERIZACIÓN	UNIDAD	METRADO	P. U	MONTO
2	Provisiones iniciales				
2.02	Levantamiento Topográfico y Georreferencia	kilometro	0.19	779.38	148.08
3 TRANSFORMACIÓN DEL TERRENO					
3.01	Excavación de Material para pendiente	Metros cúbicos	2,224.	4.03	8,962.72
3.02	Conformación de Terraplenes con Material de Grava	Metros cúbicos	157.52	146.88	23,136.53
4 TRABAJOS ESPECIALES Y RESTAURACIÓN ECOLÓGICA					
4.01	Elemento del Sistema de Estabilización (Incluye unidad placa de apoyo y transporte)		60.00	1215.00	72,900
4.02	Relleno para Sistema de Estabilización con elemento Propio y Grava	Metros cúbicos	2,078.30	1.42	2,951.18
4.03	Plantación de Vegetación	uno	110.00	13.00	1,430.00
5 Movilidad					
5.01	Movilidad del elemento de Grava a más de 1 kilometro	m3. Km	292.00	16.99	4,961.08
Resultado					114,489.59

El gasto directo asociado a la puesta en marcha del sistema Erdox alcanza los S/ 114,489.59.

4.5.5. FINANCIAMIENTO DEL SISTEMA ERDOX

Se presenta el presupuesto de la implementación del sistema Erdox.

4.6. BALANCE DE PRECIO

La evaluación demuestra que la opción Erdox es más económica para estabilizar el talud, con una inversión de S/ 114,489.59, notablemente inferior a los costos de otras alternativas. En comparación, el sistema Terramesh tiene un costo de S/ 316,230.13, el Muro de Concreto alcanza los S/ 281,198.41, y los Gaviones presentan un valor de S/ 179,532.658, todos superando significativamente el precio del sistema Erdox.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. EXPONER LA COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA INVESTIGACIÓN

5.1.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se disponen de distintos enfoques para asegurar la estabilidad de taludes, y las disparidades entre cada uno son múltiples.

➤ DISCUSIÓN 1: RESPECTO AL SUELO

Resulta crucial disponer de un análisis descripción detallada del suelo para llevar a cabo un modelado exacto de ladera. Además, es imperativo que el levantamiento topográfico represente con exactitud el objeto de investigación. La práctica de la mecánica del suelo posibilitará la valoración del factor estabilidad existente y calculando en este y en las normativas vigentes, se podrán proponer diversas soluciones para lograr la estabilización deseada.

➤ DISCUSIÓN 2: RESPECTO AL MODELAMIENTO

En la modelación precisa de pendiente optó por utilizar el Slide V 6.0, requiere la entrada de diversos parámetros, como las propiedades de la tierra y medidas del espacio. Los datos recopilados en el laboratorio, que incluyen la densidad, el grosor y la capacidad de corte del suelo, son esenciales para crear un modelo preciso. Además, la información del levantamiento topográfico del terreno se incorpora en el programa. La elección adecuada del método de cálculo y la interpretación precisa de los resultados son críticas para obtener de manera correcta el factor de seguridad del talud.

➤ DISCUSIÓN 3: RESPECTO A LA COMPARACIÓN DE COSTOS

Terramesh destaca como la opción más costosa debido al alto costo del material de relleno y los componentes utilizados. La estructura

de muros de concreto armado también presenta un costo significativo debido a la cantidad considerable de concreto y acero. Por otro lado, el sistema de gaviones experimenta un aumento de costos en este estudio debido a los materiales específicos utilizados en la celda de gaviones y el relleno asociado.

En contraste, Erdox, con un costo de S/. 112,724.96, se presenta como la alternativa más económica. Esta eficiencia se deriva de la extracción del material del talud, utilizado como relleno para este sistema.

CONCLUSIONES

- Con el fin de garantizar la estabilidad del talud en la zona estudiada, se diseñaron metodologías específicas de estabilización, cada una de las cuales muestra su nivel máximo de seguridad en el modelado realizado con Slide V 6.0. Se desarrolló un estudio de los costos asociados a los programas desarrollados por Terramesh y la tecnología Erdox. Los resultados indican que Erdox es la opción más económica entre las alternativas evaluadas.
- Las pruebas de mecánica de suelos indicaron que el suelo es de grava con contenido de arcilla (según AASHTO) y grava con proporciones de arcilla y arena (según SUCS). Los resultados incluyen un límite de deformación plástica de 22.0 con un parámetro de consistencia de 16.0. Asimismo, en el ensayo de corte sin torsión se detectó una fuerza cohesiva de 0.37 Kg/cm² y un ángulo de resistencia al corte de 38.14°. Estas pruebas fueron esenciales para comprender la textura y estructura del suelo.
- Estos indicadores desempeñaron un papel fundamental en el estudio realizado a través de la herramienta digital Slide V 6.0. El factor seguro pendiente evaluado fue de 0.79, lo cual no cumple con las normas actuales establecidas por las regulaciones establecidas.
- El costo total calculado para la implementación de cada programa fue el siguiente: el programa Terramesh tuvo un costo de S/ 316,230.13, S/ 179,532.658 para los muros de gavión, y S/ 281,198.41 para los muros de concreto armado. Erdox S/ 114,489.59. Se llevó a cabo una revisión de costos comparada entre las posibles soluciones, incluyendo Terramesh, Erdox, muros de concreto y muros de gavión, y los resultados indicaron que la sistemática Erdox es la opción más económica.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere llevar a cabo un estudio de topografía detallado para lograr un boceto efectivo en la contención de laderas.
- Se aconseja desarrollar una planificación destinada a la gestión hidrográfica, incluyendo sistemas Como alcantarillas y cunetas, con el propósito de preservar la integridad de la vía bajo condiciones climáticas adversas.
- Se recomienda que los diseñadores de carreteras consideren una evaluación exhaustiva de cada talud presente en la vía, dada la presencia de discontinuidades en esta área de investigación. Además, se sugiere continuar investigando otros métodos de estabilidad de taludes y llevar a cabo comparaciones de costos entre ellos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Áviles, M. (s.f.). *Análisis técnico y económico para muros de contención de hormigón armado comparado con muros de gaviones y sistemas de suelo reforzado para alturas $h=5m$, $h=7.5m$, $h=10m$, $h=15m$, para una longitud de 80 m.* Universidad Central del Ecuador, Quito.
- BETONFORM. (2014). *BETONFORM*. Obtenido de www.betonform.com/en/company/concept/.
- Catanzariti, F. (13 de 06 de 2016). *Estabilidad de Taludes*. Obtenido de <https://www.geostru.eu/es/blog/2016/06/13/estabilidad-de-taludes/>
- Chata, A. (s.f.).
- Delgado Villagomez, M. A. (s.f.). *Estudio de estabilización de taludes en el barrio la Merced Baja-Cantón Guaranda*. Universidad Central de Ecuador, Quito.
- Estrada Bautista, V. V., & Soberanis Bello, J. J. (s.f.). *Estabilidad de Taludes en Suelos*. Universidad Nacional Autónoma de México, NEZAHUALCÓYOTL.
- García, J. (s.f.). *Estabilización de taludes de la carretera PE-3N Km. 263+100. Huánuco*. Huánuco.
- Heredia. (2018).
- Hernandez, R. (s.f.). *Metodología de la Investigación*. Mexico: Mc Graw Hill, México.
- Huillca, J. (s.f.). *Informe de la observación de los métodos de estabilización de talud (Erdox) en la ruta Cusco-Ccatca de la carretera interoceánica sur del Perú periodo 2016*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco.
- Torres. (2016).
- Urteaga, C. (s.f.). *Estabilización de talud con sistema ErdoX en taludes de carreteras, Lima*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Fernandez Cisneros, A. (2024). *Modelo basado en el sistema Erdox para la estabilización de talud en la carretera San Rafael – Huánuco 2023* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXO

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: “MODELO BASADO EN EL SISTEMA ERDOX PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD EN LA CARRETERA SAN RAFAEL – HUÁNUCO 2023”

<i>PROBLEMA</i>	<i>OBJETIVOS</i>	<i>HIPÓTESIS</i>	<i>METODOLOGÍA</i>
<p>Problema general:</p> <p>¿De qué manera el modelo basado en el sistema ErdoX influye en la estabilización de talud en la Carretera San Rafael - Huánuco?</p> <p>Problemas específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿De qué manera el modelo basado en el sistema ErdoX influye con respecto al Factor de Seguridad global en la estabilización del Talud en la Carretera San Rafael - Huánuco? • ¿Qué parámetros afectan el factor de seguridad global en la estabilización del Talud en la Carretera San Rafael - Huánuco? 	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar el modelo basado en la estabilización del talud mediante el Sistema ErdoX en la Carretera San Rafael - Huánuco.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>Determinar cómo el modelo basado en el sistema ErdoX influye con respecto al Factor de Seguridad global en la estabilización del Talud en la Carretera San Rafael – Huánuco.</p> <p>Determinar los parámetros que influyen en el factor de seguridad global en la estabilización en la</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>La aplicación del sistema Erdox influye en la estabilización del talud en la Carretera San Rafael - Huánuco.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>La aplicación del sistema ErdoX influye con respecto al factor de seguridad global en la estabilización del Talud en la Carretera San Rafael - Huánuco.</p> <p>Los parámetros morfológicos influyen en el factor de seguridad global en la estabilización del Talud en la Carretera San Rafael - Huánuco.</p>	<p>Tipo de investigación</p> <p>Enfoque:</p> <p>Enfoque cuantitativo.</p> <p>Alcance o nivel:</p> <p>Nivel Descriptivo – Correlacional</p> <p>Diseño:</p> <p>No experimental</p> <p>Población:</p> <p>La población corresponde a la Carretera San Rafael – Huánuco.</p> <p>Muestra:</p> <p>Así mismo este talud constantemente sufre deslizamientos y se acomoda a</p>

• ¿Cuál es el procedimiento Carretera San Rafael – Huánuco. El procedimiento constructivo será los objetivos del estudio.
constructivo que se debe seguir convencional en la estabilización del talud
con el sistema ErdoX, para la Determinar el procedimiento con el sistema Erdox en la Carretera San
estabilización del talud en constructivo que se debe seguir Rafael - Huánuco.
Carretera San Rafael - Huánuco? con el sistema ErdoX, para la
estabilización del talud en la **Variables:**
Carretera San Rafael - Huánuco. X= Estabilización de Talud

Y= Modelo Basado en el Sistema ErdoX
