

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANUCO
<http://www.udh.edu.pe>

TESIS

**“EFICACIA DE LA BIOINGENIERÍA EN LA ESTABILIZACIÓN DE
TALUDES DE CORTE Y RELLENO ANTE LA EROSIÓN, EN LA
CARRETERA DEL CENTRO POBLADO DE CASABLANCA, CASMA –
HUARAZ 2021”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA
AMBIENTAL**

AUTORA: Yabar Delgado, Danitza Josefa

ASESOR: Salas Vizcarra, Christian Joel

HUÁNUCO – PERÚ

2022

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Contaminación ambiental
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería ambiental

Disciplina: Ingeniería ambiental y geológica

DATOS DEL PROGRAMA:

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

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

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

D

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 45491774

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 41135525
 Grado/Título: Maestro en ingeniería con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible
 Código ORCID: 0000-0003-4745-4889

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Calixto Vargas, Simeón Edmundo	Maestro en administración de la educación	22471306	0000-0002-5114-4114
2	Riveros Agüero, Elmer	Maestro en administración y gerencia en salud	28298517	0000-0003-3729-5423
3	Camara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405

H



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 20:00 horas del día 28 del mes de junio del año 2022, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** mediante la plataforma Google Meet integrado por los docentes:

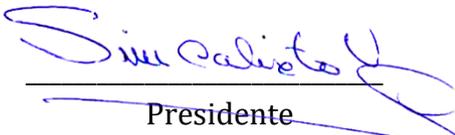
- Mg. Simeon Edmundo Calixto Vargas (Presidente)
- Mg. Elmer Riveros Agüero (Secretario)
- Mg. Frank Erick Camara Llanos (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N°1231-2022-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: **“EFICACIA DE LA BIOINGENIERÍA EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES DE CORTE Y RELLENO ANTE LA EROSIÓN, EN LA CARRETERA DEL CENTRO POBLADO DE CASABLANCA, CASMA - HUARAZ 2021”**, presentado por la Bach. **Danitza Josefa YABAR DELGADO**, para optar el Título Profesional de Ingeniera Ambiental.

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, declarándola **APROBADA** por **UNANIMIDAD** con el calificativo cuantitativo de **13** y cualitativo de **SUFICIENTE** (Art. 47)

Siendo las 21:10 horas del día 28 del mes de junio del año 2022, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



Presidente



Secretario



Vocal

DEDICATORIA

A mis padres por su confianza, amor y sacrificio; por formarme con temor a Dios y ser mejor persona cada día, por los valores con ejemplo desde mi niñez.

A mis hijos y mi esposo que fueron mi apoyo y fortaleza, en momentos de flaqueza de la etapa universitaria, por ellos que son la piedra angular de mi vida.

A mis hermanos por su amor fraternal, palabras de aliento y confianza. A mis colegas de estudio por su compañerismo y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitir que pueda alcanzar esta meta, sin él no hay nada porque Dios es dueño de nuestras vidas.

A dos personas muy importantes en mi vida a quienes recordare por siempre, a dos personas que ustedes (docentes, alumnos, personal administrativo), tuvieron la oportunidad de conocer y querer de manera especial, como parte de la familia del Programa Académico de Ingeniería Ambiental, al Ing. Heberto Calvo Trujillo y al Ing. Jaime Núñez Mosqueira, que el señor los tenga en su gloria. Ambos excelentes profesionales, docentes universitarios con las puertas de su despacho siempre abierta para escuchar dudas, solucionar inconvenientes y darnos un consejo. Gracias a los dos por su paciencia, apoyo, confianza y palabras de aliento.

A cada uno de los docentes, quienes me instruyeron de conocimientos para mi vida profesional, por su confianza, amistad y cariño. Gracias.

A mis colegas de estudios, por su compañía en los días y noches de desvelo, por su apoyo en momentos complicados, por ser parte de mi vida y compartir alegrías y tristezas. Gracias compañeros.

Al personal administrativo por resolver con amabilidad todas mis dudas e interrogantes, por su apoyo en cada proceso y tramite documentario. Gracias.

Agradezco la Universidad de Huánuco, mi alma mater Universidad de Huánuco, por su excelente plana de docentes, por los servicios brindados a lo largo de la etapa universitaria y por conseguir la acreditación como universidad.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XII
CAPÍTULO I.....	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	16
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	16
1.3. OBJETIVO GENERAL	16
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	17
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.7.1. AMBIENTAL.....	18
1.7.2. TÉCNICO	18
1.7.3. SOCIAL	18
CAPÍTULO II.....	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	20
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	22
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	25
2.2. BASES TEÓRICAS.....	26
2.2.1. BIOINGENIERÍA DE SUELOS.....	26
2.2.2. DEFINICIÓN DE TALUD	27

2.2.3.	FALLAS DE TALUD	28
2.2.4.	CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS POR OROGRAFÍA.....	32
2.2.5.	ESTABILIZACIÓN DE TALUDES.....	32
2.2.6.	EROSIÓN HÍDRICA	34
2.2.7.	TIPOS DE EROSIÓN HÍDRICA	35
2.2.8.	FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE LA EROSIÓN HÍDRICA	37
2.2.9.	LA INFLUENCIA DE LA VEGETACIÓN EN LOS TALUDES ...	43
2.2.10.	VENTAJAS DE LA BIOINGENIERÍA ANTE LAS ESTRUCTURAS DE LA INGENIERÍA CIVIL.....	44
2.2.11.	PROTECCIÓN DE TALUDES CONTRA LA EROSIÓN	44
2.2.12.	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO	47
2.2.13.	DETERMINACIÓN DE PH EN LOS SUELOS.....	48
2.2.14.	MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS (PÉRDIDA POR IGNICIÓN)	50
2.2.15.	SELECCIÓN DE ESPECIES VEGETALES.....	51
2.2.16.	PASTO VETIVER.....	52
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES	52
2.4.	HIPÓTESIS.....	54
2.5.	VARIABLES	54
2.5.1.	VARIABLE DE CALIBRACIÓN.....	54
2.5.2.	VARIABLE EVALUATIVA.....	54
2.6.	CUADRO DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES	55
CAPÍTULO III.....		56
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		56
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	56
3.1.1.	ENFOQUE.....	56
3.1.2.	ALCANCE O NIVEL	56
3.1.3.	DISEÑO	56
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	57
3.2.1.	POBLACIÓN	57
3.2.2.	MUESTRA.....	57
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS... 57	

3.3.1. DISTRIBUCIÓN DE LOS GRUPOS Y DE LAS PARCELAS	62
3.4. TÉCNICAS PARA PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	63
CAPÍTULO IV.....	64
RESULTADOS.....	64
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS (CUADROS ESTADÍSTICOS CON SU RESPECTIVO ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN).	64
4.1.1. CUANTIFICACIÓN DE PARÁMETROS QUÍMICOS (PH) DEL SUELO	64
4.1.2. CUANTIFICACIÓN DE PARÁMETROS QUÍMICOS (M.O) DEL SUELO	65
4.1.3. CUANTIFICACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS DE LA PLANTA (TAMAÑO DE LA RAÍZ)	66
4.1.4. CUANTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DE LA PLANTA (RETENCIÓN DEL SUELO)	67
4.1.5. CUANTIFICACIÓN DE LA EROSIÓN DEL SUELO SIN VETIVER EN LA PARCELA B.....	68
4.1.6. CUANTIFICACIÓN DE LA EROSIÓN DEL SUELO CON VETIVER EN LA PARCELA A.....	69
4.1.7. COMPARACIÓN DEL MONITOREO CON Y SIN VETIVER....	70
4.1.8. PRUEBA DE NORMALIDAD DE DATOS	71
4.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	71
CAPÍTULO V.....	73
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	73
5.1. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	73
CONCLUSIONES	76
RECOMENDACIONES.....	77
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	78
ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Coordenadas UTM, WGS-84, centro poblado Casablanca.....	57
Tabla 2	Procesamiento de datos	63
Tabla 3	Descriptivos del pH monitoreado durante la aplicación de la bioingeniería en la estabilización de taludes.....	64
Tabla 4	Descriptivos de la materia orgánica monitoreada durante la aplicación de la bioingeniería en la estabilización de taludes.	65
Tabla 5	Descriptivos del tamaño de la raíz (cm) monitoreado durante la aplicación de la bioingeniería en la estabilización de taludes.	66
Tabla 6	Descriptivos de la retención del suelo (Kg) monitoreada durante la aplicación de la bioingeniería en la estabilización de taludes.	67
Tabla 7	Descriptivos del monitoreo de la erosión del suelo sin el vetiver, mediante la medición con las varillas de erosión en la parcela B.	68
Tabla 8	Descriptivos del monitoreo de la erosión del suelo con el vetiver mediante la medición con las varillas de erosión en la parcela A.	69
Tabla 9	Comparación del monitoreo de la erosión hídrica del suelo con y sin el vetiver.....	70
Tabla 10	Prueba de normalidad de los datos.....	71
Tabla 11	Contrastación de hipótesis mediante la prueba t de Student para muestras independientes	72

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Descripción del pH monitoreado durante la aplicación de la bioingeniería en la estabilización de taludes.....	64
Gráfico 2 Descripción de la materia orgánica durante la aplicación de la bioingeniería en la estabilización de taludes.....	65
Gráfico 3 Descripción del tamaño de la raíz monitoreado durante la aplicación de la bioingeniería en la estabilización de taludes.	66
Gráfico 4 Descripción de la retención del suelo (Kg) monitoreada durante la aplicación de la bioingeniería en la estabilización de taludes.	67
Gráfico 5 Evaluación del monitoreo de la erosión del suelo sin el vetiver....	68
Gráfico 6 Evaluación del monitoreo de la erosión del suelo con el vetiver ..	69
Gráfico 7 Comparación del monitoreo de la erosión hídrica del suelo con y sin el vetiver	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Limpieza de terreno manual por personal contratado.....	58
Figura 2 Trazo y replanteo con wincha y bastones.....	58
Figura 3 Muestra de suelo para análisis de laboratorio	59
Figura 4 Preparación de terreno, regado de surcos.....	59
Figura 5 Adquisición de esquejes y proceso de plantado.	60
Figura 6 Varillas de erosión	60
Figura 7 Erosión del suelo con varillas de erosión.....	61
Figura 8 Sedimentación del suelo con varillas de erosión	61
Figura 9 Esquema de las parcelas A.B.y C.....	62

RESUMEN

El presente trabajo de investigación buscaba como objetivo general evaluar la eficacia de la bioingeniería para la estabilización de taludes de corte y relleno ante la erosión, en la carretera del centro poblado de Casablanca, Casma- Huaraz 2021. Se aplicó una metodología de tipo experimental con un análisis estadístico t de student para muestras independientes con un nivel de confianza del 5%, arrojando un p-valor de 0.00%, inferior al nivel de significancia (5%).

Se utilizó tres parcelas A, B y C, parcela A con pasto vetiver, parcela B sin pasto vetiver y parcela C para monitoreos de parámetros físicos (tamaño de raíz y retención del suelo) del pasto. Se realizaron 6 mediciones una por mes del volumen de suelo erosionado en las parcelas A y B, por medio del uso del método de las varillas por erosión (28 varillas en cada parcela), parcela A tuvo un promedio de 6.875 mm de volumen de suelo erosionado a diferencia de la parcela B sin el pasto vetiver con 17.073 mm del volumen de suelo erosionado, los resultados demostraron que la erosión hídrica del talud de corte y relleno utilizando la bioingeniería con pasto Vetiver se minimizó, con una diferencia de suelo erosionado de ambas parcelas de 10.198 mm, logrando una eficacia de 59.7%. Los parámetros químicos del suelo fueron monitoreados, el pH inicial fue de 7.8 y el final 7, la materia orgánica inicial 2.01% y final 4.22%, ambos resultados fueron los esperados logrando modificar el suelo para un óptimo crecimiento de la planta. Los parámetros físicos del pasto, tamaño de raíz inicial fue de 5 cm y final de 190 cm, retención del suelo inicial 0.07 Kg y final de 18.09 Kg. Con esto se concluye y demuestra que el pasto vetiver a través de su sistema radicular profunda retiene el suelo y lo estabiliza, evita la erosión hídrica del talud y modifica los parámetros químicos del suelo.

Palabras clave: Bioingeniería, talud de corte y relleno, erosión hídrica, vetiver.

ABSTRACT

The general objective of this research work was to evaluate the effectiveness of bioengineering in the stabilization of cutting and filling slopes in the face of water erosion on the road to the town center of Casablanca, Casma-Huaraz. An experimental methodology was applied with a student's t statistical analysis for independent samples with a confidence level of 5%, yielding a p-value of 0.00%, lower than the significance level (5%).

Three plots A, B and C, plot A with vetiver grass, plot B without vetiver grass and plot C were used to monitor physical parameters (root size and soil retention) of the grass. 6 measurements were made one per month of the volume of soil eroded in plots A and B, using the method of erosion rods (28 rods in each plot), plot A had an average of 6,875 mm of eroded soil volume unlike plot B without vetiver grass with 17,073 mm of eroded soil volume, the results showed that the water erosion of the cutting and filling slope using bioengineering with vetiver grass was minimized, with a difference of eroded soil of both plots of 10,198 mm, achieving an efficiency of 59.7%. The chemical parameters of the initial and final soil were monitored the initial pH was 7.8 and the end 7, the initial organic matter 2.01% and final 4.22%, both results were expected managing to modify the soil for optimal plant growth. The physical parameters of the pasture, initial root size was 5 cm and final 190 cm, initial soil retention 0.07 Kg and final 18.09 Kg. This concludes and demonstrates that the vetiver grass through its deep root system retains the soil and stabilizes it, prevents water erosion of the slope and modifies the chemical parameters of the soil.

Keywords: Bioengineering, cutting and filling slope, water erosion, vetiver.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación titulada Eficacia de la bioingeniería en la estabilización de taludes de corte y relleno ante la erosión, en el centro poblado de Casablanca, Casma–Huaraz 2021. Se comprende por talud a toda superficie inclinada en relación con su horizontal que hayan de adoptar continuamente las estructuras de tierra. Uno de los elementos más importantes de una carretera viene a ser los taludes, que con la participación de la mano del hombre este talud es modificado, esto lo hace susceptible a deslizamientos y a la erosión hídrica.

Los taludes de corte y relleno son áreas sumamente susceptibles ante la erosión hídrica y más aun a los movimientos súbitos de masa, al alterar la cubierta inicial que muchas veces consta de cobertura vegetal ya sea de pasto, arbustos o árboles, esta cubierta ayudaba a sostener y estabilizar al talud antes de ser modificada con fines de construcción como apertura de nuevas carreteras. Cuando se ejecutan las carreteras de los distintos centros poblados de nuestro país como es el caso del centro poblado de Casablanca, muchas veces no se contempla la partida de estabilización y conservación de taludes, esto ocasiona que a corto o mediano plazo este talud esté sujeto a fallas ya sea por pérdida de volumen de suelo a causa de, erosión hídrica, deslizamientos e inestabilidad. El propósito del trabajo de investigación fue buscar un método que sea económico, duradero y ambientalmente sostenible, la bioingeniería nos brinda la solución a este problema, con el uso de pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) se pretende estabilizar al talud, evitar la erosión hídrica y pérdida de suelo, a través de los muchos beneficios de este pasto como retención de suelo a través de sus raíces profundas, crecimiento rápido, no es invasiva ya que solo se reproduce por esquejes, su sección en V hace que no se pierda suelo más bien lo retiene y recupera, sobrevive a medios extremos como a la presencia de cianuro, es un agente antierosivo, entre otros.

La población del centro poblado de Casablanca tiene como principal actividad económica a la agricultura y tiene solo una vía de acceso, esta carretera presenta pérdida de suelo en los taludes de corte a causa de las

constantes lluvias, con pendientes 1/1 de 45°, esto permite que el agua discurra y arrastre suelo, además de los deslizamientos, pudiendo ocasionar accidentes con pérdidas económicas y materiales, limitando el traslado de sus productos agrícolas hacia los mercados locales y nacionales.

La investigación estableció monitorear parámetros iniciales y finales para obtener resultados que demuestren la eficacia de la bioingeniería aplicando el pasto vetiver y sin el pasto vetiver.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La estabilización o estabilidad de taludes es una parte importante en la construcción de vías y carreteras, puesto que la estabilidad de los mismos es fundamental para que la carretera sea segura y funcione correctamente. Al momento de realizar la ejecución de la obra se debe tener en cuenta muchos factores, como la inclinación del talud, la pendiente del talud, su altura, entre otros para evitar posibles riesgos, por no tomar en cuenta estos factores.

La inestabilidad de los taludes ocasiona posibles desprendimientos de los materiales que lo conforman, como son roca, tierra, arena, lodo, que pueden impedir el paso de los vehículos en la calzada de la vía y generar posibles situaciones de riesgo, los materiales desprendidos generan también colmatación de ríos, deterioro de vías de comunicación y afecta al paisaje.

Los taludes de corte y relleno son áreas sumamente susceptibles ante la erosión hídrica y más aun a los movimientos súbitos de masa, al alterar la cubierta inicial que muchas veces consta de cubierta vegetal, está cubierta ayudaba a sostener y estabilizar al talud antes de ser modificada o alterada con fines de construcción de apertura de nuevas carreteras.

Las causas más comunes de inestabilidad de un talud son: talud con mayor pendiente (no teniendo descanso natural) por corte o relleno, interrupción de la trayectoria de drenaje generado por la obra de construcción de carretera, socavación debido a la erosión de agua superficial y pérdida de resistencia con el tiempo debido a procesos de reptación, ya que el talud alterado va buscar llegar a su pendiente de descanso.

La erosión hídrica es el resultado de la falta de tratamiento adecuado al talud que ha sido ya modificado, la erosión es causada por las constantes lluvias que recae sobre este suelo desprovisto de cubierta inicial (cobertura vegetal).

MTC, (2013) en su Manual de Carreteras Conservación Vial, contempla un tratamiento de protección Sección 260: Defensa de Taludes Ante la Erosión Actividad: Periódica Consta de la defensa de taludes en corte y en terraplén ante el desgaste producido por la erosión haciendo uso de ciertas especies de plantas locales como la semilla de pasto, la grama y otras variedades más. En las zonas designadas por contrato o por la Supervisión.

Este Manual de Carreteras – Conservación Vial, que comprende guías, procedimientos y normas para la dirección de actividades técnicas que son realizadas rutinariamente y periódicamente las cuales se realizan con el fin de que las vías se mantengan dentro de grados de servicio apropiadas, tanto en lo referido a las fases de mantenimiento que son rutinarias, así como también de mantenimiento periódicos. En su sección 260 referido a Protección de Taludes contra la erosión, no está siendo implementada en las partidas de los expedientes técnicos en la construcción de caminos vecinales (carreteras).

Esta omisión por parte de los proyectistas, genera esta problemática de un talud inestable, vulnerable ante erosión hídrica y también ante movimientos en masa (deslizamientos), afectando al talud que esta desprotegido, en las ejecuciones de obras de carreteras, generando impedimento a la comunicación vial, por obstrucción del tráfico debido a posibles desprendimientos de material suelto como rocas, arena, lodo, tierra.

Se propone la Bioingeniería como método de solución para esta problemática, siendo este método eficaz, económico, sostenible y armonioso con el paisaje. La utilización de las plantas como agentes anti erosión es una práctica generalmente usada en otros países, y lo tomamos como ejemplo para implantarlo a nuestra región y evaluar el porcentaje de eficacia que nos brindara este método amigable y beneficioso con el ambiente.

En nuestra región así como en la región costa esta problemática de falta de un tratamiento a los taludes de corte y relleno que por acción de las lluvias causa erosión hídrica en las obras de apertura de nuevas carreteras y carreteras ya construidas , afecta a las comunidades quienes presentan problemas, durante o después de la ejecución de la obra, como deslizamiento

de material suelto producto del suelo desestabilizado, por falta de cobertura vegetal que ayudaría a la retención del suelo y a estabilizar el talud, pérdida de suelo, colmatación de los ríos. El centro poblado de Casablanca lugar donde se ejecutará el proyecto, es una zona vulnerable a los deslizamientos a causa de erosión hídrica, por las constantes precipitaciones, así también por la acción del viento, la construcción de la carretera que la unirá con el centro de poblado de Hualgayoc, está generando situaciones de riesgo que con el presente trabajo de investigación se pretende solucionar.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la eficacia de la bioingeniería en la estabilización de taludes de corte y relleno ante la erosión, en la carretera del centro poblado de Casablanca, Casma–Huaraz 2021?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cuáles son los parámetros químicos del suelo obtenidos con el uso de la bioingeniería en la estabilización de taludes de corte y relleno ante la erosión hídrica?

¿Cuáles serán los parámetros físicos de la planta, obtenidos antes y después del uso de la bioingeniería en la estabilización de taludes de corte y relleno ante la erosión hídrica?

1.3. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficacia de la bioingeniería en la estabilización de taludes de corte y relleno en presencia de la erosión, en el centro poblado de Casablanca, Casma–Huaraz 2021.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar los parámetros químicos obtenidos con la aplicación de la bioingeniería en la estabilización de taludes de corte y relleno ante la erosión, en la carretera de Casablanca, Casma–Huaraz 2021.

Determinar los parámetros físicos obtenidos con la aplicación de la bioingeniería en la estabilización de taludes de corte y relleno ante la erosión, en la carretera de Casablanca, Casma–Huaraz 2021.

1.5. JUSTIFICACIÓN

La bioingeniería, comúnmente llamada como “Ingeniería naturalística”, es una disciplina que hace uso de plantas vivas o partes de ellas, como agente anti erosivo y para la estabilización de suelos, es una técnica económica y sostenible en el tiempo.

La bioingeniería estudia la protección de suelos, de obras de infraestructuras como aperturas de carreteras, por medio del uso de especies vegetales que pueden adaptarse a las condiciones de la zona y que incrementen la recuperación del talud afectado, con el objetivo de aminorar sus efectos sobre el medio ambiente (perdida de suelo por los desprendimientos de material, el río por la colmatación generada por material suelto), y la comunidad afectada.

Por medio de esta técnica de Bioingeniería para estabilizar los taludes en la carretera del centro poblado de Casablanca, los beneficios que tendrá la comunidad referente a salvaguardar su seguridad reduciendo el riesgo de posibles deslizamientos del talud será un aporte de importancia por parte del proyecto hacia la comunidad.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La época del año para la ejecución del proyecto debe ser a inicios de la temporada de lluvia, para un fácil crecimiento del pasto (octubre a marzo).

Si el talud tiene una pendiente muy inclinada y alta, sería difícil plantar y regar la vegetación.

El talud debe tener la cantidad suficiente de tierra para que el pasto pueda desarrollarse debidamente, debe evitarse plantar el pasto Vetiver, en taludes de roca fija, roca suelta.

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. AMBIENTAL

La bioingeniería de suelos usa la planta o parte de ella para solucionar problemas de erosión e inestabilidad en taludes de corte y relleno, a diferencia de las tradicionales soluciones con estructuras de concreto, la bioingeniería brinda una opción amigable con el ambiente ya que con el uso del pasto vetiver se contribuye a cubrir el talud con vegetación, protegiéndolo contra la erosión hídrica y posibles deslizamientos.

1.7.2. TÉCNICO

La bioingeniería es una técnica práctica y relativamente sencilla, solo necesita de cierta capacitación en cuanto al tipo de planta a utilizar, dependiendo de la zona en donde se requiere ejecutar la siembra, el mantenimiento también depende del tipo de planta o pasto a utilizar, muchas veces solo necesita de una poda cada 4 meses, para que las raíces crezcan aún más reteniendo el suelo con sus raíces profundas.

La bioingeniería con el uso del pasto Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) es muy beneficioso porque este pasto tiene excelentes propiedades como: llegan a la etapa adulta en solo cuatro meses, tienen raíces muy profundas que pueden llegar a los 4 metros para retener el suelo y estabilizarlo, fomenta su aplicación como una barrera viva no invasiva, extraordinaria aptitud como fijadora de tierras sueltas, todas estas propiedades que tiene este pasto facilitan la viabilidad del proyecto.

1.7.3. SOCIAL

El tratamiento de taludes con la bioingeniería de suelos genera una mayor satisfacción de contribución con el medio ambiente y entorno social, ya que el adecuado uso de esta técnica da una solución económica, sostenible, duradera y ecoamigable, salvaguardando la integridad de las personas que transitan por las carreteras cuyos taludes hayan sido tratadas o estabilizadas con el uso de cubierta vegetal,

además de evitar la colmatación de ríos por material suelto proveniente de deslizamientos del talud.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Hernández, y Gardado, (2014) artículo científico: Control de la erosión mediante Bioingeniería en presas de colas de la industria del Níquel. Revista Minería y Geología, Cuba. Resumen:

El objetivo del presente trabajo pretende desarrollar el uso de métodos de la bioingeniería para proteger efectivamente la superficie de la erosión hídrica y del viento, de en este caso de los taludes presentes en las presas de cola ubicadas en la industria de Níquel en Moa. La metodología empleada es restablecimiento de las presas de colas, haciendo uso de los conocimientos de la bioingeniería. Se realizó en las siguientes fases: trabajos de sellaje de las zonas inactivas; zonificación de los peligros de la presa de colas; elección de las especies vegetales que se usarán y edificación de bancos de reproducción de plantas; preparación técnica de los taludes; monitoreo inicial de suelo, agua y aire; elección de las técnicas de bioingeniería para el controlar la erosión; rehabilitación biológica. Como resultado, se consiguió evidenciar la capacidad de la metodología utilizada, reconociendo las técnicas para la restauración de las presas de colas de la industria del níquel, enfatizando en la relevancia de una acertada elección con las especies vegetales y formas para emplearlos para la restauración de la estabilidad de los taludes. Las conclusiones fueron que por medio del uso de la bioingeniería y sus técnicas se consiguió una estabilización eficaz, superando el 95% del control de erosión superficial de los taludes. La adaptabilidad de las especies vegetales que se seleccionaron fueron altas, logrando así un grado de supervivencia del 90%, lo cual cumple con cada objetivo que se planteó de lograr una cobertura muy efectiva.

Muñoz (2016) tesis en maestría: “Revisión panorámica del uso del pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) en reparación de taludes como sistema de bioingeniería del suelo. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Colombia. Resumen:

El objetivo de la tesis fue examinar la eficacia del empleo del pasto Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) para reparar taludes de algunas zonas en Colombia, precisamente un recorrido de la vía Florencia – Huila en el departamento de Caquetá. La metodología para este estudio se eligió el enfoque cualitativo de tipo exploratorio con un diseño no experimental. Se seleccionó hasta 110 documentos y de ellos se usaron 80 de las cuales a través de un método deductivo se investigó la información relacionada con el suelo, características, estructura y tipos así como la explicación de la erosión y las variadas formas en las que se genera; también acerca de las formas de control de taludes erosionados, partiendo de la ingeniería convencional, la bioingeniería, la biotecnia, los tipos más adecuados para la bioingeniería y técnicas de control de taludes como el uso del pasto vetiver. Seguido a ello se escogieron 30 documentos que contenían la información más apropiada y oportuna, y que también contengan semejanzas en términos de su implementación en zonas que sean secas y tropicales. Se llegó a las conclusiones siguientes, los resultados, los cuales se encuentran en varios documentos sugieren que la aplicación característica del conocimiento de ingeniería convencional para controlar los taludes erosionados es insuficiente e incluso tienen muy poca duración en el tiempo debido al uso del hierro el cual se corroe con el tiempo. Es por ello que el unir o combinar tanto las técnicas de Bioingeniería juntamente con las técnicas de la Ingeniería Convencional en base a los resultados que se han obtenido son una buena opción para aquel que quiera realizar estos proyectos. De acuerdo con los estudios realizados en todas las investigaciones de donde se acudió, muchos recomiendan el uso del pasto vetiver debido a su fortaleza, la velocidad de crecimiento y tolerancia a las variadas clases de suelo y también por ser un pasto que puede vivir hasta 70 años.

Escobar y Orduña (2014) tesis: “Viabilidad de la implementación del pasto vetiver para la estabilización de taludes en Colombia período I, año 2014”. Universidad Católica de Colombia. Resumen:

Se tuvo como objetivo ejecutar una revisión bibliográfica, para ubicar las áreas en las que se puede implementar el uso de pasto vetiver para la contención de taludes, debido a su interacción vista en las condiciones climáticas y suelo de Colombia. La metodología del presente trabajo explicará cómo mediante el uso de este pasto para estabilizar taludes también puede favorecer al medio ambiente y económico. La siguiente investigación estará compuesta por la descripción de su uso según muchos países y los resultados que se obtuvieron en diversas situaciones. La conclusión a la que se propone llegar mediante este trabajo es a distinguir como el implementar estos materiales, los cuales son menos nocivos para el ambiente, ayudan a contener y disminuir la erosión en taludes, como por ejemplo tenemos la aplicación del uso barreras vivas con la siembra de pasto vetiver. Para lograrlo se debe tener en cuenta en primera instancia que se deben de dar las condiciones adecuadas para que durante la estabilización del talud este no falle en los primeros días o semanas mientras las raíces aún están creciendo. El pasto vetiver es idóneo para disminuir la humedad en el suelo y disminuir así la presión que ejerce el agua sobre los poros, esto como resultado de su profunda y masiva red radicular, por ello es capaz de aumentar la absorción en condiciones de saturación y minimizar el riesgo de falla en el talud. Dependiendo de las circunstancias de la erosión que puedan observarse en la superficie del talud que se va a consolidar, el crecimiento del pasto también condiciona su uso, para que actúe como follaje al menos hasta que se obtenga una capa que defienda el talud de las condiciones climáticas o meteorológicas.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Martínez (2014) tesis: “Estabilización de taludes con reforestación” Universidad Nacional de Ingeniería. Resumen:

El propósito de la tesis fue definir la relevancia de la implementación de vegetación en los taludes para controlar la erosión hídrica. Desarrollar un estudio comparativo de variadas estrategias para controlar la erosión hídrica, haciendo uso de: Geoceldas con Kikuyo, y solo Kikuyo; aplicadas a un modelo físico. La metodología del presente trabajo recopila mucha información existente acerca de la teoría de análisis a taludes, la función de las plantas en su estabilidad, los problemas que perjudican su estabilidad, los métodos y aplicaciones de la bioingeniería para su estabilización, las diferentes especies que se recomiendan y que han sido usadas en nuestro medio, trabajos complementarios que nos confirman su efectividad y la experiencia adquirida de distintos trabajos ejecutados previamente. En forma aplicada se evaluó la estabilidad de un proyecto en ejecución y que presentaba dificultad debido al deslizamiento. Se llegó a los resultados y conclusiones que a continuación se exponen: La cobertura vegetal la cual cubre el terreno contra la erosión, normaliza la humedad que tiene y apoya la estabilidad mecánica mediante sus raíces y tallos. En función a los casos y teoría demostrados, podemos deducir que: Un sistema de reforestación es aplicable como estabilizador en taludes siempre y cuando la falla presentada en el talud no ponga en riesgo la vida de personas o seres vivos, equipos o construcciones. Esto se debe a que el comportamiento de las plantas al reforzar mecánicamente el talud es impreciso porque es afectado por diversas condiciones como, por ejemplo: sus condiciones climáticas que favorecen su crecimiento y desarrollo, la velocidad a la que se desarrolla, su establecimiento, etc. Es por eso que solo se aplican si se tiene estas condiciones principales para poder asentar las especies forestales integradas; por ende, es también importante escoger las especies forestales que tengan esa capacidad de poder adecuarse a las condiciones que presenta el ambiente donde se usarán.

Arias (2014) tesis: “Análisis de técnicas de bioingeniería para control de erosión hídrica en taludes con la gramínea kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Universidad de Ingeniería. Resumen:

La tesis tiene como fin indicar la relevancia de revegetar los taludes para controlar la erosión hídrica. Efectuar un estudio comparativo de variadas formas con el objetivo de controlar la erosión hídrica, haciendo uso de geoceldas con Kikuyo, y solo Kikuyo; todo esto a través de un modelo físico. La metodología del presente trabajo también explicará cuáles son los procedimientos y ecuaciones efectuadas en gabinete para tener los parámetros con los cuales se proyectarán las conclusiones del estudio. Los resultados: es importante indicar que los resultados entregados se apoyan en 18 ensayos para cada etapa (1 y 11), donde se modificó los caudales individuales de 5 l/s/m a 35 l/s/m y con periodos de ensayo de 10, 30 y 60 minutos por cada caudal, el suelo usado fue en sí una arcilla limosa de baja plasticidad (CIMI), siendo las coberturas de pasto Kíkuyo ($M = 878$ tallos/m² y $h = 0.2$ m) y de pasto Kíkuyo reforzado con Geoweb ($M = 896$ tallos/m² y $h = 0.25$ m) .

Núñez y Sánchez (2016) tesis: “Riesgo A Deslizamiento En Taludes Del Sistema Vial Lampa – Pariahuanca, Huancayo”. Universidad Nacional del Centro del Perú. Resumen:

El objetivo en esta investigación propone establecer un medio de conocimiento a los sectores que involucra estos taludes, saber el nivel de riesgo que presentan frente a los deslizamientos, en taludes del sistema vial Lampa – Pariahuanca, conocer que factores principales son la causa de la inestabilidad del talud, y en que época son más propensos que se den los deslizamientos. La metodología usada en este trabajo hace uso del Método científico Aplicado; y de corte transversal (Descriptivo, analítico y comparativo). Se tuvo como resultados y conclusiones 1. Los factores geotécnicos que generan el deslizamiento en taludes en el sistema vial Lampa-Pariahuanca, son la poca resistencia al esfuerzo cortante del suelo (cohesión baja) y la sismicidad a la que está expuesta la zona conjuntamente con las lluvias, donde el factor de seguridad (FS) disminuye, para el talud N°1 se redujo en un 21.77%, y para talud N°2 en un 31.76%. 2. El nivel de peligro más crítico en ambos taludes se presenta en época lluviosa con presencia de sismo, para el

talud N°1 del sector de Huasapa existe un peligro del 51%, con un nivel de peligro alto. Para el talud N°2 del sector de Valle Progreso existe un peligro del 75% con un nivel de peligro muy alto.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Mays (2018) tesis: “Reducción de La erosión hídrica del suelo, con el uso de la *Vetiveria zizanoides* en la microcuenca de Tingoragra – Nauyan Rondos, provincia de Huánuco”. Universidad de Huánuco. Resumen:

Esta tesis tuvo el proposito de disminuir la erosión hídrica, haciendo uso de la *Vetiveria* “*Chrysopogon Zizanoides*” en las superficies de la microcuenca de Tingoragra-Rondos, Provincia de Huánuco. La metodología empleada de la presente tesis busca mostrar la cuantificación de la pérdida de suelo debido a la erosión superficial durante temporadas lluviosas, teniendo en cuenta tres microparcels diferentes: varillas de erosión y la planta *Vetiveria Zizanoides*, y también plantas nativas del lugar, y solo varillas de erosión sin contar con algún tipo de cultivo. Se dedujo las siguientes resoluciones. Se demostró que el suelo de la microcuenca Tingoragra – Rondos, es Franco, teniendo grandes porcentajes de limo y arena; logrando pérdidas de nutrientes de (Mg, P y Ca) en Kg/ha, debido a las escorrentías superficiales que se produjeron en los meses de noviembre hasta febrero que es cuando se presentan las escorrentías superficiales durante las precipitaciones altas. El nivel de precipitación pluvial que se produjo en esos 5 meses en que efectuaron los cálculos resulto ser de 390.2 mm. Considerando que hubo pocos registros de precipitación durante solamente octubre, también se reportó altas precipitaciones en los meses de noviembre y diciembre y un registro medio durante enero hasta febrero. Estos datos se conocen mediante el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) de Huánuco. Gran parte de suelo que sufrió erosión reportado debido a las lluvias se encuentran en la Microparcels 03 – (Sin Plantaciones) con 11.68 (Ton/Ha/Periodo de lluvia), la cual le sigue la Microparcels 02 – (Plantación de Plantas Nativas) con 11.20

(Ton/Ha/Periodo de lluvia), por último, la Microparcela 01 – (Plantación de Vetiveria Zizanoide) con 10.59 (Ton/Ha/Periodo de lluvia).

Huamani (2014) informe: “Propuesta de estabilización de taludes con pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*, L.) en el canal de irrigación - tingo de ponaza”. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Resumen:

El presente trabajo tiene como objetivo plantear métodos para estabilizar taludes haciendo uso del pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*, L.) a través del canal de irrigación - Tingo de Ponaza. La metodología empleada en este escrito se aprecia la idea de usar pasto vetiver para poder estabilizar los taludes (*Chrysopogon zizanioides*, L.) en el Canal de Irrigación - Tingo de Ponaza. El uso de pasto vetiver para estabilizar taludes se aplica en el área de Medio Ambiente y Desarrollo Económico, en la cual dispone de medidas técnicas y baratas para estabilizar taludes mediante el pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*, L.) en el canal de irrigación - Tingo de Ponaza. Se concluye planteando que los medios usados para estabilizar los taludes mediante el uso del pasto en un área total de 22,993.00m² cubriendo el pasto un área de 19,878.00m² de superficie inestable, definidas en 98.00 unidades de corte del Canal de Irrigación – Tingo de Ponaza. Se calculó que como tuvo un costo inicial en la instalación de s/. 188,657.16 a su vez incluye el mantenimiento que se realizó para toda el área de 22,993.00m² de los cuales solo se cubrió 19,878,00m² de su suelo inseguro o inestable.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. BIOINGENIERÍA DE SUELOS

Navarro, (2008), la bioingeniería emplea arbustos, pastos, y árboles, así como muchas otras variedades de plantas para el diseño de ingeniería con el objetivo de mejorar y proteger las laderas, los taludes naturales o artificiales, terraplenes y estructuras de las dificultades que tienen que ver con la erosión y otras formas de derrumbes superficiales en laderas.

Es así como la bioingeniería es utilizada como técnica porque proporciona múltiples soluciones que reducen el costo a muchas de las preocupaciones medioambientales, las que están relacionadas con el progreso de la infraestructura y la progresiva erosión del suelo. Los ingenieros lo usan como una habilidad para aumentar la eficiencia en su trabajo. No es una práctica nueva, ya que se tienen registros de hace cientos de años en las que la vegetación ha sido empleada como un medio para preservar y proteger la tierra. (Navarro, 2008)

Durante los pasados 15 años, la demanda de una ingeniería ambientalmente sólida y eficaz que a su vez sea económica, ha generado nuevos avances en la bioingeniería, lo cual género que muchas regiones empiecen sus propios programas y se pueda obtener diversas experiencias de aplicaciones de muchos países. (Navarro, 2008)

2.2.2. DEFINICIÓN DE TALUD

MTC, (2018) define al talud como la inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, ya sea en zonas de cortes como también en terraplenes. Esta inclinación consiste en calcular la tangente del ángulo que se forma entre el plano de la superficie y una línea teórica horizontal.

Los taludes que se usan en las secciones en corte, varían según las cualidades geomecánicas del terreno; su inclinación, elevación, y demás factores de su estructura, se definirán de acuerdo al estudio geológico o de mecánica de suelos, también el estado del drenaje subterráneo y superficial, dependiendo del caso, con el objetivo de ubicar las circunstancias de su estabilidad, característica que debe observarse primeramente durante el diseño del proyecto, fundamentalmente en las áreas que tengan fallas geológicas o materiales inestables, para escoger por una mejor decisión para solucionarlo. (MTC, 2018)

2.2.3. FALLAS DE TALUD

Se clasifican de las siguientes clases: Fallas: según (JRA ,1984).

(I) Fallas de talud

- Corte

Fallas consideradas superficiales (A)

Fallas consideradas de corte profundas (B)

Fallas consideradas profundas y anchas (C)

- Relleno

Fallas consideradas superficiales (D)

Fallas consideradas de relleno profundas (E)

Fallas las cuales llegan al terreno de cimentación de terreno (F)

(II) Fallas de talud (caídas superficiales, desprendimiento de rocas en taludes naturales, fallas profundas). (JRA ,1984).

Resulta más complicado poder diferenciar entre las fallas consideradas de corte profundas (B), de fallas consideradas de talud (II) y fallas consideradas profundas y anchas (C), de deslizamientos, debido a que los desplazamientos y las fallas del talud son frecuentemente provocados debido al esfuerzo de corte. Incluso, los taludes de relleno colapsan muy a menudo cuando se realiza, en las cabezas de los antiguos deslizamientos, el relleno, sin embargo, esto se conocen comúnmente como deslizamientos, en lugar de fallas de talud de relleno las cuales llegan hasta el terreno de cimentación (F). (JRA ,1984).

(I) Fallas de talud de corte

1) Fallas superficiales (A) Ocurre al formarse taludes de corte incluyendo sedimentos susceptibles a la erosión, arena sin

capacidad cohesiva, o arena o ceniza volcánica, los taludes colapsan localmente debido al agua de infiltración o también conocido como agua superficial. Las fallas de talud se generan más sencillamente en lugares los cuales el granito está descompuesto por intemperismo. Al extraer rocas considerablemente fracturadas, rocas fácilmente intemperizables o rocas con fisura, suelen ocurrir caídas parciales del talud producto de la vibración durante las obras, por subsecuente intemperismo, o por remoción de carga por corte. (JRA ,1984).

2) Fallas de corte profundas (B) Los taludes considerados de corte caen usualmente en partes de gran profundidad del talud, en la cual los planos de juntas o estratificación corren de manera regular siguiendo el curso del talud en capas alternadas de esquisto cristalino, lutita o arenisca, en la cual las fallas acompañan a las zonas fracturadas, y venas o fisuras grandes se encuentran en medio de taludes de corte y buzan hasta el talud. Una falla de talud considerada de gran escala suele suceder en varias situaciones al excavar un terreno el cual se encuentra cubierto de un gran espesor de sedimentos de tipo cono de talud. En áreas donde se excava la arcilla que se desarrolla a través de las fisuras suelen caerse sedimentos sobre la roca basal. Los indicios que generan estas fallas no se distinguen tan sencillamente, aparecen súbitamente en la mayoría de los casos, provocando así la pérdida de vidas y muchos desastres (JRA ,1984).

3) Fallas profundas y anchas (C) Fallas consideradas de talud de deslizamientos que se dan a gran escala o profundas suelen presentarse en un rango extenso de taludes si son zonas de falla fracturada, tufo transformado considerablemente lodolita o limolita semi-solidificada. Igualmente se presentan fallas de deslizamiento a mayor escala juntamente con la excavación eso se debe al incremento del nivel freático del terreno luego de la

lluvia en un terreno diluvial, que está conformado por capas intercaladas de suelo limoso y arcilloso buzando hasta el talud. Aquellas fallas que se describieron antes en varios casos avanzan muy despacio a través de las superficies de deslizamiento que son más eminentes; la dirección y rango de las fallas se logran pronosticar en periodos iniciales mediante las grietas que se producen en el talud. Por lo tanto, hay tiempo ideal para revisar las medidas de protección para solucionar este tipo de fallas. (JRA, 1984)

(II) Fallas de taludes de relleno

1) Fallas superficiales (D) La parte superficial del talud se erosiona debido al agua concentrada; estas continúan progresando gradualmente en varias circunstancias debido a que los taludes se formaron de suelos susceptibles a la erosión y cuando no se colocaron correctamente los sistemas de drenaje. Después de la lluvia la porción más amplia del terraplén puede llegar a colapsar, esto se debe a que se usó una superficie la cual es sencillamente afectada por el agua de infiltración o cuando el suelo que tiene de cobertura que se derrumba sin esfuerzo debido a la lluvia poco después de finalizar la obra. Estas fallas superficiales en contadas ocasiones afectan las funciones del cuerpo principal de relleno; aunque, por lo general ocurren sobre una superficie amplia del cuerpo de relleno. (JRA ,1984)

2) Fallas de relleno profundas (E) Las presiones de poro producidas del interior del relleno tienen la capacidad de incrementar y generar fallas en lugares profundos del mismo al construirse rápidamente un alto relleno que posee una superficie cohesiva que contiene altos niveles de humedad. De igual forma cuando son construidos terraplenes en un talud, el nivel freático en el terraplén puede llegar a elevarse no exclusivamente por medio de la lluvia, sino también por el agua que se infiltra del

terreno como consecuencia de la falla del terraplén. La magnitud de este tipo de fallas es tanto que en varias situaciones se perdieron totalmente las funciones del terraplén.

3) Fallas que alcanzan el terreno de cimentación (F) En el terreno de cimentación se genera una superficie de deslizamiento y puede llegar a pasar una falla de gran proporción que alcance el terreno de cimentación si un terraplén se forma en un talud empinado teniendo una superficie ampliamente intemperizada, o también puede ser mediante un talud interestratificado con una superficie que es muy deslizante. Un caso común de esta clase de fallas suele ocurrir en los terraplenes que fueron construidos en terrenos blandos. Se producirá un nuevo deslizamiento, generando como resultado una falla muy grande del terraplén ubicada en la parte superior de un área de deslizamiento anterior. Se debe poner suma observación a estas fallas, debido a que son provocadas por la construcción de terraplenes en taludes naturales considerados inestables y que poseen un alto riesgo de deslizamiento. Por lo general están propensos a generar enormes desastres con un daño grande sobre extensas áreas (JRA ,1984)

Carretera – vía terrestre:

Afectan a los taludes en su estabilidad, debido a los procesos de relleno y corte, concentración de aguas de escorrentía y deforestación. Las evaluaciones que se realizan en todo el mundo señalan que son más frecuentes los deslizamientos en las carreteras. Ocurren a lo largo de ellas, usualmente muy inminente después de la construcción de la misma, también si consideramos las características geológicas de esos materiales y su morfología de rellenos y cortes, pueden llegar a perdurar por varios años. (Suarez, 2009).

2.2.4. CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS POR OROGRAFÍA

Las autovías de Perú, en base a la orografía dominante del terreno por el que realiza su trazado, se clasifica de la siguiente forma: (MTC, 2013)

Terreno plano (tipo 1): Posee pendientes transversales al eje de la vía teniendo valores iguales o también menores que 10% y sus pendientes longitudinales generalmente de 3%, requiriendo un movimiento mínimo de tierras, debido a ello no tiene tantas dificultades para su trazado (MTC, 2013).

Terreno ondulado (tipo 2): Posee pendientes transversales con sus valores variando de 11% y 50% y sus pendientes longitudinales generalmente de 3% y 6%, requiere un movimiento moderado de tierras, lo que hace posible alineamiento casi recto, y no presenta mucho problema en su trazado (MTC, 2013).

Terreno accidentado (tipo 3): Posee pendientes transversales con valores entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales generalmente de 6% y 8%, por lo que necesita notables movimientos de tierras, por ello es más difícil su trazado.

Terreno escarpado (tipo 4): Posee pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales raramente están por encima del 8%, requiriendo el máximo de movimientos de tierras, por ello es mucho más difícil realizar su trazado (MTC, 2013).

2.2.5. ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

Se basa en efectuar obras precisas de estabilización, tales como el escalonamiento o tendido de taludes, encauzamiento de aguas a través del drenaje superficial y subterráneo y/o edificación de obras de contención, entre otras más, todo ello siguiendo el estudio de estabilización geotécnico que se realizó antes y el contenido del Expediente (MTC, 2013).

Su propósito es prevenir la aparición de derrumbes en la autovía, que dañan o impiden la correcta circulación de los vehículos, y evitar poner en riesgo a los que lo transitan. Estos trabajos deben ser ejecutados de forma periódica según las necesidades y recursos disponibles, considerando también los planes, políticas y programas institucionales (MTC, 2013).

Materiales

Dependen del tipo de trabajo u obra que se requiere ejecutar, debido a ello la especificación de cada material se debe incluir en las especificaciones especiales según sea la situación. (MTC, 2013).

Herramientas y Equipos

Dependen también de cada obra o trabajo que se va a realizar (MTC, 2013).

Procedimiento de ejecución

El proceso que se usa para la ejecución de los trabajos se describe a continuación: (MTC, 2013).

1. Emplear dispositivos de seguridad y también señales preventivas.
2. El personal necesariamente tiene que usar cascos, los elementos de seguridad industrial y uniformes siguiendo las normas previamente establecidas.
3. Asignar los equipos, los materiales y los trabajadores, por taludes, de acuerdo con el programa definido contractualmente para la ejecución.
4. Sacar algunas tomas fotográficas de los casos que sobresalen, tanto al inicio como también en el avance
5. Empezar los trabajos y las obras requeridas siguiendo las cláusulas contractuales y siguiendo los planos y también en base a los específicos estudios técnicos. En toda situación, se debe respetar las especiales especificaciones que se han descrito en el Expediente Técnico.
6. Desplazar del talud el material que salió haciendo uso de volcadores o montacargas, hasta el almacén de excedentes definido y dispuesto específicamente para ello.

7. Verificar si la estabilidad es apropiada en el talud y comprobar su comportamiento constantemente. Después de finalizar las obras, se procede a quitar los dispositivos de seguridad y señales inversamente de cómo habían sido instalados.

8. Sacar las fotos de casos resaltantes y/o representativos, al casi finalizar el trabajo. (MTC, 2013).

Medición

Para medir la Estabilización de Taludes se usa el metro cuadrado (m^2), de área de talud estabilizado aproximándose al valor del metro cuadrado completo o la correspondiente al Indicador de Nivel de Servicio o al Indicador de Conservación, dependiendo de la situación (MTC, 2013).

2.2.6. EROSIÓN HÍDRICA

Se describe como un proceso físico, que lo conforma el arrastre de partículas de suelo y desprendimiento de suelo debido a la caída de agua en forma de lluvia. Esas gotas deshacen la superficie mientras que el agua de escorrentía se encarga de efectuar la sedimentación y también el transporte. (Hudson, 1982).

La erosión hídrica, por ende, consiste en el procedimiento provocado debido al agua, normalmente, de las lluvias las cuales en parte se infiltran y también parte de ella se desliza en la superficie, trasladando todo lo que fue dispersado en suspensión (La Torre, 1985)

Mecánica de la erosión hídrica

Low y Paulet (1967), aluden que hay dos procesos en los que consiste la mecánica de la erosión:

Etapas de desprendimiento:

Abarca diseminación de partículas de la superficie debido al choque de las gotas de agua en el suelo y mediante el continuo impacto de estas que dejan las partículas finas en suspensión y las partículas gruesas en rodamiento. En este proceso depende mucho si la superficie

está cubierta por alguna cubierta vegetal que evitan que sean fácilmente afectadas para su desprendimiento. Kirkby (1984), el principal factor del desprendimiento es el agua presentado como lluvia. Mientras mayor sea la rapidez de la lluvia siendo así el impacto de sus gotas más acelerado, el suelo será esparcido en mayor proporción.

Etapa de arrastre o transporte

Consiste en el movimiento total del suelo, cuando se desplaza de un lugar a otro. Para que esto ocurra tiene que haber escorrentía la cual solo se genera si la velocidad de infiltración es superada por la intensidad de precipitación. Por ejemplo, las partículas que conforman la arcilla se desunen o desprenden más difícilmente en comparación que los de la arena, pero en cambio al transportarse es más fácil que las partículas de arena (FAO, 1967).

2.2.7. TIPOS DE EROSIÓN HÍDRICA

Se presentan en diversas formas como: erosión en cárcavas, erosión en surcos, erosión laminar y muchas otras formas de remoción en masa. Siendo la erosión en surcos y laminar las más perjudiciales (Dourojeanni y Paulet, 1967).

La erosión hídrica se presenta en las siguientes maneras:

Por movimiento de partículas:

a. Erosión laminar

Es la forma más frecuente, pero no tan perceptible y quizás la más perjudicial al momento de limpiar la superficie más fértil (FAO, 1967).

Consta también de la destitución de capas delgadas y más o menos uniformes de suelo a lo largo de una superficie, generado mediante la caída de lluvia sobre un suelo que no ha sido correctamente protegido generando así el arrastre de las partículas (Suárez, 1979).

b. Erosión por surcos

Sucede debido a las irregularidades pequeñas en la topografía del terreno; la concentración del agua superficial es tal en las depresiones que obtiene una velocidad y volumen adecuada para producir fisuras y crear surcos que se realzan en el campo, adquiriendo una mínima resistencia en su trayectoria. Sucede principalmente durante lluvias de mayor magnitud como aguaceros y en zonas con mayores pendientes. Mediante operaciones de labranza sencillamente se logra eliminar estos surcos (Suárez, 1979).

c. Erosión por cárcavas

Se debe al incremento del escurrimiento en velocidad y volumen, generando mucha aglomeración de la escorrentía en ciertas áreas de la zona o incluso al pasar los años permite que se amplíen los surcos, debido a que el agua recorre el mismo tramo durante el tiempo necesario para la generación de cárcavas. Este tipo de erosión se genera más habitualmente seguido de la erosión en surcos y la erosión laminar (Low y Paulet, 1967).

d. Erosión fluvial

Se genera en los cauces, al trasladar el material del lecho y de los lados de una corriente o en una quebrada. La arena que se sedimenta reduce la libertad de traslado, generando la inundación.

Erosión hídrica por transporte de masas:

Consiste en el movimiento de masas y desprendimiento de suelo generado debido a la fuerza del agua.

a. Derrumbes

Es el desprendimiento de masa que conforma el suelo debido a que el talud pierde equilibrio. La fuerza del agua afecta directamente la zona generando socavación.

b. Deslizamientos

Ocurre cuando existe una capa de arcilla la cual es saturada con agua, posibilitando que la masa de suelo se deslice hasta áreas bajas. (Low y Paulet, 1967).

c. Flujos o huaycos

Son generados debido a la humedad que el suelo adquiere tanto que posibilita la creación de un fluido viscoso el cual después de combinarse con el material sólido fluyen cuesta abajo.

d. Mixtos

Aluviones. - se generan debido al represamiento de algún cauce que después tiene un desfogue, llevando todo el material que encuentra en el camino.

Avalanchas. - es la caída de hielo o nieve

Reptación. - es una erosión demasiada lenta que se genera pendiente abajo y avanza partícula a partícula

2.2.8. FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE LA EROSIÓN HÍDRICA

Dourojeanni y Paulet (1967), catalogan estas circunstancias dependiendo de su acción, en pasivos y activos. Siendo la lluvia el factor activo mientras que el factor pasivo pueden ser la topografía, el suelo e incluso la cobertura vegetal.

La mano del hombre puede influenciar a los factores pasivos con el fin de reducir las consecuencias de las precipitaciones y disminuir la energía del agua de escurrimiento (Suárez, 1979).

Factor Lluvia:

La erosividad de la lluvia (En la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo se representa como factor R) manifiesta la capacidad de ésta de generar erosión y escurrimiento. Depende de las cualidades de la lluvia y forman juntamente a la pendiente dos de las características de mayor

impacto al momento de determinar riesgos de la erosión hídrica. Páez (1984).

Factor suelo:

La erodabilidad del suelo (En la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo se lo conoce como factor K) se define como una propiedad intrínseca que expresa la resistencia o susceptibilidad del suelo ante la erosión, que también varía según el manejo al que se les sometió y algunas propiedades físicas del suelo (Suárez de Castro, 1979).

Los elementos vinculados con el suelo que afectan la erosión hídrica en su proceso son los siguientes:

a. Textura:

Está definido por la conformación mecánica o conformación granulométrica del suelo y señala la proporción que hay entre fracciones granulométricas como por ejemplo algunas de ellas son la arcilla, limo y arena (Vásquez y Chang, 1988).

b. Estructura

Viene a formar el modo particular de la forma en que están juntas las variadas partículas del suelo. Considerando la dimensión, forma, y modo de ubicarse de cada agregado estructural, considerando también toda vez que influya en su relación planta-agua-suelo, así también como el almacenamiento de sustancias nutritivas y en el régimen de aereación del suelo. Su estructura afecta a su vez el nivel de la rapidez de infiltración de agua, porosidad y también los movimientos que surgen del mismo interior (Vásquez y Chang, 1988).

Para la erosión del suelo se le considera como de las propiedades físicas principales, esto se debe a que identifica la proporción de agua que puede ingresar al suelo, de igual forma también la resistencia que ofrecen las partículas del suelo ante la distribución debido al choque de las gotas de lluvia y posteriormente su movimiento debido al agua de escorrentía. Este es uno de los factores que recibe más atención, porque

va muy relacionado con la erosión del suelo y su deterioro por medio del choque de las gotas de lluvia (Alegre, 1979).

c. Humedad del suelo:

Mientras más considerable sea la humedad en el suelo durante la lluvia, más rápidamente se logrará la máxima escorrentía y la infiltración mínima (Low y Paulet, 1967).

La rapidez, en un suelo seco, de infiltración es muy grande durante un corto periodo, pero después de que la superficie adquiere humedad, se disminuye muy rápidamente la velocidad de infiltración hasta que tenga una velocidad de equilibrio (infiltración básica), la cual varía según la estructura del suelo y la textura (FAO, 1983).

d. Estabilidad estructural:

La Torre (1985), afirmó que mientras mayor sea la estabilidad, mayor será la resistencia de las partículas del suelo ante la disgregación por el choque de las gotas de lluvia, disminuyendo la escorrentía y la erosión y aumentando la infiltración.

Paulet. M (1967), analizaron muchos índices que evidencian la susceptibilidad del suelo, y se basan centralmente en la estabilidad de los agregados del suelo al impacto de la gota o al humedecimiento, como pruebas se usaron diversos suelos agrícolas de Venezuela que tienen problemas de erosión. Con los resultados podemos asumir que los suelos con que poseen mayor cantidad de limo y arena muy fina presentan poca estabilidad ante el choque de las gotas, debido a las unidades estructurales presentan poca cohesión en sus partículas. En el suelo que posee mucha cantidad de arcilla, se aprecia que la disminución de la conductividad hidráulica se logró cerca de estar finalizando los ensayos, probando así una mayor estabilidad de los agregados. En los suelos más desarrollados, la distribución de tamaño de partículas no es tan considerada en la susceptibilidad del suelo a la erosión; en estos suelos las partículas primarias se hallan formando parte de agregados prácticamente estables.

e. Contenido de materia orgánica:

Dependiendo del contenido de materia orgánica el suelo puede retener el agua, ya que esta materia puede mejorar su estructura. También actúa como formador de agregados, incrementando así la velocidad de infiltración y la porosidad (Baver et al, 1973).

Factor topografía

Wischmeier y Smith (1978), señalaron las expresiones matemáticas para calcular el factor topografía (LS) de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, en base de la longitud de la pendiente (l) y su gradiente en por ciento (s), ecuación NQI, o su gradiente en ángulo (a), ecuación NII2, según la pendiente sea menor o mayor del 20 por ciento, respectivamente. El exponente m varía con el gradiente.

$$LS = (l/22,1)^m (0,065 + 0,045s + 0,0065s^2) \text{ ----- (1)}$$

$$LS = (l/22, 1)^m (0,065 + 4,56\text{sen}\alpha + 65,41\text{sen}^2\alpha) \text{ ----- (2)}$$

Las pendientes consideradas para clasificar las unidades por su capacidad de uso dependen de sus riesgos de erosión. Unidades de tierra con alto riesgo requieren pendientes con un rango más estrecho. En caso de pendientes fuertes se pasa la mayor cantidad de unidades de tierras arables a no arables. (Páez, 1984).

a. Longitud de la pendiente:

Wischmeier y Smith (1978), Determinaron la longitud de la pendiente, en la ecuación Universal de Perdida de Suelo, definiéndolo como la longitud del punto de partida del flujo hasta donde la pendiente disminuye o se extiende y comienza la deposición o el punto donde la esorrentía entra en una canaleta definida la cual puede ser parte de un sistema de drenaje o una canaleta edificada tal como una terraza.

Para suelos en que la rapidez de escurrimiento no está influida por la longitud de la pendiente del terreno, la relación entre la pérdida de suelo y la longitud es prácticamente igual a la raíz cuadrada de la longitud de la pendiente (FAO,.1967).

b. Grado de inclinación de la pendiente:

Este es el factor más considerable porque genera mayores efectos. Por ejemplo, si aumentamos la pendiente o inclinación al doble, la erosión aumentará en más del doble (FAO, 1983).

El ángulo que tengamos de la pendiente es muy significativo ya que determina la eficacia de la erosión por fragmentación. Al aumentar el ángulo mayor es la cantidad de suelo que se dispersa cuesta abajo (Kirkby, 1984).

c. Forma de la pendiente:

Tanto la pérdida del suelo como la escorrentía dependen mucho si son regulares, complejas, convexas o cóncavas (Alegre, 1979).

Usualmente son convexas o cóncavas. Al ser convexa incrementa la rapidez del agua de escurrimiento, el horizonte superficial acaba desvaneciéndose de la parte más inclinada de la pendiente ya que no posee algún tipo de cobertura en las temporadas de lluvias. Los declives cóncavos se aplanan en su parte baja y los sedimentos arrastrados por el agua de escurrimiento se almacenan en esta zona a medida que la rapidez del agua se reduce, sin embargo, al llover demasiado, el agua circula a una rapidez mayor y puede suceder que el agua se concentre más en los declives cóncavos e inicie la creación de cárcavas (Mamani, 1990).

Factor cobertura vegetal

Al tener una densidad favorable llega a ser una defensa natural del suelo que impide la erosión de la misma debido a que absorbe la energía de los impactos de las gotas de lluvia antes de que llegue al suelo (FAO, 1967).

Esta cobertura puede llegar a eliminar o reducir las consecuencias del clima en cuanto a la erosión de la superficie del terreno. Pudiendo llegar a incluso solo generar una pérdida de menos de una tonelada por hectárea al año, este tipo de suelos pueden encontrarse con una

permeabilidad regular o muy alta y en pendientes que varían de 4% a 30% (Low y Paulet, 1967).

Al golpear las gotas al suelo que posee esta cobertura, estas se dividen en gotitas aún más pequeñas de agua que pasan más fácilmente a través de los muchos intersticios y canales del suelo. Cuando estas gotas llegan al suelo desnudo, la fuerza del impacto genera partículas que quedan en suspensión, y mientras el agua se infiltra se almacenan en espacios porosos del suelo, obstruyéndolos y complicando el paso subsiguiente del agua. El suelo se va saturando y el agua es obligada a fluir sobre la superficie del terreno. (Suárez, 1979).

Cuando la cubierta vegetal es menor que el 70% de la superficie la escorrentía y la erosión aumentan velozmente. En campos arables, la erosión es menor cuando los sembrados se vuelven cada vez más densos. En caso contrario ante la ausencia de vegetación la tierra arable es más probable que sea afectada grandemente por la erosión e incluso llegue a perder muchas cantidades de suelo con tan solo un tiempo de estación lluviosa o una tormenta. (Kirkby, 1984).

Factor actividad humana

Las prácticas del hombre que producen una erosión acelerada se da principalmente por la alteración que hacen a las condiciones del suelo y la cubierta natural que solía tener la superficie. Este tipo de erosión se debe a algunas actividades que realizan las personas como cuando preparan la tierra para el cultivo o para construir edificios o fabricas (FAO, 1967).

Ecuación universal de pérdida de suelo

Wischmeier y Smith (1961), realizaron sus estudios durante más de veinte años en parcelas de escorrentía. Después de procesar los datos evaluaron muchos factores que afectaban en la pérdida de suelo, dándonos así la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo. Esta ecuación nos ayuda a determinar la pérdida de suelo siguiendo un modelo empírico para deducir a largo plazo el promedio de la pérdida de suelo en lugares con áreas o superficies específicas, bajo cultivos específicos

y sistemas de manejo, a pesar de que no predice la pérdida de suelo solo para años específicos, puede predecir el promedio anual de pérdida de suelo. A parte, a pesar de no predecir la cantidad de suelo que termina en una corriente o lago si puede predecir cuanto de ese suelo erosiona en un área específica

$$A = R K L S C P$$

donde:

A: promedio de pérdida de suelo calculada durante el período seleccionado para (tn/ha)

R: factor de erosividad de las lluvias

K: factor de erodabilidad del suelo

LS: factor de la longitud e inclinación de la pendiente

C: factor de cobertura y manejo de los suelos

P: factor de prácticas de conservación del suelo

2.2.9. LA INFLUENCIA DE LA VEGETACIÓN EN LOS TALUDES

Según Navarro, (2008), Nos dice que la influencia que tiene la vegetación en la condición en la que se encuentra los taludes pueden describirse de dos formas: Las influencia hidrológica y mecánicas:

Hidrológicamente, la vegetación debido a los procedimientos de intercepción, el flujo radicular, la evapotranspiración, la gasificación del rocío de las hojas y la infiltración, influyen en el volumen y la velocidad de la trayectoria del agua hasta y sobre una superficie de talud.

Mecánicamente, contribuye a su estabilidad debido a que la vegetación incrementa la competencia y fortaleza del suelo solo el que está creciendo. La bioingeniería utiliza ambos

efectos producidos tanto hidrológicos como mecánicos para ejecutar una función de ingeniería.

Las plantas llegan a fortalecer el suelo para evitar el agrietamiento, pueden impedir la erosión laminar en una superficie expuesta y retener las partículas de la superficie que se arrastran por el talud. Los conocimientos de bioingeniería nos ayudan a tener muchos efectos benéficos gracias a la vegetación. La vegetación para ello debe ser seleccionada según las situaciones o entornos específicos del área, la cual llega a establecerse bien y llega a sembrarse con la densidad que se espera para tener un excelente protector de la superficie del talud. (Navarro, (2008).

2.2.10. VENTAJAS DE LA BIOINGENIERÍA ANTE LAS ESTRUCTURAS DE LA INGENIERÍA CIVIL

Según Downs (2010) la bioingeniería demostró ser eficiente con el control de la erosión de la superficie y los movimientos superficiales del subsuelo; a menudo la bioingeniería produce estructuras más eficaces relacionadas al precio en comparación con una estructura estática, gracias a que:

- Al usar de manera apropiada la vegetación puede llegar a fortificarse con el paso del tiempo, por otro lado, una estructura estática se hace más débil con el pasar de los años, haciendo que la bioingeniería sea una mejor opción;
- La bioingeniería emplea elementos cercanos como las rocas y la vegetación; no necesita de insumos importados ni de gastos en divisas;
- Aporta al disminuir los efectos del cambio climático.

2.2.11. PROTECCIÓN DE TALUDES CONTRA LA EROSIÓN

MTC (2013). Consta en la defensa de taludes en corte y en terraplén ante la erosión, al usar ciertas especies de plantas locales

como semilla de pasto, grama entre otros. En el lugar designado por contrato o por la Supervisión.

El propósito es desarrollar una mejora en la consistencia de los taludes en corte y terraplenes por medio del uso de vegetación local apropiada según el lugar y a su vez aportar a la protección ambiental. (MTC ,2013).

Se realizará esta obra anticipadamente a la temporada de lluvias, para poder evitar casos de inestabilidad regulando la rapidez del agua la cual corre por la superficie de los taludes y también la rapidez a la cual se infiltra al cuerpo del talud. Durante la realización de esta obra se debe tener en cuenta, según lo compete, lo establecido en el Capítulo 9 Protección Ambiental en las Secciones 901; 902 y 903 de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras vigente. (MTC ,2013).

Materiales

Principalmente para ejecutar esta actividad está conformado por:
Tierra orgánica y semillas: Las semillas del tipo gramíneas, cuyas cualidades sean apropiadas para la zona. La tierra se obtendrá de áreas aprobadas por la Supervisión, o también de lugares con material para siembra, preferentemente si es tierra de la misma zona que se desee sembrar. La tierra debe estar limpia de elementos ajenos o perjudiciales como troncos, piedras, raíces. Bloques de césped: Deben tener una forma rectangular proviniendo de sitios aceptados por la Supervisión, o también si fueron adquiridos de lugares con tierra para sembrar, preferentemente del mismo lugar donde se sembrará. MTC (2013).

Plántulas: Cuando se trate de sembrar plántulas, se utilizarán plántulas previamente cultivadas.

Fertilizantes: Son descritos por un especialista ambiental. El uso de diferentes materiales necesita una particular especificación.

Equipos y herramientas

Incluye las herramientas manuales, los equipos de transporte, como por ejemplo volquete, camión, rastrillo, lampas, carretilla, baldes, apisonador manual e incluso una cámara fotográfica, etc. MTC (2013).

Procedimiento de Ejecución

Para ejecutar la obra se sigue el siguiente procedimiento:

1. Instalar dispositivos de seguridad y señales preventivas.
2. Adquirir cascos, uniformes y los elementos de seguridad industrial según las normas establecidas para los trabajadores o el personal.
3. En base a como se programó la actividad y según las características de los taludes sobre los que se trabajará, se debe de distribuir a los trabajadores.
4. Sacar fotos de los casos más representativos o sobresalientes al inicio de la actividad y también durante el avance.
5. Extraer, cargar y transportar el material vegetal.
6. Nivelar el talud para su uniformidad en lugares donde se encuentren depresiones, efectuar rellenos local
7. Rociar con agua el talud a fin de hacer que la superficie sea más adecuada para sembrar.
8. Sembrar las plantas o ubicar el material vegetal local de la zona o que se adapte a ella, siguiendo las advertencias ambientales.
9. Regar las plantas según el tiempo recomendable según las cualidades de la zona y la vegetación que se ubicó. Al finalizar el trabajo quitar los dispositivos de seguridad y las señales inversamente a como fueron ubicados o instalados en un comienzo
10. Sacar las fotos durante el final de los casos más destacados.

Aceptación de los trabajos:

La Supervisión aprobara las obras cuando verifique que se realizó correctamente la Protección del Talud, cumpliendo con cada especificación y siguiendo las recomendaciones ambientales y el estudio técnico. Igualmente considerará lo que establece la Subsección 205.18. (MTC ,2013).

Medición

La medida que se usara para calcular la Protección de Taludes es el metro cuadrado (m^2), aproximado al valor del metro cuadrado completo o según el caso a la correspondiente al Indicador de Conservación o al Indicador de Nivel de Servicio. (MTC ,2013).

2.2.12. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

El propósito es definir el método de ensayo para identificar la cantidad de humedad de un terreno. (MTC ,2013).

Finalidad y alcance

El contenido de humedad en un suelo es la relación entre el peso del agua y el peso de las partículas sólidas, todo en una determinada masa de suelo y expresada en porcentaje. 2.2 Este Modo Operativo nos ayuda a conocer el peso del agua que fue eliminada, secando el suelo que estaba húmedo hasta alcanzar un peso invariable en un horno regulado a $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}^*$. El peso del suelo que permaneció después de que se secó el horno, se usa como peso de cada partícula sólida. El peso del agua será considerado como la pérdida de peso mediante el secado. (MTC ,2013).

Referencias normative

ASTM D 2216: Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock.

Equipos y materiales

Equipos

Horno de secado. – Que pueda ser termostáticamente controlado, preferiblemente alguno del tipo tiro forzado, suficientemente apta de conservar constante una temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Balanzas. – Que posean una capacidad conveniente y que puedan aproximar de 0,01 g para muestras de menos de 200 g y de igual forma de 0,1 g para las muestras que son de más de 200 g. 4.2

Materiales

Recipientes. – Apropiadamente creados de material capaz de resistir a la corrosión, incluso también a la variación de peso cuando es sujeto a calentamiento o enfriamiento constante, exposición a materiales de pH variable, y también a limpieza. (MTC ,2013).

Muestra

Estas son conservadas y trasladadas siguiendo la Norma ASTM D 4220-89 (Practices for Preserving and Transporting Soil Sample). Grupos de suelos B, C o D. Las muestras que se conserven previas a ser puestas a prueba se conservaran en contenedores herméticos que no son corrosibles a una temperatura entre de entre 3 y 30 °C en un lugar que le impida que los rayos de sol le alcancen. Las muestras alteradas se conservarán en contenedores para que así se evite o reduzca la condensación de humedad en el interior del contenedor.

Se determinará la humedad del contenido lo más rápido posible una vez terminado el muestreo, más aún si se hizo uso de contenedores corrosibles: (tales como: latas de pintura, tubos de acero de pared delgada, etc.) o bolsas plásticas. (MTC ,2013).

2.2.13. DETERMINACIÓN DE PH EN LOS SUELOS

Tiene como objetivo designar el proceso para definir el valor pH y denotar el nivel de alcalinidad o acidez en ensayos de suelo que están suspendidos sobre agua, mediante el método electrométrico. MTC (2016).

Finalidad y Alcance

PH por sus siglas nos indica el Potencial de Hidrógeno y radica a través del logaritmo del recíproco de la concentración del ion Hidrógeno. Siendo sus cantidades mínimas y máximas desde 0 hasta 14; el valor intermedio de nivel 7 muestra que la sustancia es neutra 2.3 Este método se usa con las muestras de agua subterránea y suelo. (MTC ,2013).

Referencias Normativas

NTP 339.176 (2002): SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del valor pH en suelos y agua subterránea.

BS 1377 (1990): Methods of test for Soils for civil engineering Purposes. Part 3. Chemical and electrochemical test.

Equipos y Materiales

Equipos

- Aparato para poder determinar pH mediante métodos electrométricos.
- Potenciómetro, medidor de pH, posee una escala de lectura, precisa y legible a 0,05 unidades de pH, compensador de temperatura, ensayado también usando un electrodo de vidrio y un electrodo de referencia de cloruro de plata o calomel. (MTC ,2013).
- Balanza, capaz de aproximar a 0,001 g.
- Bandeja no corrosiva.
- Tamiz con abertura de 2 mm (malla N^a 10), con plato de fondo.

Materiales

- Dos frascos volumétricos con capacidad de 500 mL.
- Tres vasos de vidrio con capacidad de 100 mL.
- Agua destilada contenido en un frasco de plástico de lavar, como una piseta.

2.2.14. MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS (PÉRDIDA POR IGNICIÓN)

El propósito es determinar el contenido orgánico de los suelos mediante la Pérdida de Ignición de los materiales reconocidos como lodos orgánicos, turbas y los suelos conformados también con materias vegetales parcialmente no afectadas por la deterioración o descomposición o también se considera los materiales frescos de las plantas como raíces, maderas, pastos o materiales carbonáceos como por ejemplo el carbón, lignito, etc. (MTC ,2013).

Finalidad y Alcance

Esta forma operativa nos ayuda a identificar la oxidación cuantitativa de la materia orgánica que se encuentra en materiales previamente reconocidos como lodos orgánicos, turbas y también suelos cuya composición tengan restos vegetales poco descompuestos o materiales que son carbonáceos, maderas, pastos o raíces, proporcionando una aproximación correcta del contenido orgánico. (MTC ,2013).

Referencias normativas

AASHTO T 267: Standard Method of Test for Determination of Organic Content in Soils by Loss on Ignition.

Equipos

- Horno ó estufa, que pueda conservar temperaturas de 110 ± 5 °C
- Balanza, de 1200 g de capacidad y con una sensibilidad de 0,01 g
- Mufla, que pueda conservar temperaturas continuas de 445 ± 10 °C y además posea una cámara de combustión donde permita acomodar el receptáculo que contiene la muestra. El registro del pirómetro indicarnos la temperatura actual mientras se esté utilizando.

- Crisoles o platos de evaporación. De pedernal, aleaciones de porcelana, níquel o aluminio de capacidad de 30 a 50 mL o también platos de evaporación de porcelana, que posean un diámetro superior de 100mm. (MTC ,2013).

Muestra

- Ocupar una muestra característica, que por lo menos pese 100 g, que sea parte del material que pase el tamiz de 2,00 mm (Nº 10) y que haya sido adquirido según el Método MTC E 106, "Preparación en seco de muestras de suelo para análisis granulométrico y determinación de las constantes físicas". (MTC ,2013).

2.2.15. SELECCIÓN DE ESPECIES VEGETALES

Según Downs, (2010) explica que para poder seleccionar un tipo de hierba, pasto o árbol o arbusto es necesario acudir a expertos forestales porque son para casos muy específicos en los que se usa cada tipo y se deben de considerar muchos factores como los cambios de clima del lugar, la tolerancia y habito de cada especie de vegetación y la experiencia local, por lo cual la experiencia de un experto forestal es de suma importancia. Al seleccionar algún tipo se debe de tener en cuenta la temperatura, los cambios de los ciclos de lluvia, la cantidad de lluvia del lugar y los periodos de sequía, etc. Que pueden aparecer por efecto del cambio climático y, debido a ellos, las especies que se usen deben tener una buena capacidad de resiliencia y adaptación al medio y los cambios que pueden surgir en el terreno. La clase de vegetación que cubre la superficie del talud afecta su estabilidad, por ejemplo, Campbell (1975) informo que los deslizamientos de suelos eran de tres a cinco veces más concurrentes en los taludes cubiertos con pastos en comparación a los que están cubiertos por arbustos y maleza. Aquellos que estaban revestidos por pasto fueron más cortos y anchos y sucedían en lugares con inclinación menor en comparación de los que estaban cubiertos de maleza, por ello es importante seleccionar apropiadamente el tipo de vegetación siendo compatible con el clima, el PH, su

disponibilidad de agua y nutrientes, las regulaciones gubernamentales, etc.

2.2.16. PASTO VETIVER

Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*, anteriormente clasificada como *Vetiveria zizanioides*) es una planta perenne de la familia de las gramíneas, nativa de la India. Su uso para la conservación de aguas, suelos y para la protección y estabilización de infraestructuras ya es una alternativa demostrada que influye positivamente en la mitigación de desastres, la protección y restauración del ambiente, es por ello que se convirtió en algo de mucha tendencia para usarlo en el Perú, incluyendo también varias regiones en América Latina. (Boehnerten ,2007)

Las tecnologías del pasto del vetiver (TPV) nos permiten tener una opción segura y económica para la seguridad de taludes de las carreteras y algunas obras rurales. (Boehnerten, 2007)

Según Navarro, (2008), idóneamente se debe primeramente identificar una buena fuente de pasto vetiver que posea una gran calidad para poder estabilizar pendientes o laderas, todo ello antes de hacer uso del pasto. Como en caso de iniciar un nuevo programa de obras, esto debe realizarse antes, incluso durante la etapa de diseño del proyecto. Para poder trabajar periódicamente con este mantenimiento, de igual forma se debe de tener una fuente sostenible y continua del pasto, la cual no debe de agotarse en ninguna circunstancia ya sea quizás por un uso excesivo. De ser necesarias usar muchas cantidades del pasto, el ingeniero debe asegurarse de tomar acciones que ayuden a aumentar la existencia de dicho material.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Bioingeniería de suelos:

Es una técnica que consiste en utilizar la planta viva o parte de esta para solucionar problemas de inestabilidad de taludes y erosión, ya que las plantas o pastos utilizados benefician al suelo con sus raíces profundas ayudándolo a su estabilización, generalmente se da en suelos que han sido

afectados por precipitaciones excesivas en una zona determinada, por periodos largos de tiempo. (Navarro, 2008)

El Talud:

Superficie inclinada respecto a su horizontal, existen dos tipos de talud, una natural también llamada ladera que se forma de manera espontánea con la acción de los factores climáticos y topográficos y el talud artificial que se forma por acción de la mano del hombre que lo modifica para construcción de infraestructuras, que sean necesarios para satisfacer las necesidades de generación de carreteras, puentes, caminos, y demás. (MTC, 2013).

Vulnerabilidad del talud:

El talud se vuelve vulnerable de forma natural por acción del agua de las lluvias que ingresan al suelo, también por movimientos en masa ocasionados por factores como sismos, explosión de explosivos, la acción de las actividades humanas que interviene en la vulnerabilidad del talud al modificar su estructura cuando se hacen cortes o rellenos en una carretera, generando alteraciones en el talud.

Estabilización de taludes:

Un talud inestable es susceptible o vulnerable a ocasionar situaciones de riesgo, por ejemplo, deslizamientos en una carretera, erosión de su capa modificada por actividades de construcción, colmatación de ríos por material suelto que llagan a los ríos, es por eso que se toman las acciones necesarias para estabilizar un suelo, que se definiría como la utilización de técnicas para lograr un talud no sea sujeto a alteración. (MTC, 2013).

Erosión:

Fenómeno de arrastre, transporte y sedimentación de material superficial del suelo, puede ser hídrica o eólica, ambas desgastan al suelo y lo dejan desprovisto de capa vegetal, llegando a generar pérdida de suelo de manera constante si no se da una solución adecuada, a corto plazo.

Erosión hídrica:

Erosión causada por la acción directa del agua, en forma de lluvia, las gotas que caen al suelo repetidas veces y por largos periodos de tiempo ejercen en el suelo una carga que va generando pérdida de suelo de manera gradual, según el tiempo de exposición y la cantidad.

Planta Vetiver:

Planta utilizada a nivel mundial como agente estabilizador y antierosivo, que retiene el suelo por sus raíces profundas, sus beneficios son conocidos y comprobados en los lugares que ha sido utilizada, esta planta llega a su edad adulta en 4 meses y puede vivir hasta 60 años, es por las bondades expuestas que es usada para solucionar problemas de erosión en diferentes necesidades como estabilización de taludes, retención de suelo, compactación de suelo.

2.4. HIPÓTESIS

Hipótesis de invetidación:

La bioingeniería en la estabilización de taludes de corte y relleno es eficaz ante la erosión hídrica en la carretera del centro poblado de Casablanca.

Hipótesis nula:

La bioingeniería en la estabilización de taludes de corte y relleno no es eficaz ante la erosión hídrica en la carretera del centro poblado de Casablanca.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DE CALIBRACIÓN

Estabilización de taludes.

2.5.2. VARIABLE EVALUATIVA

Bioingeniería

2.6. CUADRO DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

“Eficacia de la bioingeniería en la estabilización de taludes de corte y relleno ante la erosión, en el centro poblado de Casablanca, Casma–Huaraz 2021”

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDADES DE MEDIDA	INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN
V. de Calibración	La estabilización de taludes es una parte importante en la construcción de vías y carreteras, para evitar riesgos de fallas en el talud.	Se basa en efectuar obras específicas de estabilización, como, por ejemplo: escalonamiento de taludes o tendidos	Parámetros químicos	- ph - Materia orgánica	Ph metro %	Observación
- Estabilización de taludes de corte y relleno.			Parámetros físicos	- Tamaño de la planta - Tamaño de la raíz	Cm	
V. Evaluativa	Es una disciplina que utiliza la planta viva o parte de esta, como agente anti erosivo y estabilizador de los suelos.	La bioingeniería de suelos usa la planta para estabilizar y compactar el suelo mediante sus raíces profundas, reteniendo el suelo.		- Retención de suelo	Cm	Hoja de toma de datos.
- Bioingeniería con pasto Vetiver (<i>Chrysopogon zizanioides</i>)			Parámetro operacional	- Erosión - Varillas de erosión	Kg mm	

Tesista: Yabar Delgado, Danitza Josefa, 2021.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo con la planificación de las mediciones de la variable de estudio el presente estudio es de tipo prospectivo porque se hallará las diferentes variables y mediciones. (Supo, 2014)

De acuerdo con la cantidad de variables de estudio en esta investigación es de tipo longitudinal porque analizará varias veces la variable de estudio. (Supo, 2014)

De acuerdo con la cantidad de variables analíticas en esta investigación es de tipo analítico porque tiene más de una variable. (Supo, 2014)

De acuerdo con la intervención del investigador el presente estudio es de tipo con intervención debido a que pertenece a un nivel de estudio aplicativo. (Supo, 2014)

3.1.1. ENFOQUE

Debido a que esta investigación requiere de análisis estadístico, se identifica como una investigación cuantitativa, por la participación de la estadística como una herramienta de investigación, para la recolección, organización, procesamiento y análisis de los datos. (Supo, 2014).

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Según Supo (2014); la investigación realizada se encuentra dentro del nivel experimental debido a que se manipula la variable independiente buscando optimizar el resultado en la población de estudio.

3.1.3. DISEÑO

El presente estudio sigue el diseño experimental, debido a que se manipula de manera intencional una o más variables consideradas

independientes, con la posibilidad de evaluar el impacto de la variable independiente sobre la variable dependiente (Supo, 2014). El siguiente esquema ilustra el diseño de la investigación.

GC----- O1

GE1----- X1----- O2

GC: Grupo Control

GE: Grupo Experimental

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Taludes de corte y relleno de la carretera al centro poblado de Casablanca, Casma-Huaraz.

Tabla 1

Coordenadas UTM, WGS-84, centro poblado Casablanca.

COORDENADAS UTM	NORTE (m)	ESTE(m)
ÁREA A MONITOREAR	8'975,020	361,403

3.2.2. MUESTRA

La muestra del presente estudio es poblacional, es decir estará constituida igualmente Taludes de corte de la carretera al centro poblado de Casablanca, Casma–Huaraz 2021.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

a.) Obras preliminares

Limpieza del terreno manual:

Esta etapa se realizará en 2 días, consiste en limpiar el terreno, quitando malezas (restos de hojas, tallos, pasto), piedras, material excedente que no se requiere en la zona a realizar la siembra.

Figura 1

Limpieza de terreno manual por personal contratado



Nota: (Yabar. 2021)

Trazo y replanteo preliminar:

Se realizará en 1 día según cronograma, consiste en delimitar el área, con el trazado de las dimensiones necesarias para realizar a siembra, la ubicación de los hoyos para poner los esquejes del pasto vetiver.

Figura 2

Trazo y replanteo con wincha y bastones.



Nota: (Yabar. 2021)

b.) Ensayos de Laboratorio

calicatas y muestreos de suelos:

se realizará en 1 días según cronograma, consiste en hacer las calicatas para tomar las muestras de suelos.

Figura 3

Muestra de suelo para análisis de laboratorio



Nota: (Yabar. 2021)

Ensayo de laboratorio:

Se realizará en 2 días, se llevará las muestras de las calicatas para su evaluación y esperar los resultados respectivos.

c.) movimientos de tierras

- Preparación de terreno en suelo arenoso- gravoso en seco
- Eliminación de material excedente.

Figura 4

Preparación de terreno, regado de surcos



Nota: (Yabar. 2021)

d.) Plantación:

Consiste en la adquisición de esquejes a plantar, excavación de hoyos para la plantación, plantado de pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), cultivo, mantenimiento y control.

Figura 5

Adquisición de esquejes y proceso de plantado.



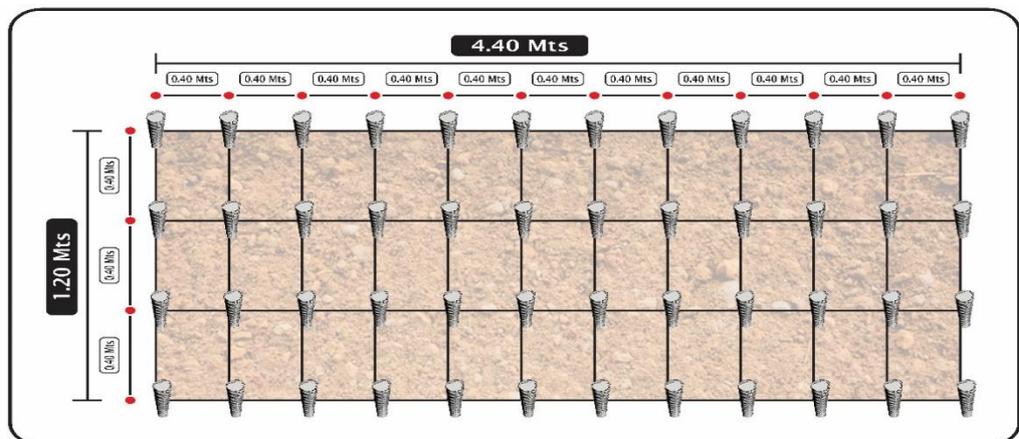
Nota: (Yabar. 2021)

e.) Medición de la erosión

Se realizará mediante el método de las varillas de erosión, en la parcela A y B hay 28 varillas respectivamente, distribuidos a 40 cm de distancia en 4 surcos de ambas parcelas, los cuales serán medidos una vez al mes.

Figura 6

Varillas de erosión

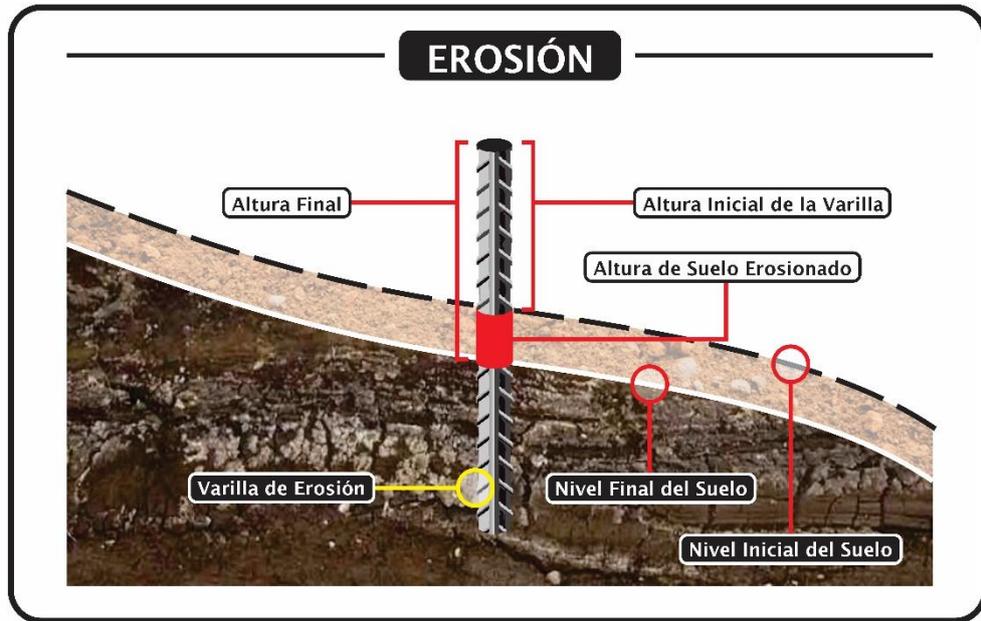


Nota: (Yabar. 2021)

Se medirá la erosión o sedimentación del suelo en ambas parcelas A y B.

Figura 7

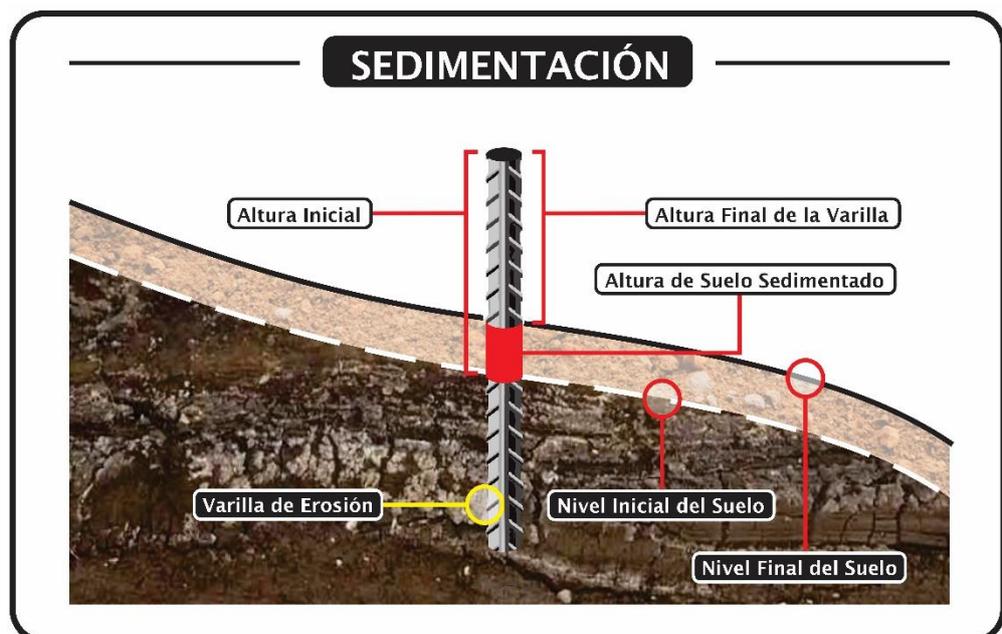
Erosión del suelo con varillas de erosión



Nota: (Yabar. 2021)

Figura 8

Sedimentación del suelo con varillas de erosión

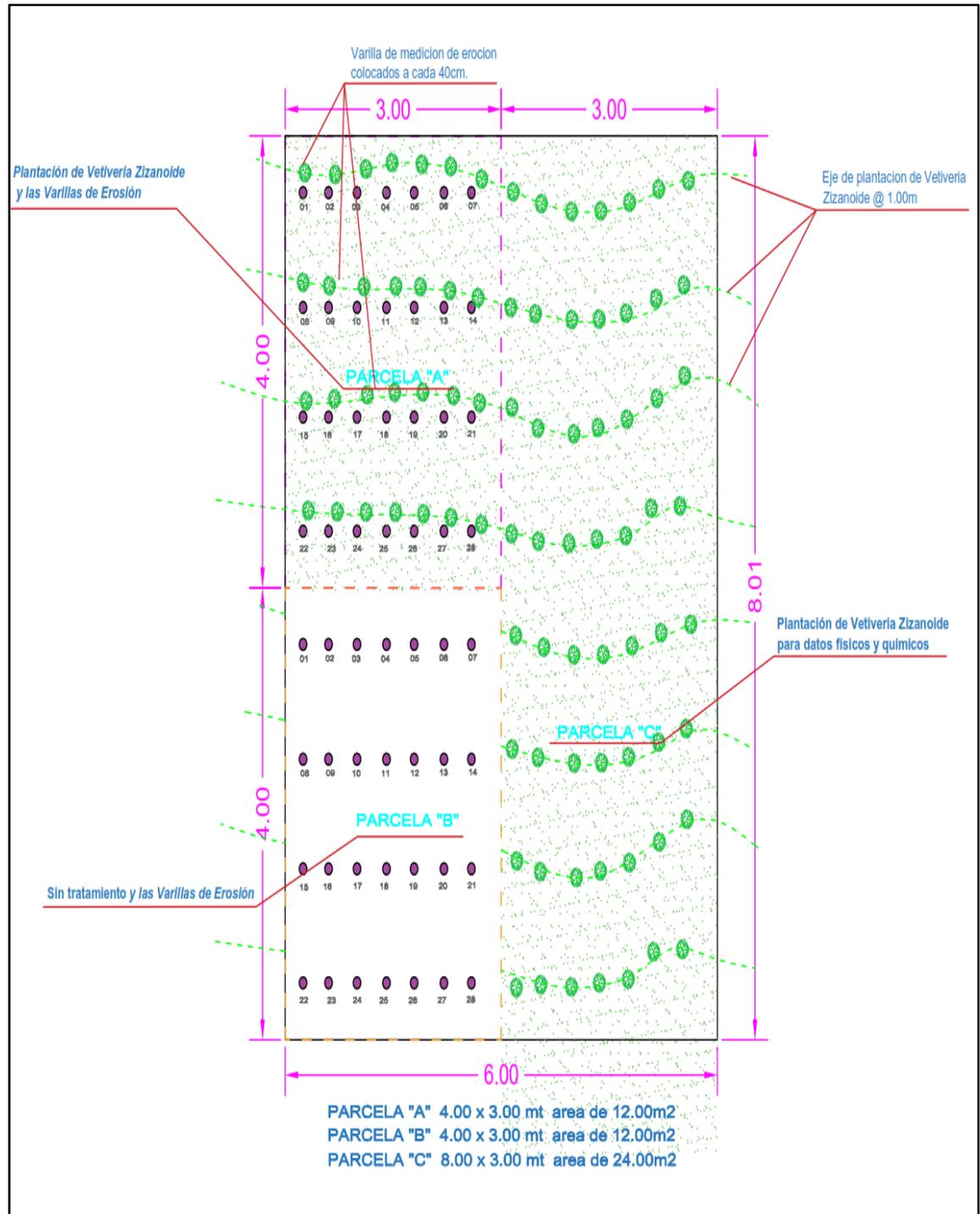


Nota: (Yabar. 2021)

3.3.1. DISTRIBUCIÓN DE LOS GRUPOS Y DE LAS PARCELAS

Figura 9

Esquema de las parcelas A,B.y C.



3.4. TÉCNICAS PARA PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Tabla 2

Procesamiento de datos

ETAPA	TÉCNICA
PROCESAMIENTO	Ordenamiento y Codificación de datos.
ANÁLISIS	Sistema de datos (presentación de tablas y gráficos) SPSS o Excel. Redacción Científica.

El ordenamiento y recolección de datos se da en preparación para el análisis de los datos de la investigación.

El análisis de los datos se dará con la presentación de tablas, gráficos (con programa SPSS o Excel) y listas de checklist.

Prueba estadística:

El presente proyecto tendrá como prueba estadística a la prueba t de estudent y herramientas de control de calidad.

Se realizarán mediciones cada 30 días en un periodo de 6 meses, teniendo en total 6 mediciones. Las mediciones se realizarán al pasto vetiver, en sus parámetros físicos operacionales (tamaño de la planta, tamaño de la raíz y retención de suelo) y parámetros químicos (pH, materia orgánica, humedad) del suelo antes y después del monitoreo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS (CUADROS ESTADÍSTICOS CON SU RESPECTIVO ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN).

4.1.1. CUANTIFICACIÓN DE PARÁMETROS QUÍMICOS (PH) DEL SUELO

Tabla 3

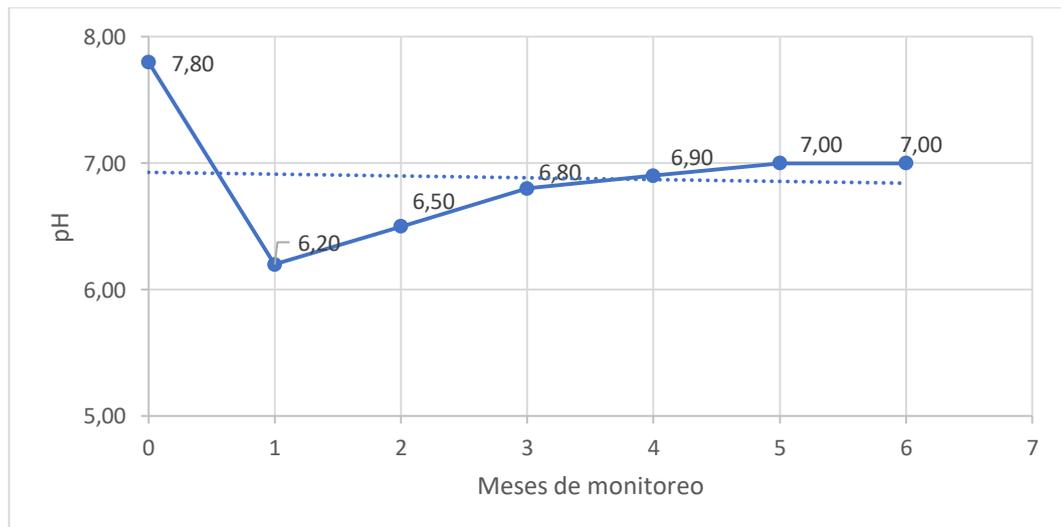
Descriptivos del pH monitoreado durante la aplicación de la bioingeniería en la estabilización de taludes.

	Estadístico	Error estándar	Intervalo de confianza al 95% Inferior	Superior
pH N	7	0	7	7
Mínimo	6,20			
Máximo	7,80			
Media	6,8857	0,1725	6,5714	7,2429
Desviación estándar	,49809	0,14342	,16061	,68544

Nota: Datos obtenidos de las mediciones en el monitoreo antes, durante y después de la aplicación de la bioingeniería con pasto vetiver.

Gráfico 1

Descripción del pH monitoreado durante la aplicación de la bioingeniería en la estabilización de taludes



Nota: Datos obtenidos de las mediciones en el monitoreo, antes, durante y después de la aplicación de la bioingeniería con pasto vetiver.

Se aprecia que el valor del pH luego de decrecer se estabiliza en un promedio de 6.8857, durante todo el periodo de evaluación, visualizándose una tendencia estacionaria.

4.1.2. CUANTIFICACIÓN DE PARÁMETROS QUÍMICOS (M.O) DEL SUELO

Tabla 4

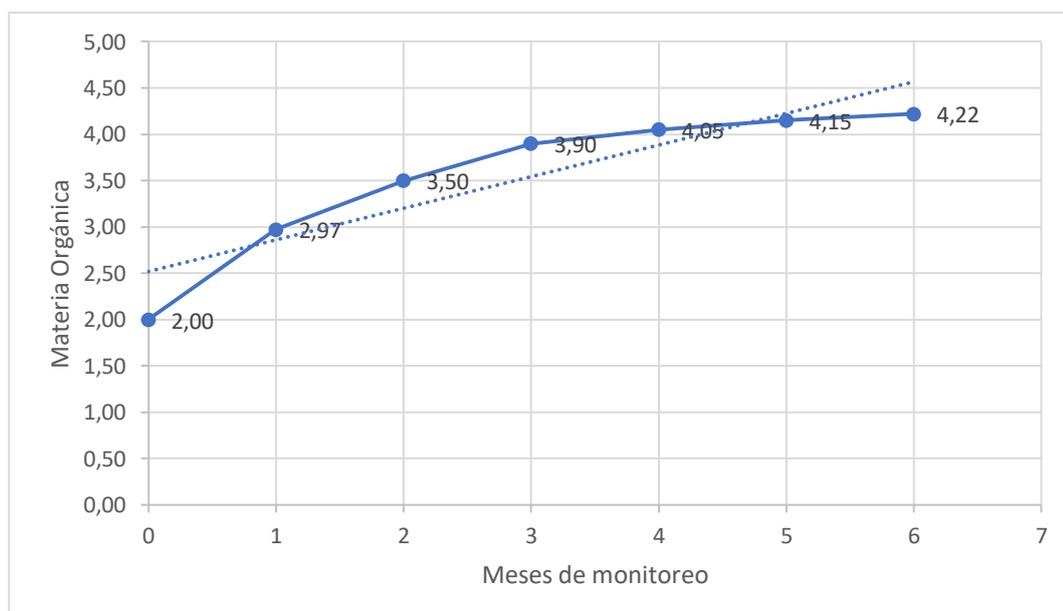
Descriptivos de la materia orgánica monitoreada durante la aplicación de la bioingeniería en la estabilización de taludes.

M.O	N	Estadístico	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
				Inferior	Superior
	7	7	0	7	7
Mínimo		2.00			
Máximo		4.22			
Media		3.5414	0.2805	2.9771	4.0239
Desviación estándar		0.80853	0.23403	0.22746	1.06329

Nota: Datos obtenidos de las mediciones en el monitoreo, antes durante y después de la aplicación de la bioingeniería con pasto vetiver.

Gráfico 2

Descripción de la materia orgánica durante la aplicación de la bioingeniería en la estabilización de taludes.



Nota: Datos obtenidos de las mediciones en el monitoreo, antes y después de la aplicación de la bioingeniería con pasto vetiver.

Se aprecia que el valor de la materia orgánica crece con tendencia positiva durante todo el periodo de evaluación, llegando incluso a más que duplicar su valor, desde 2.00 hasta 4.22, obteniéndose un valor promedio de 3.5414.

4.1.3. CUANTIFICACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS DE LA PLANTA (TAMAÑO DE LA RAÍZ)

Tabla 5

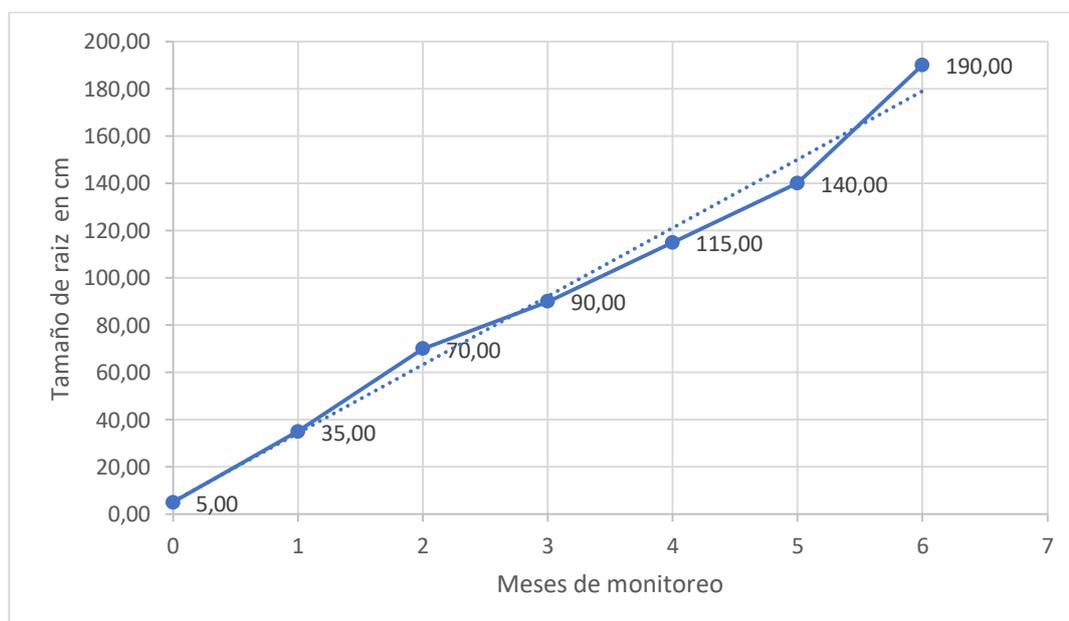
Descriptivos del tamaño de la raíz (cm) monitoreado durante la aplicación de la bioingeniería en la estabilización de taludes.

T.R	N	Estadístico	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
				Inferior	Superior
	7	0	7	7	
	Mínimo	5.00			
	Máximo	190.00			
	Media	92.1429	21.6153	50.0181	136.3923
	Desviación estándar	62.90583	13.51609	28.06305	81.22275

Nota: Datos obtenidos de las mediciones en el monitoreo durante 6 meses.

Gráfico 3

Descripción del tamaño de la raíz monitoreado durante la aplicación de la bioingeniería en la estabilización de taludes.



Nota: Datos obtenidos de las mediciones en el monitoreo durante 6 meses.

Se aprecia que el valor del tamaño de la raíz crece con tendencia positiva durante todo el periodo de evaluación, llegando a aumentar su valor desde 5.00 cm hasta 190 cm

4.1.4. CUANTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DE LA PLANTA (RETENCIÓN DEL SUELO)

Tabla 6

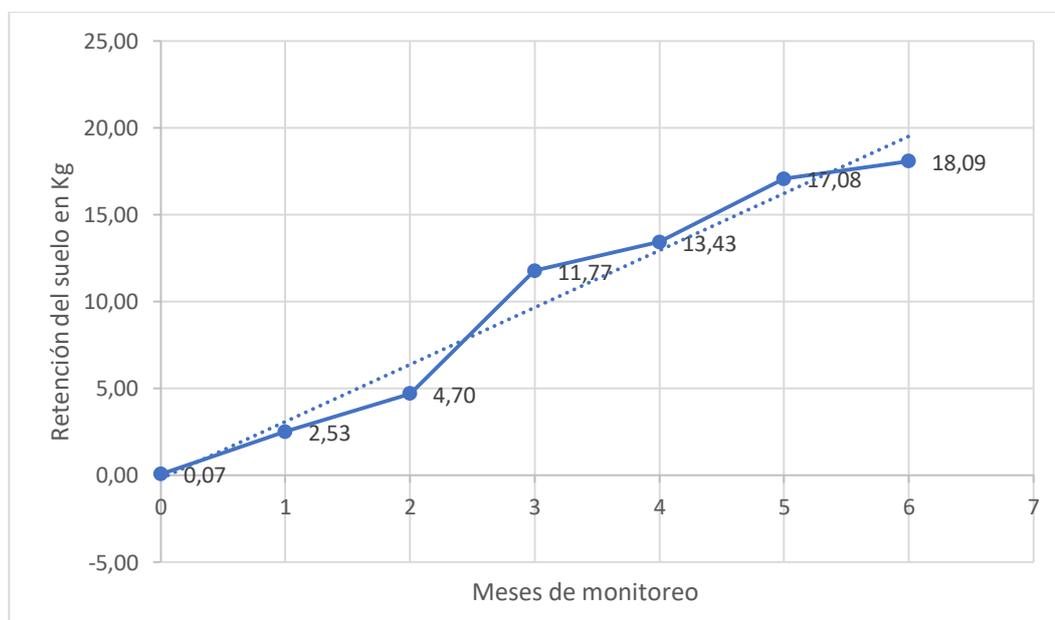
Descriptivos de la retención del suelo (Kg) monitoreada durante la aplicación de la bioingeniería en la estabilización de taludes.

pH	N	Estadístico	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
				Inferior	Superior
		7	0	7	7
	Mínimo	0.07			
	Máximo	18.09			
	Media	9.6671	2.4971	4.7045	14.3200
	Desviación estándar	7.21333	1.18381	3.76710	8.48874

Nota: Datos obtenidos de las mediciones en el monitoreo

Gráfico 4

Descripción de la retención del suelo (Kg) monitoreada durante la aplicación de la bioingeniería en la estabilización de taludes.



Nota: Datos obtenidos de las mediciones en el monitoreo

Se aprecia que el valor de la retención del suelo (Kg) crece con tendencia positiva y de manera considerable durante todo el periodo de evaluación, llegando a aumentar su valor desde 0.07 Kg hasta 18.09 Kg.

4.1.5. CUANTIFICACIÓN DE LA EROSIÓN DEL SUELO SIN VETIVER EN LA PARCELA B

Tabla 7

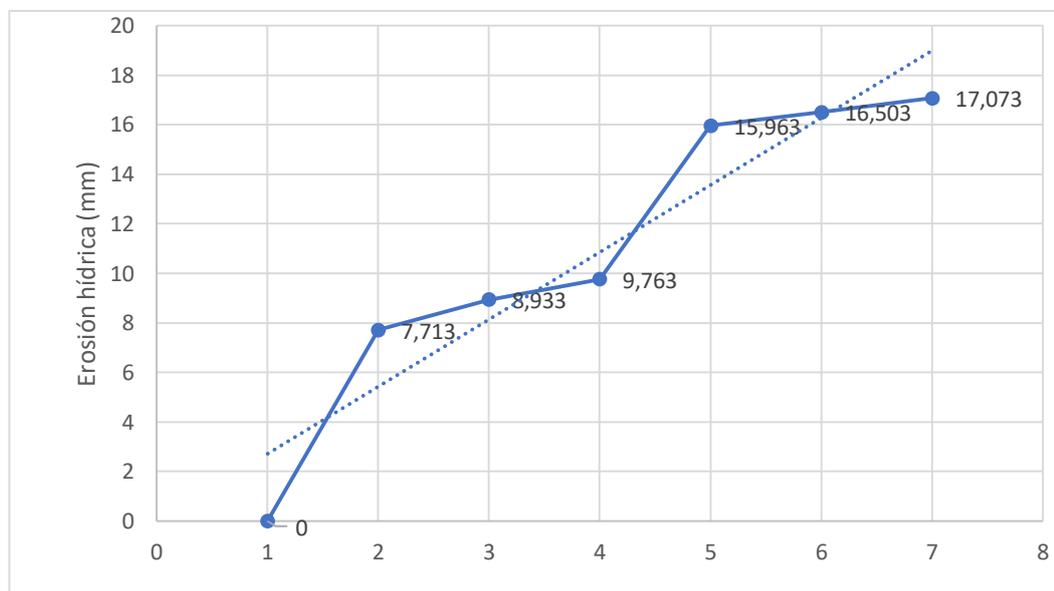
Descriptivos del monitoreo de la erosión del suelo sin el vetiver, mediante la medición con las varillas de erosión en la parcela B.

Estadísticos	Inicial (mm)	Mes 01	Mes 02	Mes 03	Mes 04	Mes 05	Mes 06
Media	0.000	7.713	8.933	9.763	15.963	16.503	17.073
Error estándar	0.000	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188
L.I. 95% NC	0.000	7.345	8.565	9.395	15.595	16.135	16.705
L.S. 95% NC	0.000	8.082	9.302	10.132	16.332	16.872	17.442

Nota: Datos obtenidos de las mediciones en el monitoreo

Gráfico 5

Evaluación del monitoreo de la erosión del suelo sin el vetiver



Se aprecia que la evolución natural de la erosión hídrica sin el vetiver muestra que la erosión hídrica se incrementa gradualmente con cada medición que se realiza.

4.1.6. CUANTIFICACIÓN DE LA EROSIÓN DEL SUELO CON VETIVER EN LA PARCELA A

Tabla 8

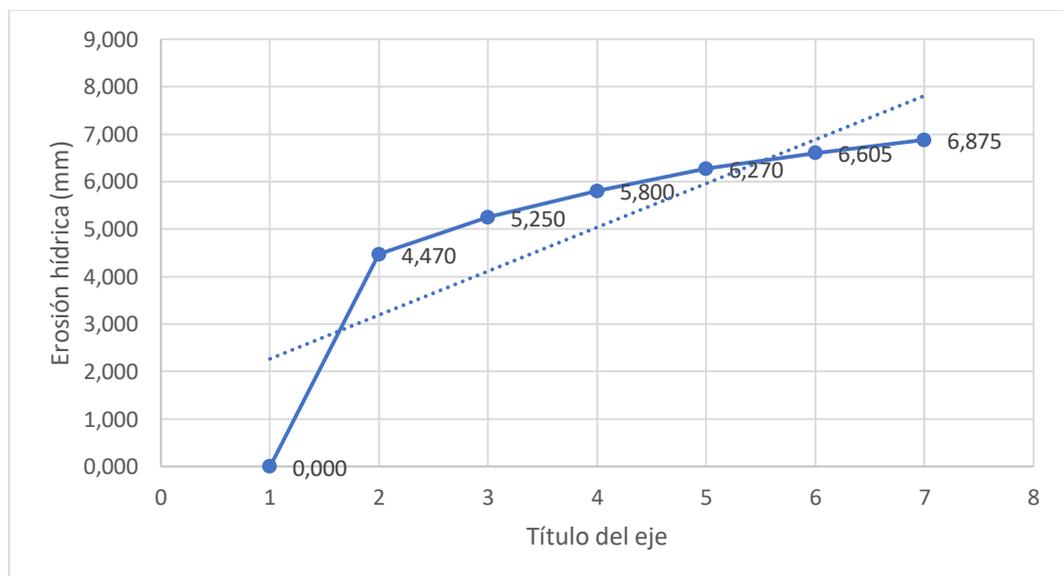
Descriptivos del monitoreo de la erosión del suelo con el vetiver mediante la medición con las varillas de erosión en la parcela A.

Estadísticos	Inicial (mm)	Mes 01	Mes 02	Mes 03	Mes 04	Mes 05	Mes 06
Media	0.000	4.470	5.250	5.800	6.270	6.605	6.875
Error estándar	0.000	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143
L.I. 95% NC	0.000	4.178	4.957	5.507	5.977	6.315	6.585
L.S. 95% NC	0.000	4.763	5.543	6.093	6.563	6.902	7.172

Nota: Datos obtenidos de las mediciones en el monitoreo

Gráfico 6

Evaluación del monitoreo de la erosión del suelo con el vetiver



Se aprecia que, debido a la participación del vetiver, la erosión hídrica disminuye y gradualmente se detiene con cada medición que se realiza.

4.1.7. COMPARACIÓN DEL MONITOREO CON Y SIN VETIVER

Tabla 9

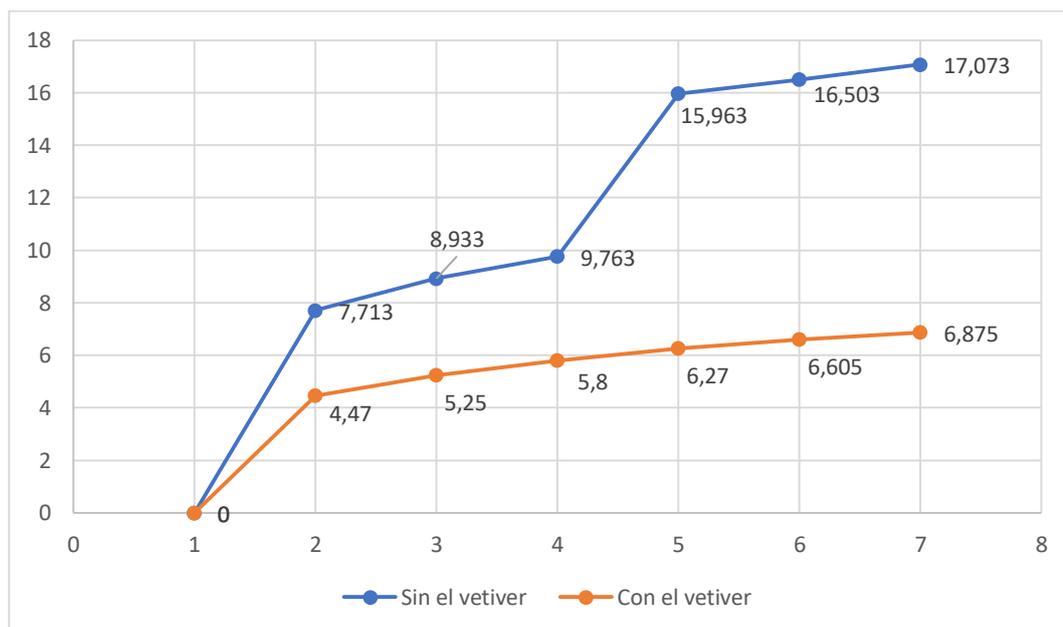
Comparación del monitoreo de la erosión hídrica del suelo con y sin el vetiver

Intervención	Estadísticos	Inicial (mm)	Mes 01	Mes 02	Mes 03	Mes 04	Mes 05	Mes 06
Sin el vetiver	Media	0	7.713	8.933	9.763	15.963	16.503	17.073
Con el vetiver	Media	0	4.47	5.25	5.8	6.27	6.605	6.875
	Diferencia %	0	42.0%	41.2%	40.6%	60.7%	60.0%	59.7%

Nota: Datos obtenidos de las mediciones en el monitoreo.

Gráfico 7

Comparación del monitoreo de la erosión hídrica del suelo con y sin el vetiver



Se aprecia diferencias muy notorias de un talud con y sin pasto vetiver, la diferencia en eficacia al sexto mes es de un 59.7%.

4.1.8. PRUEBA DE NORMALIDAD DE DATOS

Tabla 10

Prueba de normalidad de los datos

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Sin Vet	,089	28	0,200*	,983	28	,920
Con Vet	,112	28	0,200*	,971	28	,612

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

La prueba nos señala que los datos presentan distribución normal, en virtud de que la significancia obtenida supera el 5%, con lo cual, es pertinente señalar que una prueba estadística paramétrica sería útil para el análisis de los datos. Dicha prueba es la t de Student para muestras independientes.

4.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Se plantea encontrar diferencias en los resultados obtenidos en la erosión hídrica debido a la intervención realizada respecto al grupo control no intervenido. Con esa información, será posible responder la hipótesis de investigación que señala que la bioingeniería en la estabilización de taludes de corte y relleno es eficaz ante la erosión hídrica, en la carretera del centro poblado de Casablanca. Por lo anterior, se plantea encontrar esas diferencias con la siguiente hipótesis:

H₁: Existe diferencia en la estabilización de taludes de corte y relleno ante la erosión hídrica cuando se usa la bioingeniería

H₀: No existe diferencia entre estabilización de taludes de corte y relleno ante la erosión hídrica cuando se usa la bioingeniería

Nivel de Significancia: 5%

Prueba estadística: t de Student para muestras independientes

Cálculo del p-valor

Tabla 11

Contrastación de hipótesis mediante la prueba t de Student para muestras independientes

		Prueba de Levene		prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
Erosión	Se asumen varianzas iguales	2,140	0,149	43,168	54	0,000
	No se asumen varianzas iguales			43,168	50,471	0,000

La prueba de hipótesis nos arroja un p-valor de 0.00%, inferior al nivel de significancia (5%), con lo que reconocemos la hipótesis alterna, la cual indica la diferencia en la estabilización de taludes de corte y relleno ante la erosión hídrica cuando se usa la bioingeniería. Es decir que, con la intervención de la bioingeniería, se ha minimizado la erosión hídrica, constituyéndose en un medio eficaz que brinda resultados alentadores.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Con respecto al objetivo principal: Evaluar la eficacia de la Bioingeniería en la estabilización de taludes de corte y relleno ante la erosión hídrica en el centro poblado de Casablanca.

El resultado del volumen de suelo erosionado a causa de la erosión hídrica, con la intervención del pasto vetiver en la parcela A, durante la última etapa de evaluación de los 6 meses que duro el proyecto fue de 6.875 mm a diferencia de la del volumen de suelo erosionado a causa de la erosión hídrica, sin el pasto vetiver en la parcela B, en el último mes de evaluación fue de 17.073 mm haciendo una diferencia de 10.198 mm, evidenciando una cifra significativa entre ambas parcelas.

La prueba estadística arroja que hubo diferencias entre los resultados con el vetiver y sin el vetiver por lo tanto se ha demostrado que el pasto vetiver es eficaz en un 59.7 % frente a la erosión hídrica del suelo.

Mays (2018) tesis: “Reducción de La erosión hídrica del suelo, con la utilización de la Vetiveria zizanoides en la microcuenca de Tingoragra – Nayan Rondos, provincia de Huánuco”. La parcela que obtuvo los mayores en cuanto al volumen o cantidad de suelo afectado por la erosión debido a las precipitaciones es la Microparcela 03 – (Sin Plantaciones) con 11.68 (Ton/Ha/Periodo de lluvia), la cual le sigue la Microparcela 02 – (Plantación de Plantas Nativas) con 11.2 (Ton/Ha/Periodo de lluvia), y por último la Microparcela 01 – (Plantación de Vetiveria Zizanoide) con 10.59 (Ton/Ha/Periodo de lluvia). La pendiente en la microcuenca era de 76%, esto debió incidir en un mayor porcentaje de suelo erosionado, ya que a mayor pendiente hay mayores deslizamientos de tierra y mayor escorrentía dando como resultado mayor erosión.

Mays con la ejecución de su proyecto logró demostrar que con el uso del pasto Vetiver se puede reducir la erosión a comparación de la microparcela 2 con pasto nativo del lugar y microparcela 3 sin ningún tipo de plantación, solo lo uso como testigo.

Hernández, y Gardado, (2014) artículo científico: Control de la erosión mediante Bioingeniería en presas de colas de la industria del Níquel. Revista Minería y Geología, Cuba. Las conclusiones fueron que por medio de las técnicas de bioingeniería se consiguió estabilizar efectivamente el talud, logrando así superar el 95% del control de la erosión superficial de los taludes ubicados en las presas de colas. Las plantas que se escogieron demostraron un grado alto de adaptabilidad, y por ello se logró un grado de 90% de supervivencia el cual satisface los fines planteados para lograr tener una cobertura bastante efectiva.

El artículo científico de Hernández y Gardado menciona una estabilización efectiva del 95% asumiendo el porcentaje de supervivencia de las plantas que fue un 90%, no se ha medido el volumen de suelo erosionado, siendo un impedimento poder comparar sus resultados con el presente estudio, sería tan solo un referente de otro método de evaluación de la eficacia de la bioingeniería en el control de la erosión.

Respecto al objetivo específico 1: Determinar los parámetros químicos del suelo obtenidos con la aplicación de la bioingeniería en la estabilización de taludes. Teniendo en cuenta los descriptivos se tienen los siguientes resultados, el pH inicial fue de 7.8 y el pH final fue de 7 en la última etapa de evaluación de los 6 meses que duro el proyecto, el pH está dentro del rango normal de un pH óptimo para el suelo de la zona sierra- costa del trabajo de investigación.

El porcentaje de materia orgánica inicial fue de 2.01% y el porcentaje de materia orgánica final 4.22 %, un porcentaje bueno para el suelo y crecimiento del pasto, evidenciando un aumento de casi el doble de materia orgánica en el talud de corte y relleno de un 2.22% más.

Mays (2018) tesis: "Reducción de La erosión hídrica del suelo, con la utilización de la Vetiveria zizanoides en la microcuenca de Tingoragra –

Nauyan Rondos, provincia de Huánuco". Tuvo un pH inicial de 7.58 y un pH final de 0.08, materia orgánica inicial de 2.61% y final de 0.03%.

Este resultado es cuestionable ya que este valor indica un suelo ácido donde el crecimiento de la planta sería dificultoso, el porcentaje de materia orgánica bajó significativamente casi un 99.75%, a comparación de los resultados que se obtuvo con el pasto vetiver en la parcela A del presente trabajo de investigación, cuyos resultados fueron los esperados para una óptima supervivencia del pasto en zona sierra-costa.

Respecto al objetivo específico 2: Definir los parámetros físicos de la planta obtenidos con el uso de la bioingeniería en la estabilización de taludes. Teniendo en cuenta los descriptivos se tienen los siguientes resultados, el tamaño de la raíz inicial fue de 5 cm y el último valor evaluado fue de 190 cm al sexto mes, la retención del suelo al primer mes de evaluación fue de 2.53 Kg y el último valor evaluado al sexto mes fue de 18.09 Kg.

Estos resultados nos muestran la capacidad del pasto de vetiver de retener el suelo a través de sus raíces profundas, en tan solo 6 meses una sola planta del pasto es capaz de retener 18.09 Kg de suelo y un tamaño de raíz de 190 cm, haciendo al talud más estable y evitando la erosión y deslizamientos del suelo.

CONCLUSIONES

De acuerdo con el objetivo principal: Evaluar la eficacia de la Bioingeniería en la estabilización de taludes de corte y relleno ante la erosión hídrica en el centro poblado de Casablanca.

Se concluye que la aplicación de la bioingeniería con pasto vetiver en taludes de corte y relleno frente a la erosión hídrica es hasta 3 veces mejor que un talud sin vetiver, la diferencia entre ambas parcelas dio un resultado de 59.7 %, esto demuestra lo eficaz que puede ser la bioingeniería en detener la pérdida de volumen de suelo en solo 6 meses de monitoreo, la forma en que el pasto detiene la erosión es a través de sus tallos cuya sección es en V, esto hace que no se pierda el suelo sino que lo detiene y recupera.

Respecto al objetivo específico 1: Determinar los parámetros químicos del suelo obtenidos con la aplicación de la bioingeniería en la estabilización de taludes. Se tuvo un pH inicial fue de 7.8 y el pH final fue de 7, el pH está dentro del rango normal de un pH óptimo para el suelo, en la zona sierra-costera donde se desarrolló el proyecto la tendencia es un pH básico.

Respecto al objetivo específico 2: Definir los parámetros físicos de la planta obtenidos con la aplicación de la bioingeniería en la estabilización de taludes. El tamaño de la raíz inicial fue de 5 cm y el último valor evaluado fue de 190 cm al sexto mes, la retención del suelo al primer mes de evaluación fue de 2.53 Kg y el último valor evaluado al sexto mes fue de 18.09 Kg. Los resultados obtenidos son significativos y satisfactorios, la estabilización del talud de corte y relleno se puede lograr utilizando la bioingeniería con el sistema de pasto vetiver, un pasto a un costo muy accesible, que es capaz de adaptarse a suelos y climas extremos, siendo una solución al problema de inestabilidad de taludes y a la erosión del suelo, de manera eficaz y ambientalmente sostenible.

RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso de esta técnica de bioingeniería con pasto Vetiver, en la estabilización de taludes ya sea en carreteras como es el caso del presente trabajo de investigación, así como en cuencas y microcuencas donde el talud está siendo afectado por la erosión hídrica, quedó demostrado que las raíces de este pasto tienen la capacidad de retener el suelo, esto compacta el suelo, estabiliza el talud y evita la erosión y pérdida de volumen del suelo.

Se recomienda realizar esta investigación en un mayor periodo de tiempo, doce meses, para determinar el tamaño de las raíces del pasto vetiver y cuantificar la capacidad de retención de suelo cuando las raíces lleguen a crecer hasta los 5m según las referencias de estudios anteriores.

El riego de la planta en el primer mes debe ser constante, con el sistema de goteo o aspersión, no demasiado porque el pasto retiene el agua, evitar que los surcos se inunden y se pueda perder el suelo por arrastre.

Recomendar a la Universidad de Huánuco la implementación de un laboratorio de suelos, con la capacidad de hacer estudios completos para determinar la calidad del suelo a ser estudiado. Así mismo se recomienda a la universidad contar con los equipos necesarios para la realización de trabajos similares, de alumnos de pregrado y postgrado.

Recomendar al gobierno regional, la implementación en los proyectos de apertura de carreteras, el tratamiento a los taludes de corte y relleno de la bioingeniería con el uso del pasto vetiver como agente estabilizador y antierosivo, evitando así problemas futuros de deslizamientos de tierra, roca, y material suelto de los taludes adyacentes a las carreteras. Este tratamiento es económico, rentable y sostenible en el tiempo además de ser beneficioso para el medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alegre, J.C, (1979) "Medida de la erosión hídrica de un entisol de la selva alta (San Ramón-Chanchamayo), bajo diferentes sistemas de cultivo". Tesis Mag. Universidad Nacional Agraria, La Molina. Lima-Perú. 106 p.
- Arias, (2014) tesis: "Análisis de técnicas de bioingeniería para control de erosión hídrica en taludes con la gramínea kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Universidad de Ingeniería. Recuperado el 28/09/19. Disponible en [cybertesis.uni.edu.pe](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/arias_md) › bitstream › uni › arias_md
- Baver, L. et al. "Física de suelos". México. Uthea. 1973. 529 p.
- Bennett, H. (1965) "Elementos de conservación de suelos". Fondo de Cultura Económica. México. 427 p.
- Centeno, (2002) XVII Seminario Venezolano de Geotecnia Del Estado del Arte a la Práctica. Recuperado el 27/09/19. Disponible en Microsoft Word - Trabajo de FCP SVDG XVII Seminario Nov.doc.
- Dourojeannie, A y Paulet, M. "La Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, su aplicación al planeamiento del uso de las tierras agrícolas". Ed. Una Publicación N2. Lima-Perú. 1967. 77p.
- Downs S, (2010). Manual de Bioingeniería reduciendo riesgos y adaptándonos al cambio climático. Recuperado el 25/09/19.
- Escobar y Orduña (2014) tesis: "Viabilidad de la implementación del pasto vetiver para la estabilización de taludes en Colombia período I, año 2011". Universidad Católica De Colombia. Recuperado el 29/9/19
- FAO "Mantengamos viva la tierra, causas y remedios de la erosión del suelo". Roma. 1983. 89 p.
- FAO "Prácticas de plantaciones forestales en América latina". Roma. 1960. 499p.
- FAO "La erosión del suelo por el agua". Roma. 1967.207 p.

- Hernández, y Gardado, (2014) artículo científico: Control de la erosión mediante Bioingeniería en presas de colas de la industria del Níquel. Revista Minería y Geología, Cuba.
- Huamani, (2014) informe: "Propuesta de estabilización de taludes con pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*, L.) en el canal de irrigación - tingo de ponaza". Universidad Nacional Agraria de la Selva
- Hudson, N. (1982) "Conservación del suelo". Editorial Reverte. Barcelona España. 335 p.
- Kirkby, y Morgan (1984) "Erosión de Suelos". Editorial Limusa. México. Primera Edición. 368 p.
- Kirkby, y Morgan (1984) "Erosión de Suelos". Editorial Limusa. México. Primera Edición. 368 p.
- La Torre, B. (1985) "Efecto de sistemas de cultivo sobre la escorrentía, erosión y pérdida de suelo en un entisol de selva alta- CAP José Santos Atahualpa, San Ramón - Chanchamayo". Tesis Ing. y Mag. Se. Universidad Nacional Agraria, La Molina. Lima- Perú. 136p.
- Llerena, C. (1987). Erosion and sedimentation issues in Perú. in iash. n° 165. Pg,3 – 14.
- López, F. (2002). Degradación del suelo, causas, procesos, evaluación e interpretación.
- Low, F. y Paulet, M. (1967) "Control de la erosión por el Agua". Universidad Nacional Agraria, La Molina. Fac. de Ing. Agrícola. Lima Perú. 74 p.
- Morales, C. et al. (1977) "Pérdida de agua y suelo bajo diferentes sistemas de cultivo en dos localidades peruanas: Santa Ana (Sierra Alta Central) y San Ramón (Selva Alta Central), durante la campaña agrícola 1975/1976". Universidad Nacional Agraria, La Malina. Dpto. de Suelos y Fertilizantes; Centro Internacional de la Papa (CIP). Dpto. de Fisiología Vegetal. Lima-Perú. 1977. 18p.

- Mamani, (1990) "Evaluación de la erosión hídrica en parcelas de escorrentía bajo condiciones controladas". Tesis Ing. Agrícola. Universidad Nacional Agraria, La Molina. Lima-Perú. 1990. 96 p.
- Manual de Protección de Taludes, (1984). Publicado por: Asociación de Carreteras del Japón (JRA) Masonic 39 Mori Building 2-4-5 Azabudai, Minato-Ku Tokyo, Japón. Obtenido 10, 2019, de <http://www.jorgealvahurtado.com>
- Martínez (2013) tesis: "Estabilización de taludes con reforestación" Universidad Nacional de Ingeniería
- Mays, (2018) tesis: "Reducción de La erosión hídrica del suelo, con la utilización de la Vetiveria zizanooides en la microcuenca de Tingoragra – Nauyan Rondos, provincia de Huánuco". Universidad de Huánuco.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2013). Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos sección suelos y pavimentos.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2013). Manual de carreteras: Conservación vial volumen 1,2,3. Sección 260.
- MTC (2016) Manual de ensayo de materiales disponible en: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2018). Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018
- Muñoz (2016) tesis en maestría: "Revisión panorámica del uso del pasto vetiver (Chrysopogon zizanooides) en restauración de taludes como técnica de bioingeniería del suelo. Fundación Universidad De Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Colombia. Recuperado el 30/09/19. Disponible en <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co>
- Navarro, (2008). Manual de Uso de la Bioingeniería para mejorar y proteger laderas.

- Núñez y Sánchez (2016) tesis: "Riesgo A Deslizamiento En Taludes Del Sistema Vial Lampa – Pariahuanca, Huancayo". Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Paez, (1984) "La erosión hídrica, diagnóstico y control". Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Alcance NII37. 139 p.
- Paulet, (1967) "Determinación de la erodabilidad del suelo en función de algunas de sus propiedades". Dpto. de Conservación de Suelos. Universidad Nacional Agraria, La Molina. Lima. 14 p.
- Paulet, (1967) "Investigaciones en la conservación del suelo y del agua con el simulador de lluvia". Universidad Nacional Agraria, La Molina. Boletín.
- Peralta, (1976). Uso, clasificación y conservación de suelos. Santiago, sag.
- Pidwiry (2006). Erosión de suelos. 1era edición, impreso en México, 375.p.
- Revista ARQHYS. (2012), Bioingeniería de suelos. Equipo de colaboradores y profesionales de la revista ARQHYS.com. Obtenido 24/09/1910 en: <https://www.arqhys.com/construccion/bioingenieria-/suelos.html>.
- Suarez, F. "Conservación de suelos". Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Costa Rica. Editorial IICA. 1979. 315p.
- Suarez, (2002), "La Bioingeniería en el control de erosión en ambientes tropicales".
- Suarez, J (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos.
- Vásquez, A. y Chang "El riego". Universidad Nacional Agraria, La Molina. 1988. WISCHMEIER, W.H. "A rainfall erosion index for a Universal soil loss equation". Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32: 246-249. 1959.
- Wischmeier, (1971) "Rainfall erosion potencial geographic and location differences of distribution". Agr. Eng. 43: 212-225." Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. US Department of Agriculture, Agriculture Handbook NQ 537. 1978. 58p.

Wischmeier, W.H. y Smith, D.D. "Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains. Washington. U.S Department of Agriculture. Agriculture Handbook 282. 1965. 47p.

Wischmeier, W.H. y Smith, D.D. "A Universal soil-loss equation to guide conservation farm planning. Trans. 7th International Cong. of Soil Sci.: 418-425. 1961.

ANEXOS

ANEXO 01: Resolución de aprobación de proyecto de investigación

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 063-2022-CF-FI-UDH

Huánuco, 10 de febrero de 2022

Visto, el Oficio N° 061-2022-C-PAIA-FI-UDH, del Coordinador quien remite la petición de la **Bach. Danitza Josefa YABAR DELGADO**, del Programa Académico de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería, quien solicita cambio de título del Trabajo de Investigación (Tesis);

CONSIDERANDO:

Que, según el Oficio N° 061-2022-C-PAIA-FI-UDH, del Coordinador quien remite la petición de la Bach. Danitza Josefa YABAR DELGADO del Programa Académico de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería, quien solicita cambio de título del Trabajo de Investigación (Tesis); y;

Que, según Resolución N° 1154-2019-CF-FI-UDH, se aprueba el Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado "EFICACIA DE LA BIOINGENIERÍA EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES DE CORTE Y RELLENO ANTE LA EROSION HIDRICA, EN LA CARRETERA DEL CENTRO POBLADO DE SHIANCA, MONZON, 2020.", presentado por el(la) Bach. Danitza Josefa YABAR DELGADO, la misma que solicita el cambio de título del Trabajo de Investigación (Tesis), en coordinación con su asesor; y

Estando a lo acordado por el Consejo de Facultad de fecha 10 de febrero de 2022 y normado en el Estatuto de la Universidad, Art. 44, inc. r.;

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - ANULAR, la resolución N° 1154-2019-CF-FI-UDH de fecha 11 de noviembre de 2019.

Artículo Segundo. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "EFICACIA DE LA BIOINGENIERÍA EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES DE CORTE Y RELLENO ANTE LA EROSIÓN, EN LA CARRETERA DEL CENTRO POBLADO DE CASABLANCA, CASMA - HUARAZ 2021.", presentado por la Bach. Danitza Josefa YABAR DELGADO, del Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Huánuco.

Regístrese, comuníquese y archívese.



Distribución:

Pac. de Ingeniería - PAIA - COT - Intercedido - Archivo
BLCR/EJML

ANEXO 02: Resolución de cambio de asesor de tesis

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 1054-2019-D-FI-UDH

Huánuco, 19 de setiembre de 2019

Visto, el Oficio N° 639-2019-C-EAPIA-FI-UDH presentado por el Coordinador de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental y el Expediente N° 2651-19, de la estudiante **Danitza Josefa, YABAR DELGADO**, quién solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación.

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45° inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 2651-19, presentado por el (la) estudiante **Danitza Josefa, YABAR DELGADO**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación, el mismo que propone al Ing. Jaime José Ricardo Nuñez Mosqueira, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27° y 28° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Único.- DESIGNAR, como Asesor de Tesis de la estudiante **Danitza Josefa, YABAR DELGADO**, al Ing. Jaime José Ricardo Nuñez Mosqueira, Docente de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería.

Regístrese, comuníquese, archívese



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
SECRETARÍA DOCENTE
Ms. Johnny de Jesús Rojas
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DECANO
Ms. Bertha Campos Ríos
DECANA EJDE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería – EAPIA- Asesor – Mat. y Reg.Acad. – Interesado – Archivo.
BCR/JFJH/na.

ANEXO 03: Matriz de consistencia

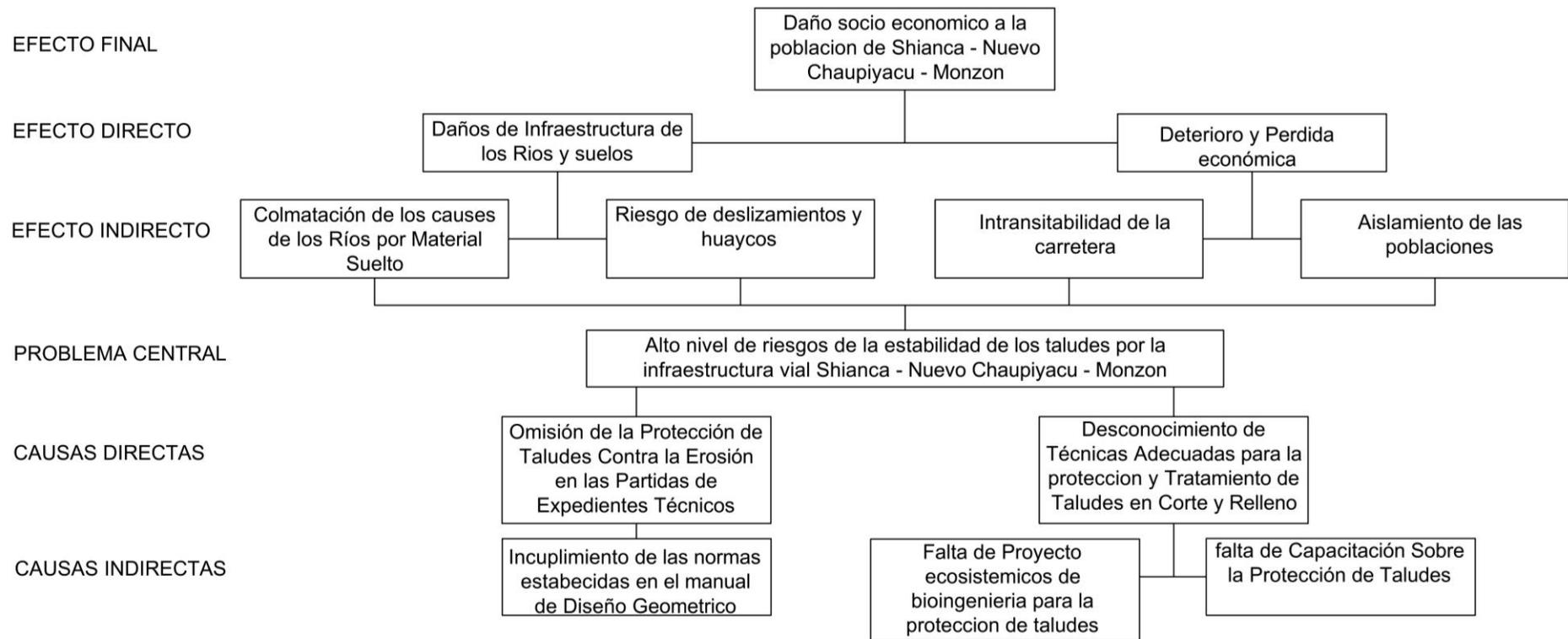
TESIS: “Eficacia de la bioingeniería aplicada a la estabilización de taludes de corte y relleno ante la erosión, en la carretera del centro poblado de Casablanca, Casma - Huaraz 2021”

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGIA
¿Cuál es la eficacia de la bioingeniería en la estabilización de taludes de corte y relleno ante la erosión hídrica, en la carretera del centro poblado de Casablanca?	Evaluar la eficacia de la bioingeniería en la estabilización de taludes de corte y relleno ante la erosión hídrica, en la carretera del centro poblado de Casablanca.	V. Dependiente • Estabilización de taludes de corte y relleno	- Altura del talud - Ancho de talud - Pendiente del talud - Precipitación - Cubierta vegetal - Humedad - Ph - Materia orgánica - Tamaño de la raíz - Retención del suelo	- Tipo: - Según la planificación de las mediciones de la variable: Prospectivo - Según el número de variables de estudio: Longitudinal - Según el número de variables analíticas: Analítico - Según la intervención del investigador: Con Intervención - ENFOQUE: Cuantitativo - NIVEL: Experimental - POBLACIÓN: Taludes de corte y relleno de carretera - MUESTRA: Taludes de corte y relleno de carretera.
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	V. Independiente • Bioingeniería con Pasto Vetiver (<i>Chrysopogon zizanioides</i>)		
- ¿Cuáles serán los parámetros físicos y biológicos obtenidos con la aplicación de la bioingeniería en la estabilización de taludes? - ¿Cuál es la eficacia de la bioingeniería en la estabilización de taludes de corte y relleno ante la erosión hídrica, tramo Km 1+000 a 1+100?	Determinar los parámetros químicos de la planta obtenidos con la aplicación de la bioingeniería en la estabilización de taludes. Determinar los parámetros físicos del suelo obtenidos con la aplicación de la bioingeniería en la estabilización de taludes.			

Tesista: Yabar Delgado, Danitza, 2021

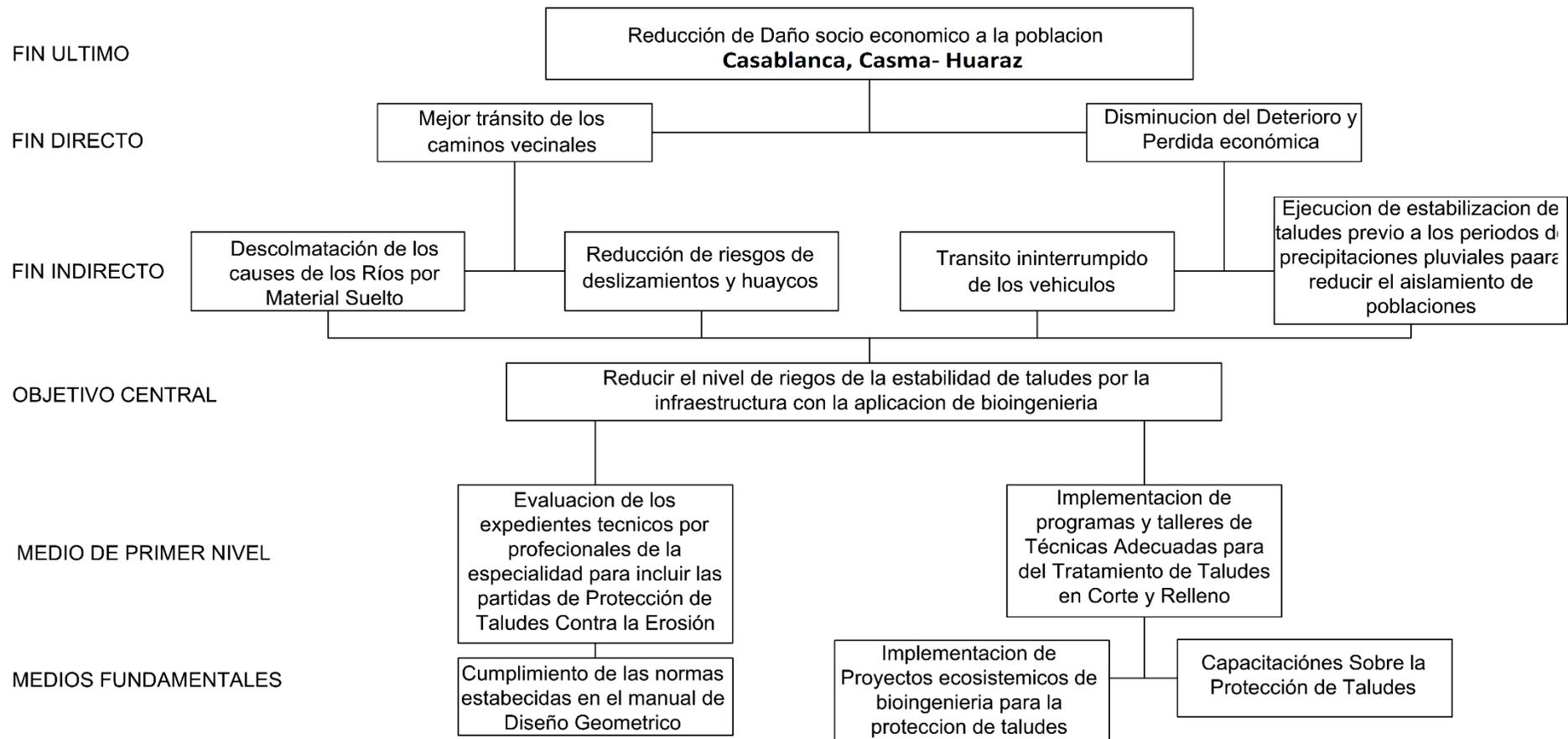
ANEXO 04: Árbol de causas y efectos

TESIS: “Eficacia de la bioingeniería aplicada a la estabilización de taludes de corte y relleno ante la erosión, en la carretera del centro poblado de Casablanca, Casma-Huaraz 2021”

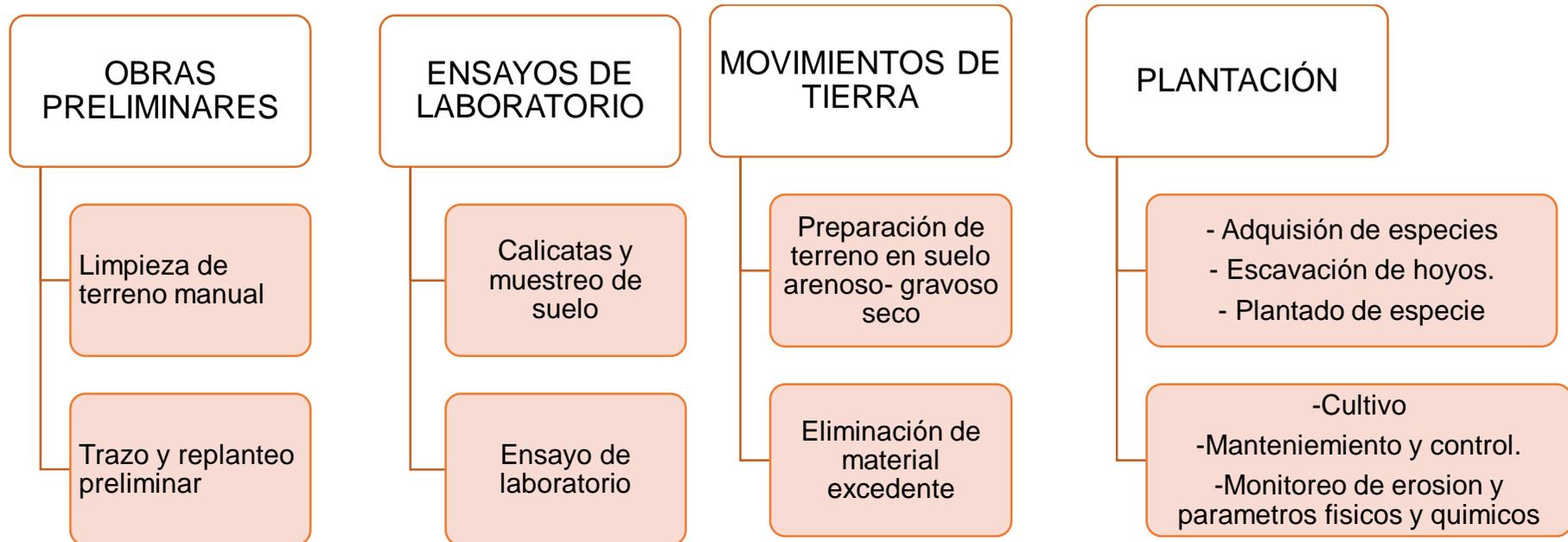


ANEXO 05: Árbol de medios y fines

TESIS: “Eficacia de la bioingeniería en la estabilización de taludes de corte y relleno ante la erosión hídrica, en la carretera del centro poblado de Casablanca, Casma-Huaraz 2021”



ANEXO 06: Protocolo de técnicas e instrumentos de recolección de datos



ANEXO 07: Plano de ubicación provincial del centro poblado de CASABLANCA, CASMA- HUARAZ



LOCALIZACION DEPARTAMENTAL



LOCALIZACION PROVINCIAL

	TESIS: EFICACIA DE LA BIOINGENIERIA EN LA ESTABILIZACION DE TALUDES DE CORTE Y RELLENO ANTE LA EROSION HIDRICA EN LA CARRETERA DEL CENTRO POBLADO DE C	
	LUGAR: CASA BLANCA DISTRITO: CASMA PROVINCIA: CASMA REGION: ANCASH	ALUMNA: YABAR DELGADO DANITZA J.

ANEXO 08: Plano de ubicación local centro poblado de CASABLANCA, CASMA- HUARAZ



CENTROIDE	NORTE (m)	ESTE(m)
01	8'946,464	815,726

	TESIS: EFICACIA DE LA BIOINGENIERIA EN LA ESTABILIZACION DE TALUDES DE CORTE Y RELLENO ANTE LA EROSION HIDRICA EN LA CARRETERA DEL CENTRO POBLADO DE SHIANCA, MONZÓN, 2020	
	LUGAR: SHIANCA DISTRITO: MONZON PROVINCIA: HUAMALIES REGION: HUANUCO	ALUMNA: YABAR DELGADO DANITZA J.

ANEXO 09: Hoja de toma de datos

		P.A.P: INGENIERIA AMBIENTAL - HOJA DE TOMA DE DATOS								
		TESIS: "Eficacia de la Bioingeniería en la estabilización de taudes de corte y relleno ante la erosión hídrica, carretera del centro poblado Casablanca, Casma-Huaraz, 2021"								
Area de Monitoreo	N° de mediciones	ph		Materia orgánica		Tamaño de la raíz		Retención de suelo (KG)		
		Inicial (%)	Monitoreada (%) promedio	Inicial (%)	Monitoreada (%) promedio	Inicial (cm)	Monitoreada (cm) diferencia final - inicial	Peso Inicial (kg)	Peso Monitoreada (Kg)	Resultante (Kg)
PARCELA "A, B y C"	1	7.8	0.00	2	2.97	5	0.00	0.07	2.53	2.46
	2	7.8	0.00	2	3.50	5	0.00	0.07	4.70	4.63
	3	7.8	0.00	2	3.90	5	0.00	0.07	11.77	11.70
	4	7.8	0.00	2	4.05	5	115.00	0.07	13.43	13.36
	5	7.8	0.00	2	4.15	5	140.00	0.07	17.08	17.01
	6	7.8	0.00	2	4.22	5	190.00	0.07	18.09	18.02

ALUMNA: YABAR DELGADO DANITZA

ANEXO 10: Hoja de toma de datos de v. erosión, parcela A con pasto vetiver

		P.A.P: INGENIERIA AMBIENTAL - HOJA DE TOMA DE DATOS TESIS: "Eficacia de la Bioingeniería en la estabilización de taudes de corte y relleno ante la erosión hidrica, carretera del centro poblado Casablanca, Casma-Huaraz, 2021"						
Área de Monitoreo	Unidades de estudio	Inicial (mm)	Monitoreada	Monitoreada	Monitoreada	Monitoreada	Monitoreada	Monitoreada
			a (mm)	da (mm)	da (mm)	(mm)	(mm)	(mm)
			MES 01	MES 02	MES 03	MES 04	MES 05	MES 06
PARCELA "A"	1	0	3.50	4.28	4.83	5.30	5.64	5.91
	2	0	4.20	4.98	5.53	6.00	6.34	6.61
	3	0	4.08	4.86	5.41	5.88	6.22	6.49
	4	0	4.71	5.49	6.04	6.51	6.85	7.12
	5	0	4.26	5.04	5.59	6.06	6.40	6.67
	6	0	5.22	6.00	6.55	7.02	7.36	7.63
	7	0	5.10	5.88	6.43	6.90	7.24	7.51
	8	0	5.61	6.39	6.94	7.41	7.75	8.02
	9	0	4.93	5.71	6.26	6.73	7.07	7.34
	10	0	5.44	6.22	6.77	7.24	7.58	7.85
	11	0	4.46	5.24	5.79	6.26	6.60	6.87
	12	0	4.58	5.36	5.91	6.38	6.72	6.99
	13	0	4.46	5.24	5.79	6.26	6.60	6.87
	14	0	4.58	5.36	5.91	6.38	6.72	6.99
	15	0	3.33	4.11	4.66	5.13	5.46	5.73
	16	0	3.84	4.62	5.17	5.64	5.97	6.24
	17	0	2.85	3.63	4.18	4.65	4.98	5.25
	18	0	3.36	4.14	4.69	5.16	5.49	5.76
	19	0	3.24	4.02	4.57	5.04	5.37	5.64
	20	0	4.64	5.42	5.97	6.44	6.78	7.05
	21	0	4.27	5.05	5.60	6.07	6.41	6.68
	22	0	4.39	5.17	5.72	6.19	6.53	6.80
	23	0	4.27	5.05	5.60	6.07	6.41	6.68
	24	0	4.90	5.68	6.23	6.70	7.04	7.31
	25	0	4.45	5.23	5.78	6.25	6.59	6.86
	26	0	5.41	6.19	6.74	7.21	7.55	7.82
	27	0	5.29	6.07	6.62	7.09	7.43	7.70
	28	0	5.80	6.58	7.13	7.60	7.94	8.21

ALUMNA: YABAR DELGADO, DANITZA

ANEXO 11: Hoja de toma de datos de v. erosión, parcela B sin pasto vetiver

		P.A.P: INGENIERIA AMBIENTAL - HOJA DE TOMA DE DATOS TESIS: "Eficacia de la Bioingeniería en la estabilización de taudes de corte y relleno ante la erosión hidrica, carretera del centro poblado Casablanca, Casma-Huaraz, 2021"						
Talud de Corte y Relleno sin tratamiento								
Varillas de erosion								
Area de Monitoreo	Unidades de estudio	Inicial (mm)	Monitoreada (mm)	Monitoreada (mm)	Monitoreada (mm)	Monitoreada (mm)	Monitoreada (mm)	Monitoreada (mm)
			MES 01	MES 02	MES 03	MES 04	MES 05	MES 06
PARCELA "B"	1	0	5.87	7.09	7.92	14.12	14.66	15.23
	2	0	7.07	8.29	9.12	15.32	15.86	16.43
	3	0	6.97	8.19	9.02	15.22	15.76	16.33
	4	0	7.94	9.16	9.99	16.19	16.73	17.30
	5	0	7.29	8.51	9.34	15.54	16.08	16.65
	6	0	8.84	10.06	10.89	17.09	17.63	18.20
	7	0	8.39	9.61	10.44	16.64	17.18	17.75
	8	0	8.90	10.12	10.95	17.15	17.69	18.26
	9	0	8.22	9.44	10.27	16.47	17.01	17.58
	10	0	8.73	9.95	10.78	16.98	17.52	18.09
	11	0	7.75	8.97	9.80	16.00	16.54	17.11
	12	0	7.87	9.09	9.92	16.12	16.66	17.23
	13	0	7.75	8.97	9.80	16.00	16.54	17.11
	14	0	7.87	9.09	9.92	16.12	16.66	17.23
	15	0	6.62	7.84	8.67	14.87	15.41	15.98
	16	0	7.13	8.35	9.18	15.38	15.92	16.49
	17	0	6.14	7.36	8.19	14.39	14.93	15.50
	18	0	6.65	7.87	8.70	14.90	15.44	16.01
	19	0	6.53	7.75	8.58	14.78	15.32	15.89
	20	0	7.93	9.15	9.98	16.18	16.72	17.29
	21	0	6.32	7.54	8.37	14.57	15.11	15.68
	22	0	7.52	8.74	9.57	15.77	16.31	16.88
	23	0	7.42	8.64	9.47	15.67	16.21	16.78
	24	0	8.39	9.61	10.44	16.64	17.18	17.75
	25	0	7.74	8.96	9.79	15.99	16.53	17.10
	26	0	9.29	10.51	11.34	17.54	18.08	18.65
	27	0	9.17	10.39	11.22	17.42	17.96	18.53
	28	0	9.68	10.90	11.73	17.93	18.47	19.04

ALUMNA: YABAR DELGADO, DANITZA

ANEXO 12: Análisis de suelo inicial en laboratorio de la UNAS.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Facultad de Agronomía – Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

Carretera Central Km 1.21 – Tingo María – Whatsapp 941531359

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS ESPECIAL

SOLICITANTE: YABAR DELGADO DANITZA					PROCEDENCIA: HUARAZ			
DATOS DE LA MUESTRA		PH 1.1	Humedad HD (%)	Materia seca (%)	ANÁLISIS PROXIMAL			
Código	Tipo				EN BASE SECA		EN BASE HUMEDA	
					MATERIA SECA			
				Materia Orgánica (%)	Cenizas (%)	Materia Orgánica (%)	Cenizas (%)	
M 1012	BIOL	7.8	75.01	2.00	2.7	8.232	38.246	42.352
M 1013	BIOL	7.6	77.25	1.89	1.83	9.173	37.267	43.652

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

VND, VALOR NO DETECTABLE

RECIBO N° 0001-0637543

TINGO MARIA, 21 DE JUNIO DE 2021

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
LAB. ANÁLISIS DE SUELOS

Ing° Luis C. Mansilla Minaya
JEFE



ANEXO 13: Análisis de suelo final en laboratorio de la UNAS.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Facultad de Agronomía – Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

Carretera Central Km 1.21 – Tingo María – Whatsapp 941531359

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS ESPECIAL

SOLICITANTE: YABAR DELGADO DANITZA			PROCEDENCIA: HUARAZ					
DATOS DE LA MUESTRA		PH 1.1	Humedad HD (%)	Materia seca (%)	ANÁLISIS PROXIMAL			
Código	Tipo				EN BASE SECA		EN BASE HUMEDA	
		MATERIA SECA				Materia Orgánica (%)	Cenizas (%)	Materia Orgánica (%)
M 1135	BIOL	7.01	89.75	11.23	4.22	4.264	51.529	47.251
M 1136	BIOL	7.02	91.36	11.16	4.19	5.103	49.173	57.352

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

NND: VALOR NO DETECTABLE

RECIBO N° 001-0637725

TINGO MARIA, 17 DE DICIEMBRE 2021

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
LAB. ANALISIS DE SUELOS


Ing° Luis C. Mansilla Minaya
JEFE



ANEXO 14: Constancia de adquisición de plantas Vetiveria Zisanoides

CONSTANCIA DE LA ADQUISICIÓN DE PLANTAS VETIVERIA ZIZANOIDES



EMPRESA DE IMPLEMENTOS
PARA EL DESARROLLO RURAL
Y LA ECOLOGÍA URBANA
SERVICIOS Y ASESORÍA TÉCNICA

Confirmando que la empresa ALKE E.I.R.L. ha vendido el día 15 de junio de 2021 la cantidad de 200 esquejes de Vetiver (Chrysopogon zizanicides) a la Srta. Danitza Yabar Delgado. El Vetiver -Chrysopogon zizanicides- Es promovida en más de 100 países entre ellos el Perú.

Lima 15.06.2021

MSc.- Ing. Alois Kennerknecht
CE 000393480

"Somos parte del Medio Ambiente Cuidémoslo"

Calle Pisac 272 Urb. Higuera / Surco Telf. (01) 449-1619
e-mail ecoalke@gmail.com

ANEXO 15: Panel fotográfico

Trazo y medición del talud de corte.



Diseño de surcos según curva de nivel del talud.



Esquejes de pasto vetiver en agua durante 5 días hasta que salga las raíces blancas.



Proceso de plantado de esquejes vetiver en los surcos del talud, respetando las curvas de nivel.



Pasto vetiver en la parcela A, a los 3 meses.



Varillas de erosión en la parcela A sin pasto vetiver.



varillas de erosión en la parcela A sin pasto vetiver.



Excavación para medir la raíz y retención de suelo.



Monitoreo de retención de suelo una vez al mes.



Monitoreo de retención de suelo una vez al mes.



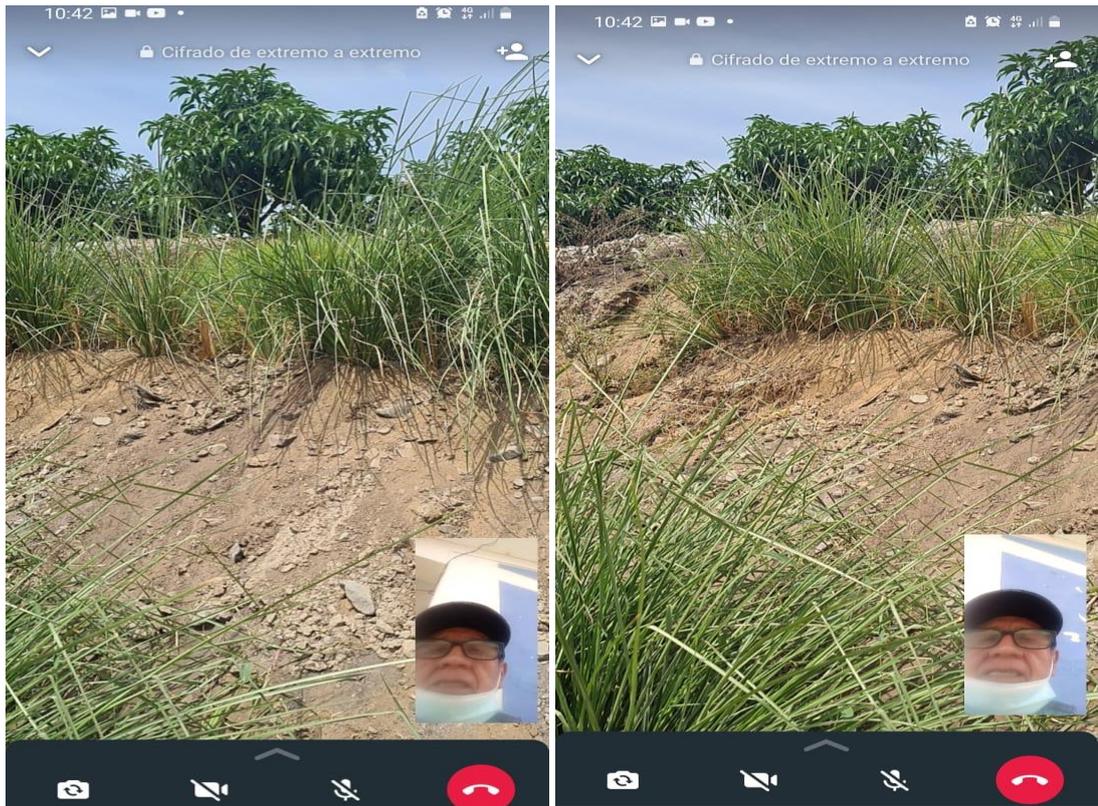
Monitoreo del tamaño de las raíces.



Resistencia de las raíces al esfuerzo de rotura.



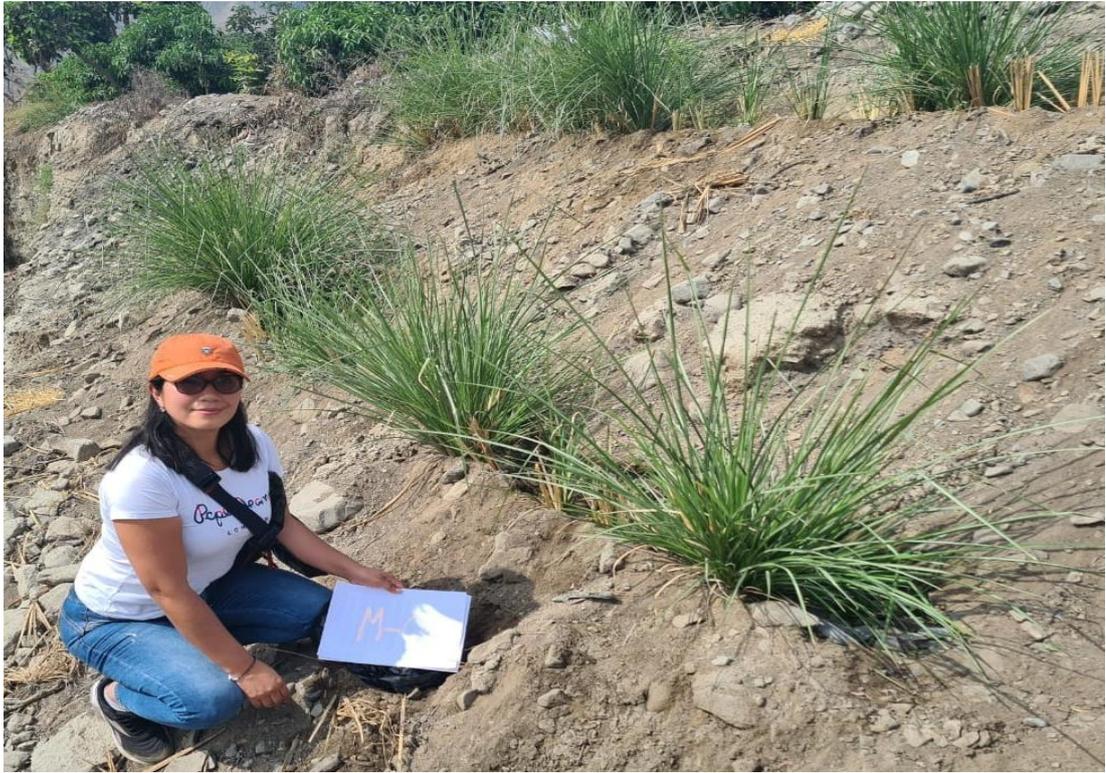
Video llamada con un miembro del jurado evaluador, en la parcela A, B y C.



Letrero en la entrada al C.P de Casablanca.



Muestra de suelo para análisis de laboratorio, último estudio de suelo, en parcela A



Muestra de suelo para análisis de laboratorio, último estudio de suelo, en parcela B.

