

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**UTILIZACIÓN DE PASTO VETIVER (CHRYZOPOGON
ZIZANIOIDES) COMO ALTERNATIVA PARA LA ESTABILIZACIÓN
DE TALUDES**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

Gian Carlos Chavez Guevara

ASESOR

Hector Augusto Gamarra Uceda

<https://orcid.org/0000-0002-3653-1394>

Chiclayo, 2022

Utilización de Pasto Vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*) como alternativa para la estabilización de taludes

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	8%
2	www.vetiverpr.info Fuente de Internet	3%
3	issuu.com Fuente de Internet	2%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	www.produccioncientificaluz.org Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	1%
7	es.unionpedia.org Fuente de Internet	1%
8	upcommons.upc.edu Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen	3
Abstract	4
Introducción.....	5
Referencias	16

Resumen

El deslizamiento de taludes es un problema que viene afectando en gran medida a la seguridad de la población ocasionando pérdidas materiales y humanas, por este motivo existen muchos que tienen como objetivo proponer la aplicación de Pasto Vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*) como alternativa sustentable para el incremento de la estabilidad de taludes, mediante ensayos de Penetración Dinámica Ligera (DPL) se ha determinado los parámetros de resistencia necesarios para el suelo sin y con adición de pasto Vetiver y con ello poder determinar mediante el software Slide V6.0 el factor de seguridad medido a través de los métodos de Spencer y Bishop simplificado. Los datos obtenidos muestran un considerable aumento del factor de seguridad para ambos métodos, obteniendo un 20% de incremento de la resistencia a los deslizamientos en 4 meses de la siembra del pasto Vetiver.

Palabras clave: taludes, estabilización, análisis estático, factor de seguridad, pasto Vetiver.

Abstract

The landslide of slopes is a problem that has been affecting to the safety of the population causing material and human losses, for this reason exists many methods which are expensive and with a constructive process so long. This research has as objective to propose the application of Vetiver Grass (*Chrysopogon Zizanioides*) as a sustainable alternative to increase slope stability, through Light Dynamic Penetration (DPL) tests, where has been determined the parameters of resistance necessities for the soil without and with the addition of Vetiver grass and to be able to determine by means of software V6.0 the factor of safety measured through the simplified Spencer and Bishop methods. The data obtained show a considerable increase of the safety factor for both methods, obtaining a 20% of increase in resistance to landslides in 4 months of planting Vetiver grass.

Keywords: Slopes, stabilization, static analysis, safety factor, Vetiver grass.

Introducción

Desde tiempos muy antiguos nuestros antepasados han utilizado las plantas para controlar la erosión y estabilización de taludes usando métodos y técnicas tradicionales. Con el transcurrir el tiempo con los avances de la ciencia y la tecnología estas prácticas han ido revolucionando de manera más metódica y científica debido a que las personas han tomado conciencia de las prácticas medio ambientales en la conservación del medio ambiente.

Esta preocupación por el cuidado del medio ambiente, ha generado que diversas organizaciones mundiales realicen importantes investigaciones que brinden soluciones del entorno ambiental y de la ingeniería en las obras de construcción de carreteras, canales, viviendas y otros, además imprescindibles para el desarrollo sostenible del país.

El deslizamiento de taludes es un problema que perjudica a muchas obras civiles en las que las actividades porque están vinculadas con construcción de diques, terraplenes, presas, entre otras ya que es parte fundamental de estas actividades de construcción de estas. Además, de que es una situación que preocupa a las poblaciones que se encuentran expuestas a riesgos de deslizamientos o huaycos por motivo de lluvias durante todo el año.

A finales de los años ochenta el Banco Mundial ha venido promoviendo la siembra del pasto o zacate vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*) en la estabilización de taludes. Dicha iniciativa fue propuesta por Dick Grimshaw encaminada a la conservación de los suelos y el agua en el sector agrícola.

La planta Vetiver contiene un sistema de raíces extremadamente profundo que amarra el suelo, impide que sea separado por flujos de agua de alta velocidad, tiene rápido crecimiento, es muy tolerante a las épocas de la sequía, es muy apto para la estabilización de taludes inclinados, es muy resistente a plagas, enfermedades y al fuego, es tolerancia a variaciones climáticas extremas, tiene alta tolerancia a los metales pesados en los suelos, tiene alta eficiencia en absorber nutrientes tales y metales en agua contaminados, es muy tolerante a medios de crecimiento altos en acidez, alcalinidad, salinidad y sodicidad.

Con el paso del tiempo las propiedades de dicha planta han llamado la atención de muchos ingenieros, debido a que el pasto vetiver es efectivo en la reducción de desastres naturales, tales

como inundaciones, deslizamientos, fallas de borde en carreteras, bancos de río, canales de irrigación, erosión costera y estructuras de tención de agua.

La inestabilidad de taludes se considera como uno de los problemas geotécnicos más importantes, estos generan deslizamientos de masas, que provocan impactos negativos al bioma y a las personas, así como daños en infraestructuras y geomorfología. Por ello, el pasto Vetiver se emplea como una solución ecoingenieril por su capacidad de solucionar problemas de erosión, reptación y fallas (Gusukuma et al., 2020).

El presente artículo proporciona valiosa información acerca de las propiedades de la planta Vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*) en el incremento de la estabilización de taludes en zonas que son sujetas a deslizamientos.

Materiales

Materiales y lugar de muestreo

Se estudio un talud en el Centro Poblado Ajipampa del distrito de Lajas, provincia de Chota – Perú, en donde en este lugar se ha tenido antecedentes de deslizamientos de taludes.

En el talud de estudio se han realizado calicatas, en las cuales se han llevado muestras del suelo al laboratorio para poder determinar las propiedades físicas del suelo analizado, mostrando los resultados en la siguiente tabla.

Tabla 1. Propiedades físicas del suelo

Clasificación según SUCS		CH (Arcillas de alta plasticidad)
Limite Liquido (LL)	%	53.5
Limite Plástico (LP)	%	28.2
Indice de Plasticidad (IP)	%	25.3
Contenido de humedad (W)	%	22.1
Cohesión (C)	KN/m ²	46,9
Angulo de fricción (Ø)	°	0,6
Peso específico (γ)	KN/m ³	14,1

Pasto vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*)

(Gusukuma, 2020), menciona que la inestabilidad de taludes se considera como uno de los problemas geotécnicos más importantes, estos generan deslizamientos de masas, que provocan impactos negativos al bioma y a las personas, así como daños en infraestructuras y geomorfología. Por ello, la hierba Vetiver se emplea como una solución ecoingenieril por su capacidad de solucionar problemas de erosión, reptación y fallas.

(Barreto Wilmer, 2019). El vetiver (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash, o *Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty), es una planta perenne originaria de países tropicales a subtropicales del sureste asiático (India, China, Filipinas, entre otros), cuyo sistema radicular ha llamado particularmente la atención de ingenieros por su gran y rápido crecimiento, que puede alcanzar profundidades mayores a 3 metros.

(Arratea, 2018) El pasto Vetiver (*Cryspogon zizanioides* anteriormente clasificada como *Vetiveria Zizanioides*) es una planta perenne de la familia de las gramíneas nativas de la India.

(Astoquilca, 2014) El Vetiver es una planta herbácea, la puede llegar a medir 2 metros de altura, con hojas largas y sencillas, los cuales también contribuyen con la estabilización ya que pueden funcionar como una barrera viva permeable que retarda el flujo del agua y actúa como un biofito muy efectivo, atrapando sedimentos y hasta rocas en el agua de escorrentía.

La propiedad principal de esta planta gramínea es su raíz la cual puede llegar a medir hasta 4 metros, la cual puede penetrar cualquier tipo de suelo para dar resistencia.

(Ramírez, 2018), en su artículo menciona que los resultados demuestran que las plantas Vetiver presentan una alta tasa de fijación y remoción de contaminantes en un 91.65%.

(Luis David Chaparro-Sarmiento, 2021), menciona que la planta Vetiver tiene un sistema masivo de raíces en general crece verticalmente y no compite con los cultivos adyacentes. En condiciones buenas, el sistema radial puede crecer hasta una profundidad de 4 m, y bajo la superficie del suelo se forma una barrera. Las raíces son muy fuertes y tienen la capacidad de amarrar la sarta junta.

(Danh, 2015), afirma que un metro cuadrado plantado con vetiver absorbe hasta cinco kilos de CO₂ al año. Puede tenerla en jardines, parques o vía pública. Además de ser bonita necesita veinte veces menos agua que el pasto americano, que encontramos en toda la ciudad, a pesar del exceso de agua que requiere. Puede dejarse el vetiver cuatro meses sin ninguna gota de agua y no va a pasar nada.

(Luigi Méndez, 2016). En su investigación sostiene que la resistencia del Vetiver a la tracción es inversamente proporcional al diámetro de la raíz, con un valor medio de 122 MPa, para un diámetro equivalente a 1,4 mm, adicionalmente exhiben altas deformaciones previo a la rotura, con magnitudes que oscilan entre un 9% y 23%.

Métodos

Criterios de siembra

Para poder realizar un mejoramiento de la estabilidad de un talud mediante siembra del pasto Vetiver, primero se realiza un levantamiento topográfico del talud a estabilizar para poder determinar el área, pendiente y las dimensiones del talud que se ha analizado.

Al tener determinada el área a estabilizar se procede a distribuir en AutoCad Civil 3D las plantaciones según medidas recomendadas por bibliografía según el libro “Manual sobre el uso y manejo del pasto Vetiver”, en la cual según la pendiente se determina el distanciamiento entre esquejes del pasto Vetiver y determinar el número de esquejes necesarios.

Pendiente		Gradiente	Tramo de superficie* (m)
Grado	%		
1	1.7	1 en 57.3	57.3
2	3.5	1 en 28.6	28.7
3	5.3	1 en 19.5	19.1
4	7.0	1 en 14.3	14.3
5	8.8	1 en 11.4	11.5
10	17.6	1 en 5.7	5.8
15	27.0	1 en 3.7	4.0
20	36.4	1 en 2.8	3.0
25	46.1	1 en 2.1	2.4
30	57.7	1 en 1.7	2.0
35	70	1 en 1.4	1.7
40	84	1 en 1.2	1.6
45	100	1 en 1.0	1.4

* También llamado distanciamiento entre curvas de nivel

Imagen 1. Distancias entre tramos de superficie vertical de sembrado

Luego de tener la cantidad necesaria de esquejes se procede a realizar la siembra, mediante un trazado en el terreno para obtener un plantado en hilera y teniendo en cuenta que el sembrado se debe llevar a cabo en un ambiente abierto, ya que la sombra afecta de manera negativa al crecimiento del vetiver.

(Astoquilca, 2014) Para lograr que el pasto se establezca en el talud, se necesita regar diariamente la primera semana, cada 2 a 3 días las 2 semanas subsiguientes y 1 vez cada 10 días por 4 veces hasta que el pasto este bien establecido.

Se tiene que tener en cuenta que los esquejes de pasto Vetiver se llega a establecer desde los 4 meses, en donde ya se puede analizar el mejoramiento de la estabilidad.

Ensayos DPL

El Ensayo de Penetración Dinámica Liger (DPL) es un ensayo que se realiza in situ al introducir una punta cónica al dejar caer un martillo de acero de 10 Kg y contabilizar el número de golpes con el cual ingresa una varilla una distancia de 10 cm hasta llegar a un límite 50 golpes de rechazo, pudiendo obtener mediante este ensayo valores de ángulo de fricción, cohesión y resistencia del suelo analizado mediante estimación a través de correlaciones.

Los ensayos DPL se realizan mediante la normativa NTP 339.159:2001 y DIN4049. Los cuales se realizaron en 5 puntos antes de la siembra del pasto Vetiver y otros 5 puntos luego de que el pasto Vetiver se haya estabilizado, luego se analizó los resultados obtenidos y poder descubrir en que medida incrementa la estabilidad del talud mediante este método.

Calculo de factor de seguridad

Para poder conocer en que medida el talud resiste a las fuerzas aplicadas que este puede tener, este factor se conoce mediante la siguiente formula y puede ser desarrollado mediante distintos métodos matemáticos, en este caso de estudio se a utilizado los métodos de Spencer y Bishop simplificado.

$$[1] \quad F.S. = F. \text{ Estabilizadoras} / F. \text{ Desestabilizadoras}$$

El factor de seguridad para el talud se ha realizado mediante la modelación y análisis en el software Slide V6.0, el cual utiliza métodos de equilibrio para determinar el cálculo de la estabilidad del mismo en un plano 2D.

Para empezar con el modelamiento en este programa se importa la topografía desde AutoCAD Civil 3D para poder obtener el contorno del perfil del talud.

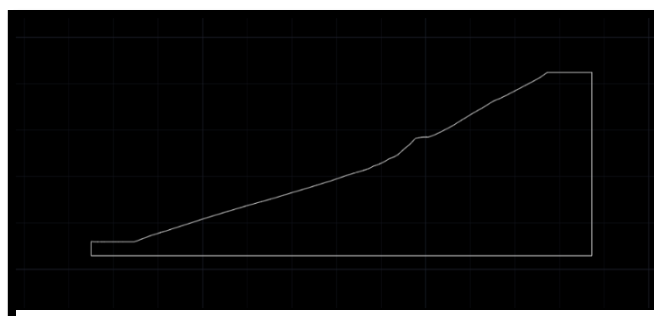


Imagen 2. Contorno de perfil longitudinal del talud

En este programa se ingresan distintos parámetros geotécnicos, que son las propiedades del suelo obtenidos mediante ensayos de laboratorio (Tipo de suelo, Angulo de fricción, Cohesión, Peso específico).

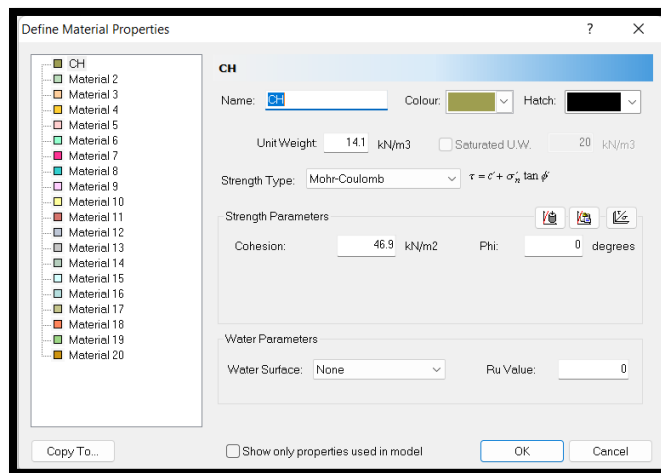


Imagen 3. Parámetros geotécnicos del suelo ingresados a Slide V6.0

Al procesar mediante el programa se obtiene un factor de seguridad, el cual será analizado mediante el método Spencer y Bishop simplificado para obtener un análisis de estabilidad estático.

Factor de seguridad del suelo sin aplicación de pasto Vetiver

- Método Spencer

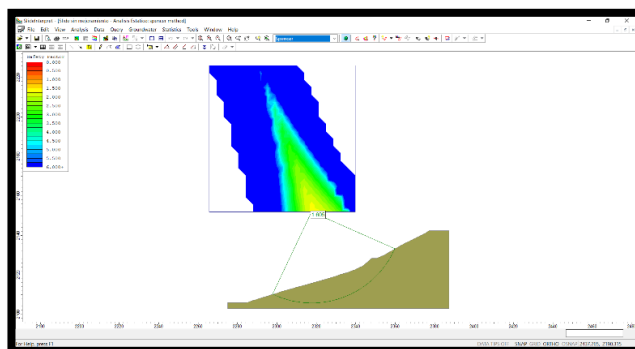


Imagen 4. Factor de seguridad sin adición de pasto Vetiver - Método Spencer

- Método Bishop Simplificado

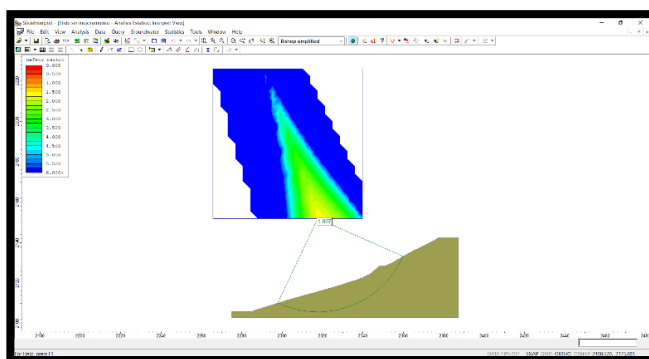


Imagen 5. Factor de seguridad sin adición de pasto Vetiver - Método Bishop Simplificado

Factor de seguridad del suelo con aplicación de pasto Vetiver

- Método Spencer

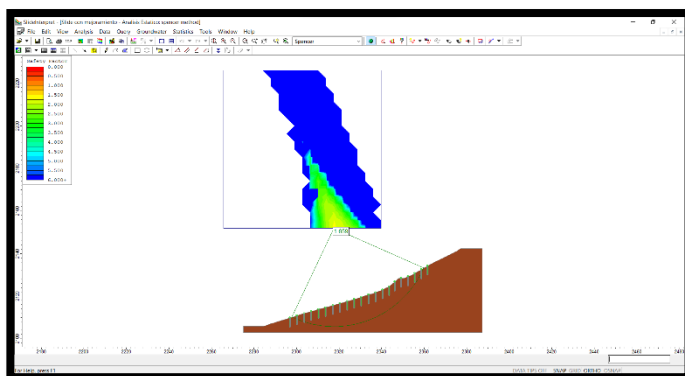


Imagen 6. Factor de seguridad con adición de pasto Vetiver - Método Spencer

- Método Bishop Simplificado

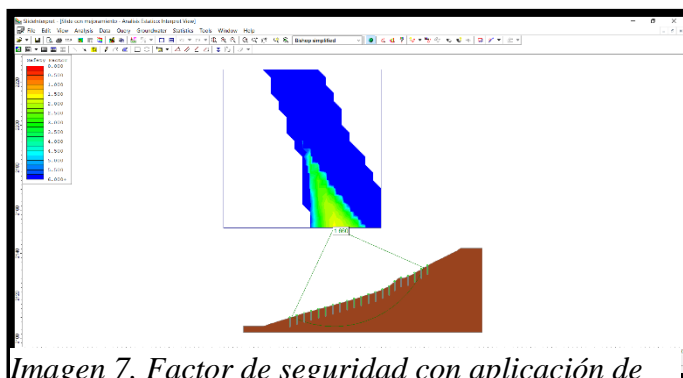


Imagen 7. Factor de seguridad con aplicación de pasto Vetiver - Método Bishop Simplificado

Resultados y Discusión

Luego de realizar el análisis de estabilidad mediante el programa Slide V6.0, se obtuvo el valor de factor de seguridad para los 2 métodos analizados (Spencer y Bishop) y para ambas condiciones del talud (Con mejoramiento y sin mejoramiento) del talud de estudio, en el cual se obtuvo los siguientes resultados.

Factor de seguridad del suelo sin aplicación de Pasto Vetiver

Tabla 2. Factor de seguridad sin aplicación de pasto Vetiver

FACTOR DE SEGURIDAD SIN APLICACIÓN DE PASTO VETIVER		
Zona de estudio	M. Spencer	M. Bishop S.
Talud	1.371	1.374

Según los valores obtenidos para el talud antes de ser estabilizado mediante el sembrado de pasto Vetiver se puede observar que las condiciones de inestabilidad no sobrepasan el 1.50.

Factor de seguridad del suelo con aplicación de Pasto Vetiver

Tabla 3. Factor de seguridad con aplicación de pasto Vetiver

FACTOR DE SEGURIDAD CON APLICACIÓN DE PASTO VETIVER		
Zona de estudio	M. Spencer	M. Bishop S.
Talud	1.659	1.660

En esta tabla se aprecia que con la aplicación de pasto Vetiver se observa el aumento significativo de los valores de factor de seguridad, tanto para el método de Bishop Simplificado como para el método de Spencer, llegando a pasar de la condición inestable a estable del talud en ambos métodos.

Evaluación y comparación de los factores de seguridad aplicando pasto Vetiver

En la siguiente tabla y gráfico se resumen y evalúan los valores obtenidos mediante el software Slide V6.0 para los factores de seguridades para poder determinar el porcentaje de incremento para ambos métodos.

Tabla 4. Comparación de factor de seguridad para ambos casos del talud

INCREMENTO DE FACTOR DE SEGURIDAD		
	M. Spencer	M. Bishop S.
Sin aplicación de Vetiver	1.371	1.374
Con aplicación de Vetiver	1.659	1.660
Incremento (%)	21.01	20.81

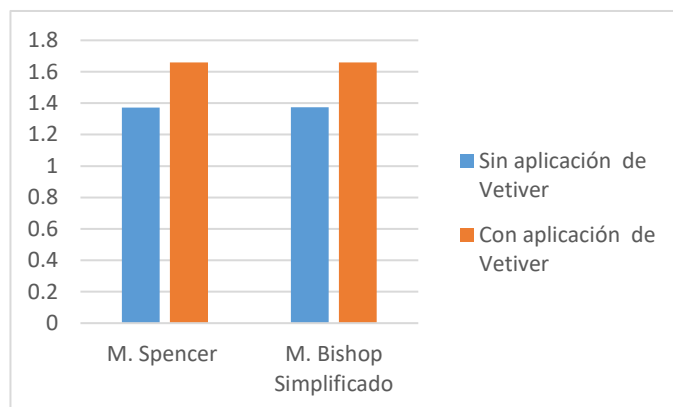


Imagen 8. Factores de seguridad con y sin aplicación de pasto Vetiver

En este gráfico se aprecia el aumento del factor de seguridad en un 21.01% mediante el método Spencer y un incremento de 20.81% mediante el método de Bishop Simplificado debido a la aplicación de pasto Vetiver como medida para estabilizar el suelo.

Este estudio de factores de seguridad fue dado en los primeros 4 meses desde sembrado el pasto Vetiver, ya que diferentes bibliografías nos indican que en este tiempo las raíces del pasto Vetiver se empiezan a estabilizar y por ende a brindar resistencia al suelo. Además de ellos se muestra que en el suelo que no tiene aplicación de pasto Vetiver es más inestable, pudiendo provocar deslizamientos en el talud.

Discusión de resultados

En el talud de estudio, el cual está ubicado en el centro poblado Ajipampa – Perú se tiene antecedentes de deslizamientos anteriores por lo que se optó por mejorar la estabilización de suelos mediante la siembra del pasto Vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*).

El aporte que brindan las raíces del Vetiver a la resistencia medidos a través de los factores de seguridad que nos brinda el software nos permiten conocer que mediante esta técnica de bioingeniería mejoraron los resultados obteniendo un aumento de más del 20% de la resistencia

a deslizamientos del talud en 4 meses.

Los costos que requiere los procedimientos para aplicar la siembra del pasto Vetiver en taludes con problemas de inestabilidad es considerablemente bajo con referencia a otros métodos de estabilización de taludes convencionales.

Conclusiones

- Los resultados obtenidos para los planos de falla superficiales los valores de factor de seguridad de estabilidad para el talud sin siembra de pasto Vetiver, en el cual se obtuvo los valores de 1.371 (Método de Spencer) y 1.374 (Método de Bishop Simplificado).
- Las propiedades físicas del suelo se obtuvieron mediante muestras de suelo analizadas por medio de la excavación de calicatas a 3m en el talud, obteniendo la clasificación del suelo CH (Arcillas de alta plasticidad) según AASHTO, un grado de cohesión de 46.9 KN/m² y se considero como 0 el porcentaje de ángulo de fricción.

Referencias

- Arratea, N. C. (2018). "Reducción de la erosión hídrica del suelo, con la utilización de la *Vetiveria Zizanioides* en la microcuenca de Tingoragra - Nauyan Rondos, Provincia de Huánuco 2017". Huánuco: Universidad de Huánuco.
- Astoquilca, F. H. (2014). *Propuesta de estabilización de taludes con pasto vetiver (Chrysopogon zizanioides, L.) en el canal de irrigación - Tingo de Ponaza*. Picota - San Martín: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Barreto Wilmer, T. J. (2019). Modelo para el Cálculo del Esfuerzo a la Tracción de las. *Revista técnica de la Facultad de Ingeniería*, 8.
- Danh, P. T. (2015). El sistema Vetiver para mejorar la calidad del agua. *El Pluviómetro*, 13.
- Gusukuma, M. (2020). Implementación de modelos para la estabilización de taludes con. *Revista de Ingeniería Civil*, 1-2.
- Luiggi Méndez, W. R. (2016). Resistencia a la tracción del sistema radicular del vetiver (*vetiveria zizanioides*) plantado en un suelo granular. *Funda Geominas*, 3-4.
- Luis David Chaparro-Sarmiento, W. J.-Q.-O. (2021). Influencia del vetiver y eucalipto en la. *Revista UIS Ingenierías*, 2-3.
- Ramírez, J. D. (2018). EVALUACIÓN DEL VETIVER (*CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES*) Y LA ELEFANTA (*PENNISETUM PURPUREUM*) EN LA CARACTERIZACIÓN DE HUMEDALES ARTIFICIALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS. *Revista Científica en Ciencias Ambientales y Sostenibilidad CAS*, 8-9.