

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DE
DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL
A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2019”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Pozo Seguil, Carlos Vladimir

ASESORA: Trujillo Ariza, Yelen Lisseth

HUÁNUCO – PERÚ

2021

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Geotecnia
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2018-2019)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Civil

Disciplina: Ingeniería Civil

D

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 4164845

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 70502371

Grado/Título: Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental.

Código ORCID: 0000-0002-5650-3745

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Maestro en ingeniería de sistemas e informática con mención en: gerencia de sistemas y tecnologías de información	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Mato Vicente, Rosner Nadler	Maestro en gestión pública	41877736	0000-0003-3638-9284
3	Alvarado Romero, Juan Alex	Ingeniero Civil	22507095	0000-0002-0596-8729

H



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 11:10 horas del día martes 04 de mayo de 2021, mediante la plataforma Google Meet, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

- MG. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS - PRESIDENTE
- MG. ROSNER NADLER MATO VICENTE - SECRETARIO
- ING. JUAN ALEX ALVARADO ROMERO - VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 454-2021-D-FI-UDH, para evaluar la **Tesis** intitulada: "PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2019", presentado por el (la) Bachiller. Carlos Vladimir, POZO SEGUIL, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

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

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) APROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 15 y cualitativo de BUENO (Art. 47).

Siendo las 12:40 horas del día 04 del mes de mayo del año 2021, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Presidente

Secretario

Vocal

DEDICATORIA

A mi amada hija Ana Paula Pozo Cajas que gracias a ella me nace el amor de padre y el deseo de superación para ser un buen ejemplo y guía de vida.

A mi amado padre Amador Pozo Chávez que desde el cielo guía mis pasos para cumplir el sueño anhelado de realizarme como profesional.

A mi amada madre Ana María Seguil Arroyo que como educadora y con mucho esfuerzo supo guiarme y formarme como hombre para la sociedad.

A mi amada esposa Vanessa Cajas Aranda que gracias al impulso que fomenta para superarme día con día.

A ellos dedico esta investigación, que motivaron cada uno a su manera culminar esta etapa en mi desarrollo profesional.

AGRADECIMIENTO

A Dios que por su voluntad permitió culminar el sueño más anhelado de todo estudiante universitario.

A la Universidad de Huánuco conformada por el decano, asesor, docentes de la facultad de ingeniería; que me brindaron el apoyo incondicional en mi formación profesional y de los cuales llevare los más gratos recuerdos día tras día.

A mis jurados por brindarme su experiencia en el desarrollo de este proyecto, por sus constructivas observaciones.

A todas aquellas personas que colaboraron de una manera u otra en la culminación de esta etapa en mi desarrollo profesional.

ÍNDICE

DEDICATORIA.	ii
AGRADECIMIENTO.	iii
ÍNDICE.	iv
ÍNDICE DE TABLAS.	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS.	xiii
ÍNDICE DE DIAGRAMAS.	xiv
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.	xv
RESUMEN.	xvi
ABSTRACT.	xvii
INTRODUCCIÓN.	xviii
CAPÍTULO I.	020
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.	020
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.	020
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	022
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.	022
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.	022
1.3. OBJETIVO GENERAL.	023
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	023
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.	023
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.	024
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.	025
CAPÍTULO II.	026
2. MARCO TEÓRICO.	026
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.	026
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.	026
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.	028
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.	029
2.2. BASES TEÓRICAS.	029
2.2.1. MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS MECÁNICOS.	029
2.2.2. DESLIZAMIENTO DE SUELOS.	042

2.2.3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES.	046
2.2.4. SISTEMA VETIVER.	066
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.	078
2.4. HIPÓTESIS.	082
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.	082
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.	083
2.5. VARIABLES.	083
2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.	083
2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE.	083
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.	084
CAPÍTULO III.	085
3. METODOLOGÍA DE DA INVESTIGACIÓN.	085
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.	085
3.1.1. ENFOQUE.	086
3.1.2. ALCANCE.	086
3.1.3. DISEÑO.	087
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.	088
3.2.1. POBLACIÓN.	088
3.2.2. MUESTRA.	089
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	090
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.	090
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.	099
3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.	103
CAPÍTULO IV.	104
4. RESULTADOS.	104
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.	104
4.1.1. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LAS SECCIONES DEL ÁREA DELIMITADA SIN LA INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER.	104
4.1.2. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LAS SECCIONES DEL ÁREA DELIMITADA CON LA INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER.	113
4.2. CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.	122
4.2.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS.	122
4.2.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.	124

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	128
5. CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	128
5.1. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.	128
CONCLUSIONES.	130
RECOMENDACIONES.	132
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	133
ANEXOS.	135

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: SERIE DE TAMICES DE MALLA CUADRADA PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.	030
TABLA 2: TAMAÑO MÁXIMO DE PARTÍCULAS PARA EL ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD.	032
TABLA 3: FUERZAS DE TENSIÓN DE ROTURA DE LAS RAÍCES DEL VETIVER COMPARADO CON OTRAS PLANTAS.	069
TABLA 4: PARÁMETROS DE RESISTENCIA EN SUELOS SIN Y CON SIEMBRA VETIVER.	069
TABLA 5: PARÁMETROS DE RESISTENCIA DE TALUD SIN Y CON SIEMBRA VETIVER.	072
TABLA 6: DISEÑO DEL INTERVALO VERTICAL DEL SISTEMA VETIVER SEGÚN PENDIENTE.	076
TABLA 7: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN DESARROLLADA.	084
TABLA 8: COORDENADAS DEL PUNTO DE UBICACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.	091
TABLA 9: PUNTOS TOPOGRÁFICOS DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.	092
TABLA 10: PUNTOS TOPOGRÁFICOS DE LA SECCIÓN S1 TRAZADA EN EL ÁREA DELIMITADA.	100
TABLA 11: PUNTOS TOPOGRÁFICOS DE LA SECCIÓN S2 TRAZADA EN EL ÁREA DELIMITADA.	100
TABLA 12: PUNTOS TOPOGRÁFICOS DE LA SECCIÓN S3 TRAZADA EN EL ÁREA DELIMITADA.	100
TABLA 13: RESULTADOS DEL ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DEL ESTRATO E2.	101
TABLA 14: RESULTADOS DEL ENSAYO DE CORTE DIRECTO DEL ESTRATO E2.	102
TABLA 15: RESULTADOS DEL ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DEL ESTRATO E2 + RAÍCES VETIVER.	102
TABLA 16: RESULTADOS DEL ENSAYO DE CORTE DIRECTO DEL ESTRATO E2 + RAÍCES VETIVER.	103

TABLA 17: DESCRIPCIÓN DE LOS FS SIN LA INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER CON LOS MÉTODOS PROPUESTOS.	112
TABLA 18: DESCRIPCIÓN DE LOS FS CON LA INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER CON LOS MÉTODOS PROPUESTOS.	121
TABLA 19: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DEL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD SIN INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER.	123
TABLA 20: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DEL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD CON INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER.	123
TABLA 21: PRUEBA DE T – STUDENT DE UNA MUESTRA, DE LA HIPÓTESIS ESPECIFICA 1.	125
TABLA 22: PRUEBA DE WILCOXON DE UNA MUESTRA, DE LA HIPÓTESIS ESPECIFICA 2.	126

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL % RETENIDO SEGÚN EL TAMAÑO DE PARTÍCULAS.	031
FIGURA 2: LÍMITES DE ATTERBERG EN LA INGENIERÍA PRÁCTICA.	033
FIGURA 3: LÍNEA DE TENDENCIA LOGARÍTMICA PARA DETERMINAR EL LÍMITE LIQUIDO DE UN SUELO.	035
FIGURA 4: ELEMENTOS MORFOLÓGICOS Y MORFOMÉTRICOS DE UN DESLIZAMIENTO.	043
FIGURA 5: ZONA Y SUPERFICIE DE ROTURA DE UN MOVIMIENTO DE MASAS.	043
FIGURA 6: DESLIZAMIENTO ROTACIONAL TÍPICO.	044
FIGURA 7: FALLA LOCAL Y FALLA EN LA BASE DEL DESLIZAMIENTO ROTACIONAL.	044
FIGURA 8: DESLIZAMIENTOS TRASLACIONALES.	045
FIGURA 9: FALLAS DEL DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL.	046
FIGURA 10: TENSIONES NORMAL Y TANGENCIAL DE MOHR-COULOMB.	048
FIGURA 11: SUPERFICIE DE DESLIZAMIENTO CIRCULAR DIVIDIDA.	049
FIGURA 12: FUERZAS ACTUANTES EN EL MÉTODO ORDINARIO. ...	052
FIGURA 13: FUERZAS EN LA ENÉSIMA REBANADA DEL MÉTODO JANBU.	055
FIGURA 14: FACTOR DE CORRECCIÓN F° DEL MÉTODO JANBU. ...	056
FIGURA 15: FUERZAS Y RESULTANTE DEL MÉTODO SPENCER.	058
FIGURA 16: COORDENADAS EN LA SUPERFICIE DE FALLA DEL MÉTODO SPENCER.	059
FIGURA 17: TIPOS DE $F(x)$ ASUMIDAS POR EL MÉTODO MORGENSTERN & PRICE.	061
FIGURA 18: FUERZAS EN LA ENÉSIMA REBANADA SEGÚN EL MÉTODO SARMA.	063
FIGURA 19: PLANTA Y RAÍCES DEL VETIVER.	066
FIGURA 20: RESISTENCIA A LA TRACCIÓN SEGÚN DIÁMETRO DE RAÍZ DEL VETIVER.	068

FIGURA 21: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD DE 45° DE PENDIENTE, SIN SIEMBRA Y CON 7 AÑOS DE SIEMBRA VETIVER.	073
FIGURA 22: SEPARACIÓN DE ESQUEJES DEL VETIVER.	074
FIGURA 23: CULMO O TALLO, BROTES O VÁSTAGOS, Y CORONAS, DE PLANTAS MADURAS DEL VETIVER.	075
FIGURA 24: INTERVALO VERTICAL Y ESPACIAMIENTO HORIZONTAL DEL SISTEMA VETIVER.	077
FIGURA 25: ÁREA DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS DEFINIDA COMO POBLACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN DESARROLLADA.	088
FIGURA 26: SECCIONES DEL ÁREA DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS DEFINIDA COMO MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN DESARROLLADA.	089
FIGURA 27: DISEÑO Y PENDIENTES DE LA SECCIÓN S1 SIN INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER.	104
FIGURA 28: FS SIN INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S1 SEGÚN EL MÉTODO ORDINARIO.	104
FIGURA 29: FS SIN INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S1 SEGÚN EL MÉTODO JANBU.	105
FIGURA 30: FS SIN INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S1 SEGÚN EL MÉTODO SPENCER.	105
FIGURA 31: FS SIN INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S1 SEGÚN EL MÉTODO MORGENSTERN & PRICE.	105
FIGURA 32: FS SIN INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S1 SEGÚN EL MÉTODO SARMA.	106
FIGURA 33: DISEÑO Y PENDIENTES DE LA SECCIÓN S2 SIN INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER.	107
FIGURA 34: FS SIN INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S2 SEGÚN EL ORDINARIO.	107
FIGURA 35: FS SIN INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S2 SEGÚN EL MÉTODO JANBU.	107
FIGURA 36: FS SIN INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S2 SEGÚN EL MÉTODO SPENCER.	108
FIGURA 37: FS SIN INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S2 SEGÚN EL MÉTODO MORGENSTERN & PRICE.	108

FIGURA 38: FS SIN INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S2 SEGÚN EL MÉTODO SARMA.	108
FIGURA 39: DISEÑO Y PENDIENTES DE LA SECCIÓN S3 SIN INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER.	109
FIGURA 40: FS SIN INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S3 SEGÚN EL ORDINARIO.	110
FIGURA 41: FS SIN INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S3 SEGÚN EL MÉTODO JANBU.	110
FIGURA 42: FS SIN INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S3 SEGÚN EL MÉTODO SPENCER.	110
FIGURA 43: FS SIN INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S3 SEGÚN EL MÉTODO MORGENSTERN & PRICE.	111
FIGURA 44: FS SIN INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S3 SEGÚN EL MÉTODO SARMA.	111
FIGURA 45: DESCRIPCIÓN DE LOS FS SIN LA INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER CON LOS MÉTODOS PROPUESTOS.	112
FIGURA 46: DISEÑO Y PENDIENTES DE LA SECCIÓN S1 CON INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER.	113
FIGURA 47: FS CON INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S1 SEGÚN EL ORDINARIO.	114
FIGURA 48: FS CON INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S1 SEGÚN EL MÉTODO JANBU.	114
FIGURA 49: FS CON INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S1 SEGÚN EL MÉTODO SPENCER.	114
FIGURA 50: FS CON INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S1 SEGÚN EL MÉTODO MORGENSTERN & PRICE.	115
FIGURA 51: FS CON INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S1 SEGÚN EL MÉTODO SARMA.	115
FIGURA 52: DISEÑO Y PENDIENTES DE LA SECCIÓN S2 CON INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER.	116
FIGURA 53: FS CON INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S2 SEGÚN EL ORDINARIO.	116
FIGURA 54: FS CON INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S2 SEGÚN EL MÉTODO JANBU.	117

FIGURA 55: FS CON INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S2 SEGÚN EL MÉTODO SPENCER.	117
FIGURA 56: FS CON INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S2 SEGÚN EL MÉTODO MORGENSTERN & PRICE.	117
FIGURA 57: FS CON INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S2 SEGÚN EL MÉTODO SARMA.	118
FIGURA 58: DISEÑO Y PENDIENTES DE LA SECCIÓN S3 CON INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER.	119
FIGURA 59: FS CON INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S3 SEGÚN EL ORDINARIO.	119
FIGURA 60: FS CON INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S3 SEGÚN EL MÉTODO JANBU.	119
FIGURA 61: FS CON INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S3 SEGÚN EL MÉTODO SPENCER.	120
FIGURA 62: FS CON INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S3 SEGÚN EL MÉTODO MORGENSTERN & PRICE.	120
FIGURA 63: FS CON INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER DE LA SECCIÓN S3 SEGÚN EL MÉTODO SARMA.	120
FIGURA 64: DESCRIPCIÓN DE LOS FS CON LA INFLUENCIA DEL SISTEMA VETIVER CON LOS MÉTODOS PROPUESTOS.	122
FIGURA 65: PRUEBA DE T-STUDENT DE UNA MUESTRA, DE LA HIPÓTESIS ESPECIFICA 1.	125
FIGURA 66: PRUEBA DE WILCOXON DE UNA MUESTRA, DE LA HIPÓTESIS ESPECIFICA 2.	127

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICA 1: ESFUERZO CORTANTE Y DEFORMACIÓN DE SUELOS SIN SIEMBRA VETIVER.	070
GRÁFICA 2: ESFUERZO CORTANTE Y DEFORMACIÓN DE SUELOS DESPUÉS DE 1 AÑO DE SIEMBRA VETIVER.	070
GRÁFICA 3: ESFUERZO CORTANTE Y DEFORMACIÓN DE SUELOS DESPUÉS DE 2 AÑOS DE SIEMBRA VETIVER.	071
GRÁFICA 4: ESFUERZO CORTANTE Y DEFORMACIÓN DE SUELOS DESPUÉS DE 3 AÑOS DE SIEMBRA VETIVER.	071
GRÁFICA 5: ESFUERZO CORTANTE Y DEFORMACIÓN DE TALUD SIN SIEMBRA VETIVER.	072
GRÁFICA 6: ESFUERZO CORTANTE Y DEFORMACIÓN DE TALUD DESPUÉS DE 7 AÑOS DE SIEMBRA VETIVER.	073

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

DIAGRAMA 1: ETAPAS O FASES DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DESARROLLADA.	085
DIAGRAMA 2: ENFOQUE CUANTITATIVO DE LA INVESTIGACIÓN DESARROLLADA.	086
DIAGRAMA 3: ALCANCE CORRELACIONAL – DESCRIPTIVO DE LA INVESTIGACIÓN DESARROLLADA.	087
DIAGRAMA 4: DISEÑO CUASIEXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN DESARROLLADA.	088

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL ÁREA DE DESLIZAMIENTO.	091
FOTOGRAFÍA 2: TOMA DE MUESTRAS ALTERADAS E INALTERADAS DEL ÁREA DE DESLIZAMIENTO.	094
FOTOGRAFÍA 3: ESTRATIGRAFÍA DE SUELOS DEL ÁREA DE EXPLORACIÓN DE MUESTRAS.	094
FOTOGRAFÍA 4: ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS DEL ÁREA DE DESLIZAMIENTO.	095
FOTOGRAFÍA 5: ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO SIN INFLUENCIA DEL VETIVER.	096
FOTOGRAFÍA 6: ENSAYO DE CORTE DIRECTO SIN INFLUENCIA DEL VETIVER.	097
FOTOGRAFÍA 7: ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO CON INFLUENCIA DEL VETIVER.	098
FOTOGRAFÍA 8: ENSAYO DE CORTE DIRECTO CON INFLUENCIA DEL VETIVER.	099

RESUMEN

La presente investigación propone el uso de las raíces de la planta Vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*), mediante una técnica o sistema para disminuir o controlar los deslizamientos de suelos.

La metodología de esta investigación presenta un enfoque cuantitativo mediante un diseño experimental del tipo cuasiexperimento, presentando un alcance correlacional – descriptivo. Estableciendo como población un área de deslizamiento de suelo delimitada con 3,576.52m², en la parte alta del A.A.H.H. la Florida de la ciudad de Huánuco, ubicada en el centro del Perú; zona donde el problema de derrumbes o deslizamientos son latentes, demostrados mediante estudios realizados por el instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). Definiendo como muestra de estudio 3 secciones del área de deslizamiento de suelo mediante un muestreo no probabilístico.

El objetivo principal de la investigación es proponer el sistema vetiver como una alternativa de control del deslizamiento de suelos de la parte alta del A.A.H.H. la Florida en la ciudad de Huánuco; para ello determina el factor de seguridad del área de deslizamiento de suelos, sin la influencia y con influencia del sistema vetiver. Mediante el software Geoslope, el cual realiza el análisis de estabilidad y cálculo del factor de seguridad con los métodos Ordinario o de Fellenius, Janbu, Spencer, Morgenstern & Price, y Sarma.

Finalmente comparando los resultados se demuestra que el factor de Seguridad se incrementa considerablemente con el uso de las raíces de la planta vetiver. De esta manera se afirma que el sistema vetiver es una alternativa de control del deslizamiento de suelos de la parte alta del A.A.H.H. la Florida en la ciudad de Huánuco.

Palabras Claves: Estabilización de suelos, planta vetiver, sistema vetiver, deslizamiento de suelos, deslizamiento de taludes.

ABSTRACT

The present research proposes the use of the roots of the Vetiver plant (*Chrysopogon Zizanioides*), through a technique or system to reduce or control landslides.

The methodology of this research presents a quantitative approach through an experimental design of the quasi-experiment type, presenting a correlational - descriptive scope. Establishing as a population a landslide area delimited with 3,576.52 m², in the upper part of the A.A.H.H. Florida in the city of Huánuco, located in the center of Peru; zone where the problem of landslides or landslides are latent, demonstrated by means of studies carried out by the National Institute of Civil Defense (INDECI). Defining as a study sample 3 sections of the landslide area through non-probability sampling.

The main objective of the research is to propose the vetiver system as an alternative to control the landslide of the upper part of the A.A.H.H. La Florida in the city of Huánuco; To do this, it determines the safety factor of the landslide area, without the influence and with the influence of the vetiver system. Using Geoslope software, which performs the stability analysis and calculation of the safety factor with the Ordinary or Fellenius, Janbu, Spencer, Morgenstern & Price, and Sarma methods.

Finally, comparing the results, it is shown that the Safety factor increases considerably with the use of the roots of the vetiver plant. In this way, it is affirmed that the vetiver system is an alternative to control the landslide of the upper part of the A.A.H.H. La Florida in the city of Huánuco.

Key Words: Soil stabilization, vetiver plant, vetiver system, landslide, slope landslide.

INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad a lo largo de los siglos se han originado deslizamientos de suelos o derrumbes en taludes y/o laderas, lo cual se convierte en un problema cuando afecta la integridad de los habitantes de una población determinada; debido a ello como solución a estos problemas se han desarrollado diversidad de técnicas de estabilización para la contención de estos deslizamientos o derrumbes. Entre estas técnicas de estabilización se resalta el uso de raíces de plantas como elementos de refuerzo para la resistencia al corte del suelo, debido a su resistencia, su bajo costo y sobre todo por ser netamente ecológicos; dentro de estas plantas se destaca el uso de la planta vetiver, de nombre científico de *Chrysopogon Zizanioides*.

El Banco Mundial y algunas agencias ambientales del mundo han recomendado el uso del vetiver, debido a sus características morfológicas, fisiológicas, hidráulicas, mecánicas y además por no ser una especie invasora. Aunque no existen muchos estudios sobre la aplicación de la planta vetiver como elemento de contención y prevención de deslizamientos o derrumbes, se cuenta con un estudio de gran magnitud que fue desarrollada por el ministerio de transportes de Vietnam en el año 2003, en el cual se aplicó el sistema vetiver para estabilizar los taludes en un tramo de más de 3000 km de la carretera Ho Chi Minh.

Debido a estos alcances, se busca fundamentar la propuesta de una técnica o sistema que utiliza raíces de la planta vetiver como elementos de contención y estabilización; para una población definida como un área delimitada de deslizamiento de suelos mediante el estudio de muestras sin influencia y con influencia del vetiver, definidas como las secciones del área estudiada. Todo esto sustentado con los factores de seguridad obtenidos de los análisis de estabilidad mediante los métodos Ordinario, Janbu, Spencer, Morgenstern & Price, y Sarma. El análisis de estabilidad y cálculo de los factores de seguridad sin influencia y con influencia del sistema vetiver, se realizan con la ayuda del software Geoslope; software de última generación para modelamiento geotécnico desarrollado durante más 40 años, utilizado en muchos países del mundo incluido Perú.

La investigación se desarrolla con las técnicas de recolección de datos como la observación no experimental y observación experimental. La observación no experimental se realiza sin manipular la muestra mediante el levantamiento topográfico y el uso del software especializado en topografía; mientras que la observación experimental se realiza manipulando la muestra mediante los ensayos mecánicos en el laboratorio de suelos.

Se tuvo limitaciones en cuanto a la búsqueda de estudios previos o antecedentes de la investigación, en cuanto a los recursos teóricos de la planta vetiver, en cuanto al asesoramiento técnico sobre el sistema vetiver, en cuanto a la búsqueda y adquisición de la planta vetiver, en cuanto a la obtención de muestras de suelo, en cuanto a los procedimientos para recrear muestras de suelos con plantas vetiver. Todo ello debido a la carencia y falta de teorías, reglamentos, normas, profesionales especializados, invernaderos, métodos de control, en lo referente al uso y aplicación del sistema vetiver como técnica de estabilización de suelos y derrumbes.

A su vez siendo la investigación viable en cuanto al aporte teórico novedoso, en cuanto al impacto ambiental, en cuanto a los recursos humanos, en cuanto a la ubicación, y en cuanto a los cálculos mucho más precisos y eficientes mediante el software Geoslope.

Finalmente se obtuvieron resultados en donde se determinó la inestabilidad inicial del área de deslizamiento de suelos delimitada; como también se determinó la estabilidad de la misma área delimitada, mediante la propuesta del sistema vetiver.

Capítulo I

Problema de Investigación

1.1. Descripción del Problema.

A Nivel Global el crecimiento de la población genera la conformación de nuevas familias para que se integren en la sociedad, esta naturaleza humana genera la necesidad de establecer el núcleo familiar en un lugar para vivir; el lugar requerido casi siempre es un área de terreno determinada o lote para la construcción de sus viviendas; el alcance o búsqueda de este terreno está relacionada con un factor socio-económico, es decir que muchas familias acceden a un determinado terreno de acuerdo a su economía; en algunos casos terrenos muy seguros en zonas geográficamente adecuadas para vivir y en otros casos terrenos poco o nada seguros en zonas donde no se contempla ningún parámetro de seguridad. Entre la diversidad de terrenos geográficos, muchas familias optan por acomodarse por las invasiones que por lo general se encuentran en zonas elevadas ubicadas en laderas de los cerros; en su mayoría con pendientes altamente pronunciadas y con suelos inestables; sin considerar los peligros existentes y que muchas veces son adecuadas empíricamente.

En el Perú se observa el aumento de viviendas construidas en laderas de los cerros, que en su mayoría son edificaciones con sistemas de construcción artesanales y/o albañilería antigua, de las cuales muchas de estas se ubican en suelos inestables poniendo en riesgo la integridad de las personas; estos suelos pueden ser inestables por problemas geomorfológicos que originan deslizamientos de suelos, como las precipitaciones pluviales, las escorrentías superficiales, los cambios de temperatura, etc.; las cuales alteran la composición mecánica de los suelos disminuyendo su resistencia. En algunos casos las aguas de las precipitaciones pluviales se filtran en la porosidad de los suelos alterando el contenido de humedad; como también las aguas que no son filtradas o absorbidas por los suelos forman escorrentías superficiales que producen erosiones ocasionando la pérdida constante del

suelo; así como los vientos que también producen erosiones; además que los cambios bruscos de temperatura también hacen que los suelos pierdan su integridad.

La influencia de estos factores naturales depende netamente de la estructura del suelo. Es decir, un tipo de suelo puede ser más resistirse que otro suelo, dependiendo de sus parámetros de resistencia como son la cohesión, ángulo fricción, el peso específico, contenido de humedad, plasticidad, etc. No obstante, la causa del problema descrita en esta investigación es la que se manifiesta por la composición mecánica del propio suelo; la que se genera prácticamente por la resistencia al corte del propio suelo originando deslizamientos o movimientos de masas de suelos; y que además pueden generarse en cualquier momento, ya sea dentro de un corto tiempo como también dentro de muchísimos años a futuro.

La falta de resistencia puede afectar directamente los suelos de las laderas de los cerros, la cual es un evento natural que quizás no podría ser considerado un problema si se suscitara en un entorno o ambiente aislado. En todo caso sería considerado un problema cuando este evento natural atentara contra el bienestar de una población, peor aún considerarse un desastre natural al damnificar viviendas, generando pérdidas económicas y en el peor de los casos pérdida de vidas humanas.

En el ámbito local se presenta este problema en los márgenes de la ciudad de Huánuco en zonas geopolíticamente delimitadas; de entre estas la investigación contempla como zona de estudio un área delimitada donde se observa el deslizamiento de suelos, ubicada en la parte alta del A.A.H.H. la Florida al lado norte de la ciudad de Huánuco.

Es relevante considerar que es imposible pronosticar el tiempo y la magnitud de un deslizamiento de suelos a gran escala en el A.A.H.H la Florida. No obstante, aunque no se determine ni la magnitud ni el tiempo exacto, si se puede considerar que es un hecho y una realidad a futuro, puesto que existen evidencias de derrumbes por deslizamientos suscitados en zonas muy cercanas al área de investigación, que han generado pérdidas económicas, que por suerte no desencadenaron pérdidas de vidas humanas.

La investigación tiene como finalidad proponer una técnica o sistema de control del problema de deslizamiento de suelos. Por consiguiente, mediante el sistema vetiver se realiza una propuesta para controlar los posibles deslizamientos o movimientos de masa a futuro; el mencionado sistema es considerado una técnica de estabilización de taludes, mediante la siembra de la planta vetiver como refuerzo ligante del suelo.

1.2. Formulación del Problema.

Situación Actual: Laderas propensas al deslizamiento de suelos.

Situación Deseable: Tener una propuesta como alternativa de control de las laderas propensas al deslizamiento de suelos.

1.2.1. Problema General.

- ✓ ¿De qué manera considerar la propuesta del sistema vetiver como control de deslizamiento de suelos en la parte alta del A.A.H.H. la Florida en la ciudad de Huánuco 2019?

1.2.2. Problemas Específicos.

- ✓ ¿Cómo determinar la inestabilidad del área delimitada sin la influencia de la propuesta del sistema vetiver como control de deslizamiento de suelos en la parte alta del A.A.H.H. la Florida en la ciudad de Huánuco 2019?
- ✓ ¿Cómo determinar la estabilidad del área delimitada con la influencia de la propuesta del sistema vetiver como control de deslizamiento de suelos en la parte alta del A.A.H.H. la Florida en la ciudad de Huánuco 2019?

1.3. Objetivo General.

- ✓ Proponer el sistema vetiver como control del deslizamiento de suelos en la parte alta del A.A.H.H. La Florida en la ciudad de Huánuco 2019.

1.4. Objetivos Específicos.

- ✓ Determinar la inestabilidad del área delimitada sin la influencia de la propuesta del sistema vetiver como control de deslizamiento de suelos en la parte alta del A.A.H.H. la Florida en la ciudad de Huánuco 2019.
- ✓ Determinar la estabilidad del área delimitada con la influencia de la propuesta del sistema vetiver como control de deslizamiento de suelos en la parte alta del A.A.H.H. la Florida en la ciudad de Huánuco 2019.

1.5. Justificación de la Investigación.

Al contemplar la parte alta de las laderas de los cerros de los márgenes de la ciudad de Huánuco, se observan viviendas construidas empíricamente; viviendas que se encuentran ubicadas en zonas de peligro muy alto ante el deslizamiento de taludes y derrumbes, según el Mapa de Peligros, del Plan de Usos del Suelo ante Desastres y Medidas de Mitigación de la Ciudad de Huánuco, como es el caso de la parte alta del A.A.H.H. la Florida (Anexo 4).

Es relevante recordar que no hace mucho se generó un derrumbe por deslizamiento de suelos en el A.A.H.H. Nueva Jerusalén, que se encuentra próxima al área de investigación, ubicada en la ladera del cerro de la quebrada de Puelles en las Moras. Dejando 5 familias damnificadas, 19 personas afectadas, con 2 viviendas en escombros y 3 viviendas inhabitables. (Diario Correo, 2015).

Por estos hechos la investigación busca proporcionar una alternativa de control para el deslizamiento de suelos, con un sistema desarrollado mediante el uso de la planta vetiver; de esta manera contar con una alternativa de control para los posibles deslizamientos de suelos a futuro, y al mismo tiempo salvaguardar la integridad de las familias.

La investigación se desarrolla según las teorías y los métodos de análisis de estabilidad de suelos, como también según los conocimientos de la topografía y mecánica de suelos; y sobre todo mediante los conocimientos

del sistema vetiver enfocados en el la aplicación de las raíces de la planta vetiver como elemento de contención y refuerzo ante deslizamientos.

El contexto académico del estudio tiene como línea de investigación la vulnerabilidad de riesgos naturales, que está contemplada dentro del área de la Geotecnia.

1.6. Limitaciones de la Investigación.

La investigación desarrollada presenta las siguientes limitaciones:

- Limitación en la búsqueda de estudios previos o antecedentes de la investigación; por la carencia de investigaciones actualizadas, encontrándose algunos estudios con más de 5 años de antigüedad.
- Limitación de recursos teóricos, por la falta de información sobre el uso y la aplicación del sistema vetiver para la contención o estabilización de taludes.
- Limitación en consultas y asesoramiento técnico referente al sistema vetiver, por la ausencia de profesionales o especialistas en el manejo y aplicación de la planta vetiver.
- Limitación en la búsqueda de diversidad de plantas del sistema vetiver, por la escasez de invernaderos especializados dedicados a la propagación de la planta vetiver.
- Limitación en la obtención de muestras de suelo con fines de estabilización mediante plantas, por la carencia de reglamentos y normas técnicas en cuanto a la exploración de suelos.
- Limitación en la preparación de muestras de suelo con las raíces de la planta vetiver para realizar los ensayos mecánicos en el laboratorio, por la falta de reglamentos y métodos de control para recrear las muestras de suelo con las raíces de la planta vetiver.

1.7. Viabilidad de la Investigación.

La investigación desarrollada es viable por las siguientes razones:

- Viable como aporte teórico sobre la aplicación del sistema vetiver para la estabilización de taludes, al ser un estudio novedoso en el Perú.
- Viable como estudio de bioingeniería que no produce impacto ambiental negativo; por el contrario, ofreciendo beneficios saludables para la mejora del medio ambiente.
- Viable en cuanto a recursos humanos por medio de personal técnico especializado, siendo beneficioso al realizar los trabajos de levantamiento topográfico y ensayos mecánicos en el laboratorio de suelos en la universidad de Huánuco.
- Viable en cuanto a recursos económicos mediante costos moderados en los estudios de muestras de suelo con planta vetiver; siendo beneficioso al presentar costos bajos en comparación de estudios de estabilización tradicional con elementos estructurales que generarían costos elevados.
- Viable en cuanto a los recursos tecnológicos con el uso de instrumentos topográficos e instrumentos especializados del laboratorio de suelos, siendo beneficioso en el levantamiento topográfico y ensayos mecánicos de suelos.
- Viable en cuanto a los recursos informáticos con el uso de software geotécnico especializado; siendo muy beneficioso al realizar el análisis de estabilidad mediante cálculos mucho más complejos, obteniendo resultados más precisos y eficientes.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la Investigación.

2.1.1. Antecedentes Internacionales.

Tardío Cerrillo, Guillermo G. (2016). “New Tools and Routines for Ecotechnological Slope Stability Analysis” (Tesis Posgrado Doctor). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid – España.

El investigador realiza el análisis de estabilidad en taludes con pendientes de 45°, con distancias horizontales de 60 m; utilizando muestras suelos preparadas con la planta vetiver, y suelos con siembra vetiver; en ambos casos con plantas de 5 años de edad aproximadamente. Finalmente realiza las simulaciones de los efectos de la vegetación para los análisis de estabilidad mediante software Geoslope 2014.

Como resultados obtuvieron:

- Se verifica que los factores de seguridad de las muestras preparadas con planta vetiver de 5 años de edad tiende a un valor de 0.89.
- Se verifica que el factor de seguridad de las muestras con siembra vetiver de 5 años de edad tiende a un valor de 1.01.
- Se demuestra el incremento de las tensiones y del factor de seguridad comparando los resultados de las muestras preparadas con los resultados de las muestras naturales.

Escobar Gonzales, Diego E. (2014). “Viabilidad de la Implementación del Pasto Vetiver para la Estabilización de Taludes en Colombia año 2014” (Tesis Pregrado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá – Colombia.

El investigador busca sustentar las zonas en donde se podría implementar el vetiver como elemento de contención de taludes, como también determinar las ventajas del uso del vetiver en la estabilización de taludes; y a su vez identificar las posibles zonas de aplicación basado en las condiciones climáticas. También realiza un contraste de las ventajas económicas y ambientales que tiene la implementación del Vetiver en comparación con sistemas convencionales.

Como resultados obtuvieron:

- Las raíces del vetiver podrían ser capaces de sobrevivir a los climas tropicales tanto húmedos, secos y templados áridos.
- La implementación del vetiver como elemento de contención de taludes es más económico que la implementación de muros de gravedad, muros de semigravedad, muros de cantiléver, muros de concreto proyectados con anclajes.

Rufino Barbosa, Michele C. (2012). "Estudo da Aplicação do Vetiver na Melhoria dos Parâmetros de Resistência ao Cisalhamento de Solos em Taludes" (Tesis Posgrado Doctor). Universidad Federal de Ouro Preto, Minas Gerais – Brasil.

El investigador realiza ensayos de corte directo corte con muestras de suelo sin siembra y con siembra vetiver, en periodos de 1, 2, 3 años; también realiza ensayos de corte directo con muestras de suelo de un talud sin siembra y con siembra en un periodo de 7 años. Además, realiza el análisis de estabilidad mediante una simulación con secciones hipotéticas de 30° y 45°. Finalmente se compara el factor de seguridad, así como los parámetros de resistencia al corte.

Como resultados obtuvieron:

- La presencia de raíces del vetiver en el suelo proporciona un aumento significativo de los parámetros de resistencia del suelo en un mínimo de 3 años después de la siembra.
- El vetiver aumenta la resistencia al corte incrementando los parámetros de resistencia con una eficiencia al largo plazo.
- En los casos hipotéticos de taludes con 30° y 45° grados, el vetiver presenta un incremento del factor de seguridad, evaluados mediante el software Geoslope 2012.

Ministerio de Transportes de Vietnam (2003). "Ejecución de la estabilización de taludes de la autopista Ho Chi Minh". Vietnam.

El Ministerio de transportes de Vietnam autoriza y ejecuta la estabilización de taludes mediante el sistema vetiver en la autopista Ho Chi

Minh, en un tramo de más de 3000 km de distancia desde Thanh Hoa por el Norte de Vietnam, hasta Kon Tum por el Sur de Vietnam.

Como resultados se obtuvieron:

- Se mitiga los deslizamientos de taludes en todo el tramo de la autopista donde se aplicó el sistema vetiver, considerando una gran variedad de climas y suelos, desde suelos montañosos con inviernos fríos en el norte, hasta suelos extremadamente áridos con climas caliente y húmedo en el sur.

2.1.2. Antecedentes Nacionales.

Fernández Espinoza, Joel M. (2015). “Propuesta de Restauración del Tramo Urbano del Río Rímac Mediante la Aplicación de Bioingeniería” (Tesis Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima – Perú.

Esta propuesta implica el uso de la planta vetiver en la restauración de un tramo del río Rímac con una longitud de 1080 m comprendido entre los distritos del Rímac, Lima, y San Martín de Porres. Parte de esta investigación evalúa la estabilidad de las laderas del tramo del río, estos análisis son realizados de forma global con datos obtenidos descriptivamente con la presencia y sin la presencia del vetiver.

Como parte de los resultados se obtuvieron:

- Aunque los parámetros de cálculo fueron estimados de otros estudios, según el análisis de estabilidad la planta vetiver otorga un incremento del factor de seguridad.

Huamani Astoquilca, Fray. (2014). “Propuesta de Estabilización de Taludes con Pasto Vetiver en el Canal de Irrigación – Tingo de Ponasa – Picota – San Martín” (Informe de Investigación). Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María – Perú.

Este informe de investigación se centra en un enfoque netamente descriptivo, con la finalidad de proponer técnicas para la estabilización de taludes con el pasto vetiver; como también realizar una evaluación de costo y presupuesto para la aplicación del sistema vetiver en un canal de irrigación.

Como resultados se obtuvieron:

- La propuesta describe la estabilización del canal de irrigación mediante la planta vetiver, con una instalación y mantenimiento en 19,878.00 m² de superficie inestable.
- La propuesta de estabilización de taludes en el canal de irrigación mediante el pasto vetiver, estima un costo económico de 188,657.16 soles para la instalación y mantenimiento de los 19,878.00 m² de superficie inestable.

2.1.3. Antecedentes Locales.

Instituto Nacional de Defensa Civil (2011). "Mapa de Peligros, Plan de Usos del Suelo ante Desastres y Medidas de Mitigación de la Ciudad de Huánuco". Municipalidad de Huánuco, Huánuco - Perú.

Este proyecto es parte del Programa de Ciudades Sostenibles a nivel nacional, con el objetivo de identificar, clasificar, y evaluar los peligros naturales a la que está expuesta el área urbana de la ciudad de Huánuco. Como parte de este proyecto obtienen muestras de suelo de 15 calicatas, con profundidades de 5.50 a 6.00 m separadas entre 1 a 2 km, para luego realizar evaluarlos, y finalmente elaborar los mapas de peligro según los resultados obtenidos.

Como parte de los resultados se obtuvieron:

- La identificación y clasificación de las áreas geográficas según peligros naturales, donde se resalta el peligro de deslizamiento de taludes y derrumbes como zona de peligro muy alto.

2.2. Bases Teóricas.

2.2.1. Mecánica de Suelos y Ensayos Mecánicos.

Karl Terzaghi (1925). "Theoretical Soil Mechanics". Considerado el padre de la geotecnia, define que la mecánica de suelos es la ciencia aplicada de las leyes de la mecánica e hidráulica en los problemas de ingeniería, sobre los sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, generadas por desintegración mecánica o descomposición química de las rocas.

Karl Terzaghi (1948). "Soil Mechanics in Engineering Practice". Define que el suelo representa el tipo de material terroso excluyendo las rocas sanas, ígneas o metamórficas, y los sedimentos altamente cementados, que no se ablandan o desintegran rápidamente por acción de la intemperie. Además, indica y detalla las propiedades mecánicas de los suelos y los métodos experimentales utilizados para determinar valores numéricos representativos de esas propiedades, de entre ellos el análisis mecánico o granulométrico, contenido de humedad, plasticidad, clasificación de suelos; como también el peso específico, consolidación y test de la resistencia al corte de suelos.

2.2.1.1. Análisis Granulométrico de Suelos. Karl Terzaghi (1948). Define que la finalidad del análisis granulométrico es determinar el tamaño de los granos de un suelo, contenidos según el porcentaje de su peso total. El método más directo es la de separar las fracciones de un suelo mediante un juego de tamices. (ver Tabla 1).

El procedimiento y cálculos del análisis granulométrico por tamizado se desarrollan en la NTP 339.128.

Tabla 1

Serie de tamices de malla cuadrada para el análisis granulométrico.

ASTM	mm
3"	75.00
2 ½"	63.000
2"	50.000
1 ½"	37.500
1"	25.000
¾"	19.000
½"	12.500
⅜"	9.500
¼"	6.300
Nº 4	4.750
Nº 8	2.360
Nº 10	2.000
Nº 20	0.850
Nº 30	0.600
Nº 40	0.425
Nº 60	0.250
Nº 80	0.180
Nº 100	0.150
Nº 200	0.075

Fuente: Norma Técnica Peruana 139.128 (1999).

A. Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico. Se prepara la muestra de suelo disgregando las partículas y dejándolas secar para realizar el cuarteo, en el cuarteo de muestra se separa 4 porciones similares y se elimina 2 porciones opuestas con la finalidad de obtener una muestra mínima de 2 kg aproximadamente para realizar el tamizado. Se lava los 2kg de muestra aproximados sobre el tamiz N° 200, para separar el material fino; el material fino se seca en un horno a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ y se pesa.

Después del secado de la muestra del material no fino, se coloca los tamices desde el tamiz de 3 pulg hasta el tamiz N° 200, para luego introducir el material no fino y se procede al tamizado mediante un vibrador mecánico o de forma manual, vibrando y girando los tamices hasta fraccionar la muestra de suelo. Finalmente se pesa las muestras de suelo retenidas en cada tamiz.

Se calcula el % Retenido en cada fracción de muestra, con los pesos retenidos de cada fracción divididos con la suma total de la muestra:

$$\% \text{ Retenido }_n = (\text{Peso Retenido }_n / \text{Peso Total de la Muestra}) \times 100$$

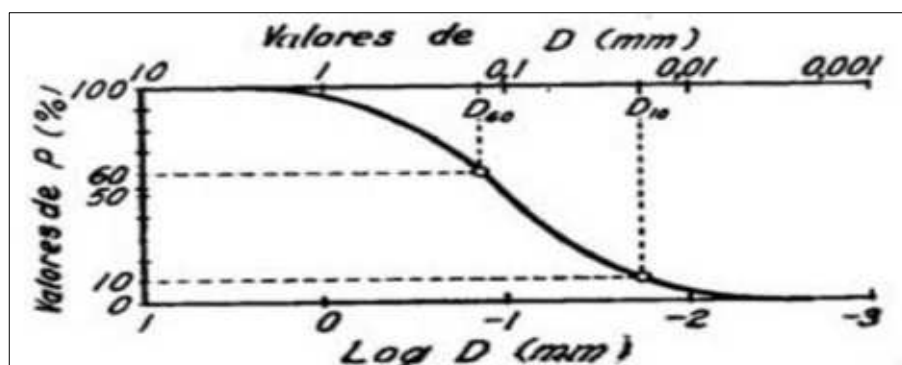
Se calcula el % Retenido Acumulado en cada tamiz, mediante la suma acumulada de los % Retenidos:

$$\% \text{ Retenido Acumulado }_n = \% \text{ Retenido Acumulado }_{n-1} + \% \text{ Retenido }_n$$

Los datos calculados se representan mediante la curva granulométrica en una gráfica semilogarítmica; en donde el eje vertical representa el % Retenido en escala aritmética, y el eje horizontal representa el tamaño del diámetro de partículas en una escala logarítmica. (ver Figura 1)

Figura 1

Curva granulométrica del % Retenido según el tamaño de partículas.



Fuente: Karl Terzaghi (1948).

Posteriormente se determinan los diámetros D10, D30, y D60; para calcular el Coeficiente de Uniformidad (Cu), y el Coeficiente de Curvatura (Cc):

$$Cu = D60/D10 \quad Cc = (D30)^2 / (D10 \times D60)$$

2.2.1.2. Contenido de Humedad del Suelo. Karl Terzaghi (1948). Define que el contenido de humedad de un suelo es la relación entre el peso del agua contenida en el suelo sobre el peso del suelo seco, expresado comúnmente en porcentaje.

El procedimiento y cálculos para determinar el contenido de humedad de un suelo se desarrollan en la NTP 339.127.

A. Método de Ensayo para el Contenido de Humedad. De una muestra inalterada de suelo preservada su humedad entre 3°C a 30°C, se prepara una muestra representativa según el tamaño máximo de sus partículas en donde no se usará menos de 20 gr. (ver Tabla 2). En el caso de usar toda la cantidad de una muestra no contemplada como muestra representativa no es necesario cumplir con los requisitos mínimos.

Tabla 2

Tamaño máximo de partículas para el ensayo de contenido de humedad.

Tamaño máximo de partículas (pasa el 100%)	Tamiz de malla estándar	Masa mínima recomendada para contenidos de humedad al ± 0.1 %	Masa mínima recomendada para contenidos de humedad al ± 1 %
2.00 mm o menos	Nº10	20 gr.	20 gr.
4.75 mm.	Nº4	100 gr.	20 gr.
9.50 mm.	3/8"	500 gr.	50 gr.
19.00 mm.	3/4"	2.5 kg.	250 gr.
37.50 mm.	1/2"	10 kg.	1 kg.
75.00 mm.	3"	50 kg.	5 kg.

Fuente: Norma Técnica Peruana 139.127 (1999).

La muestra representativa seleccionada en condiciones de humedad, es separada en tamaños similares y pesadas, para determinar el peso de la masa de suelo incluido el agua contenida. Seguidamente se coloca las muestras en un horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ en aproximadamente 24 horas.

Después del secado de las muestras, estas se vuelven a pesar, para determinar el peso de la masa de suelo seco.

Se calcula el peso del agua contenida (m_w) en la muestra de suelo con la diferencia del peso de suelo incluido el agua contenida ($m_{s,w}$), y el peso del suelo seco (m_s):

$$m_w = m_{s,w} - m_s$$

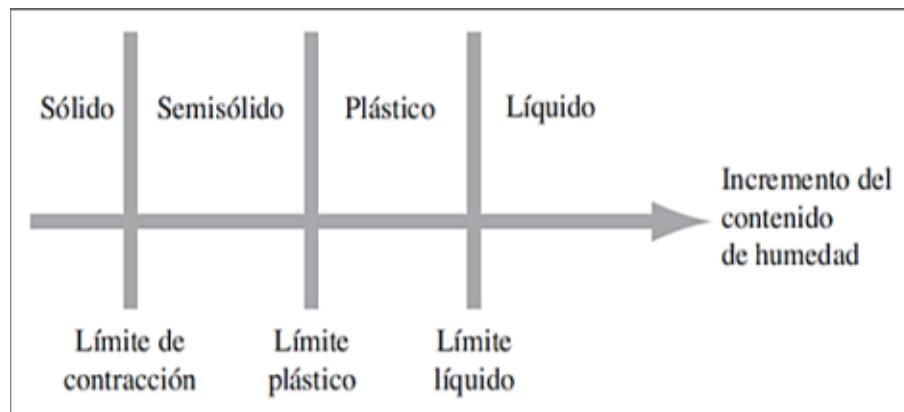
Se calcula el contenido de humedad ($w\%$) del suelo con el peso del agua contenida en la muestra (m_w), dividido con el peso del suelo seco (m_s):

$$w\% = (m_w / m_s) \times 100.$$

2.2.1.3. Consistencia o Plasticidad del Suelo. Karl Terzaghi (1948). Define que la consistencia de un suelo es la capacidad de deformación del suelo sin romperse, esta consistencia puede variar a voluntad dependiendo del aumento o disminución de su contenido de humedad. El método apropiado para los propósitos de la ingeniería es el estudio de los límites de Atterberg.

Los límites de Atterberg corresponden a los contenidos de humedad en los límites entre los estados de consistencia (Albert Atterberg, 1911). En la ingeniería se considera frecuentemente el límite líquido, el límite plástico, y dependiendo de los casos el límite de contracción. (ver Figura 2).

Figura 2
Límites de Atterberg en la ingeniería práctica.



Fuente: Braja M. Das (2013). *Fundamentos de ingeniería geotécnica.*

El procedimiento y cálculos para determinar la consistencia o plasticidad de un suelo se desarrollan en la NTP 339.129.

A. Método de Ensayo para el Límite Líquido (LL). Se prepara una muestra mediante el tamizado, aproximadamente una porción de suelo de 150 gr. a 200 gr. que pase el tamiz N° 40. Seguidamente se mezcla la muestra con agua destilada hasta que todos los grumos se hayan suavizado y que los finos no se adhieran a las superficies de las partículas gruesas.

Previamente se gradúa y se ajusta la altura de caída, de 10mm. ± 2mm., de copa Casagrande a utilizar para determinar el límite líquido. Se coloca una porción de la muestra preparada en una copa Casagrande esparciéndola y nivelándola hasta una profundidad de 10 mm. aproximadamente.

Utilizando un ranurador se divide la muestra contenida en la copa, mediante una ranura lineal desde el punto mas alto hasta el mas bajo de la muestra, verificando que no existan restos de suelo debajo de la copa.

Seguidamente se realiza la prueba al levantar y soltar la copa a una velocidad de 1.9 a 2.1 golpes por segundo, registrando el numero de golpes necesarios hasta cerrar la ranura en una longitud de 12.7 mm o 1/2 pulg.

La muestra previamente pesada es secada al horno a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ en un tiempo de 24 horas aproximadamente. La muestra seca es pesada nuevamente, y se calcula el contenido de humedad con el peso del agua (m_w) en su límite líquido sobre el peso del suelo seco (m_s) :

$$w\% = (m_w / m_s) \times 100$$

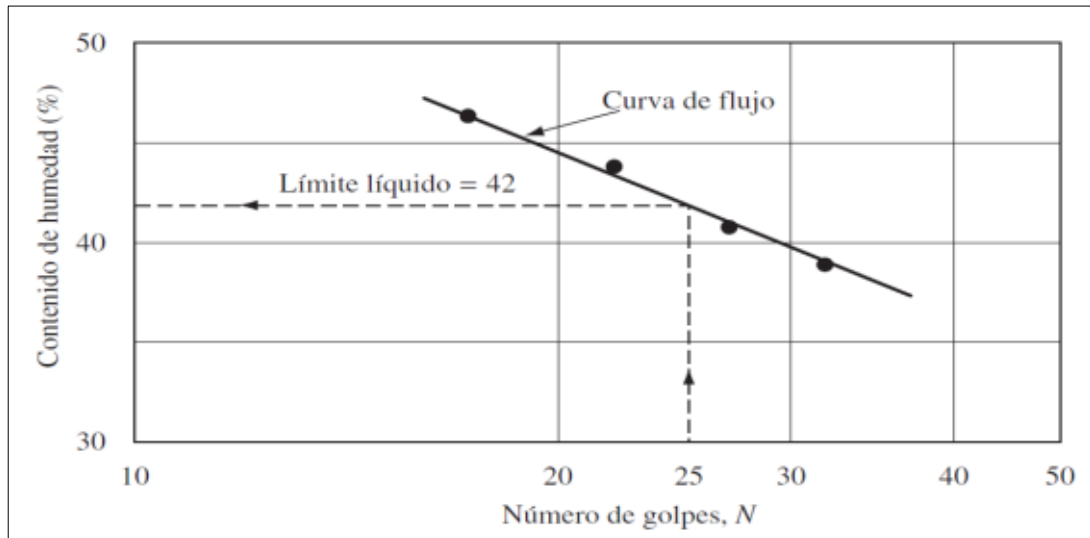
Se repite la prueba de la copa con 3 o más muestras y se calcula sus contenidos de humedad.

Posteriormente se representa la relación del contenido de humedad y el número de golpes correspondiente de las muestras mediante un gráfico semilogarítmico; en donde el eje vertical representa el contenido de humedad en una escala aritmética, y el eje horizontal representa el número de golpes en una escala logarítmica. Finalmente se traza la línea de tendencia logarítmica según los puntos representativos de las pruebas realizadas, y se

determina el límite líquido mediante el contenido de humedad en la línea de tendencia cuando el número de golpes es 25. (ver Figura 3)

Figura 3

Línea de tendencia logarítmica para determinar el límite líquido de un suelo.



Fuente: Braja M. Das (2013).

B. Método de Ensayo para el Límite Plástico (LP). Se separa una muestra de 20 gr aproximadamente, de la muestra húmeda preparada del ensayo de límite líquido; de la muestra separada se toma una porción de 1.5 gr a 2.0 gr, y se forma una especie de bolilla de suelo sobre una placa plana de vidrio.

Seguidamente se enrolla la bolilla en forma de un hilo o filamento con un diámetro uniforme de 3.2 mm aproximados en toda su longitud. Este procedimiento se repite hasta que el filamento presente fisuras en el diámetro especificado, y se pesa inmediatamente.

Los filamentos fisurados son secados al horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ en un tiempo de 24 horas aproximadamente. Los filamentos secos son pesados nuevamente, y se calcula el contenido de humedad con el peso del agua (m_w) en su límite plástico sobre el peso del suelo seco (m_s) :

$$w\% = (m_w / m_s) \times 100$$

Finalmente se determina el límite plástico mediante el promedio del contenido de humedad de los filamentos.

C. Cálculo del Índice de Plasticidad (IP). Se calcula el índice de plasticidad con la diferencia del límite líquido y límite plástico:

$$IP = LL - LP$$

Si no pueden determinarse tanto el LL como LP, o si el LP es igual o mayor al LL, en tal caso el suelo es considerado no plástico.

2.2.1.4. Clasificación de Suelos. Braja M. Das (2013). Explica que las características de los suelos son infinitamente variadas con propiedades mecánicas similares que pueden ser clasificadas en grupos con determinadas características. En la actualidad existen dos elaborados sistemas de clasificación según las características granulométricas y plásticas de los suelos, que son el American Association of State Highway Officials (AASHTO) y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). El Sistema AASHTO es utilizado comúnmente para obras viales; mientras que el sistema SUCS es utilizado para diversas obras con referencia a la geotecnia.

El Sistema SUCS fue propuesto por Casagrande en 1948 y revisado en 1952 por la U.S. Bureau of Reclamation, este sistema es ampliamente utilizado en la actualidad.

El procedimiento para clasificar un suelo mediante el sistema SUCS se desarrolla en la NTP 339.134.

A. Clasificación de partículas gruesas. Si más del 50% de la muestra es retenida en la malla N°200 se clasifica como suelo de partículas gruesas.

Si más del 50% de las partículas gruesas es retenida en la malla N°4 se clasifica al suelo como Gravas; o Si más del 50% de partículas gruesas pasa la malla N°4 se clasifica al suelo como Arenas.

De las Gravas:

- ✓ Si menos del 5% son finos que pasan la malla N°200, en donde el $C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3$, se clasifica al suelo como grava bien graduada (GW).

Si fuera el caso donde el $Cu < 4$ o $1 > Cc > 3$, se clasifica al suelo como grava mal graduada (GP).

- ✓ Si más del 12% son finos que pasan la malla N°200; en donde el $IP < 4$ o graficado por debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad, se clasifica al suelo como grava limosa (GM). Si fuera el caso donde el $IP > 7$ y graficado en o por encima de la línea "A" en la carta de plasticidad, se clasifica al suelo como grava arcillosa (GC).

De las Arenas:

- ✓ Si menos del 5% son finos que pasan la malla N°200; en donde el $Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$, se clasifica al suelo como arena bien graduada (SW). Si fuera el caso donde al menos satisface al menos uno de los requisitos, $Cu < 6$ o $1 > Cc > 3$, se clasifica al suelo como arena mal graduada (SP).
- ✓ Si más del 12% son finos que pasan la malla N°200; en donde el $IP < 4$ o graficado por debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad, se clasifica al suelo como arena limosa (SM). Si fuera el caso donde el $IP > 7$ y graficado en o por encima de la línea "A" en la carta de plasticidad, se clasifica al suelo como arena arcillosa (SC).

De las Gravas y Arenas:

- ✓ Si del 5 al 12% son finos que pasan la malla N°200; y según los criterios de clasificación mencionados, los suelos tendrán doble clasificación según sea el caso.

B. Clasificación de partículas finas. Si más del 50% de la muestra pasa la malla N°200 se clasifica como suelo de partículas finas.

Si las partículas finas presentan un color oscuro y un olor orgánico, se clasifica como suelo orgánico y se procede a realizar un segundo ensayo para determinar el límite líquido con la muestra después de secado al horno (LL secado). Si no presentan estas características se clasifica como suelo inorgánico.

De los orgánicos:

- ✓ Si el $LL < 50$ y $\frac{LL_{secado}}{LL} < 0.75$, en donde el $IP < 4$ o graficado por debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad, se clasifica al suelo como limo orgánico (OL). Si fuera el caso en donde el $IP \geq 7$ y graficado en o por encima de la línea "A" en la carta de plasticidad, se clasifica al suelo como arcilla limosa orgánica de baja plasticidad (OL).
- ✓ Si el $LL \geq 50$ y $\frac{LL_{secado}}{LL} < 0.75$, en donde el IP es graficado por debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad, se clasifica al suelo como limo orgánico de media plasticidad (OH). Si fuera el caso en donde el IP es graficado en o por encima de la línea "A" en la carta de plasticidad, se clasifica al suelo como arcilla orgánica de alta plasticidad (OH).

De los inorgánicos:

- ✓ Si el $LL < 50$; en donde el $IP < 4$ o graficado por debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad, se clasifica al suelo como limo (ML). Si fuera el caso donde el $IP > 7$ y graficado en o por encima de la línea "A" en la carta de plasticidad, se clasifica al suelo como arcilla de baja plasticidad (CL).
- ✓ Si el $LL \geq 50$; en donde el IP es graficado por debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad, se clasifica al suelo como limo elástico (MH). Si fuera el caso en donde el IP es graficado en o por encima de la línea "A" en la carta de plasticidad, se clasifica al suelo como arcilla de alta plasticidad (CH).

De los orgánicos e inorgánicos:

- ✓ Si en un suelo inorgánico el IP está en el rango de $4 < IP < 7$ y es graficado en o sobre la línea "A", se clasifica al suelo como arcilla limosa (CL-ML). Si fuera el caso de un suelo orgánico, se clasifica al suelo como arcilla orgánica (OL)

C. Clasificación de turba o suelos altamente orgánicos. Si la muestra de suelo presenta, tejido vegetal en varios estados de descomposición, una textura de fibrosa a amorfa, un color de marrón oscuro

a negro, y un olor orgánico, será clasificado como turba o suelo altamente orgánico (PT).

2.2.1.5. Peso Específico del Suelo. Karl Terzaghi (1948). Define que el peso específico de un suelo es la relación del peso del suelo húmedo sobre su unidad de volumen.

El peso específico se calcula mediante métodos estándar que primeramente determinen la densidad, y posteriormente se puede calcular el peso específico, multiplicando la densidad obtenida con la gravedad.

El procedimiento y cálculos para determinar la densidad de un suelo se desarrollan en la NTP 339.131.

A. Método densidad de suelo por picnómetro. Se prepara la muestra de un bloque de suelo inalterado que conserve su humedad natural, se extrae un trozo de suelo, se tritura y se obtiene el peso de la masa (m_w).

Una fiola graduada se pesa, luego se llena con agua destilada para pesarla nuevamente, con la finalidad de determinar el peso de la masa del agua (m_a) contenida en la fiola hasta un determinado nivel

Se retira el agua de la fiola para introducir el suelo preparado (m_w), luego se llena nuevamente con agua y se realiza una mezcla homogénea; seguidamente se elimina las burbujas de aire inclinando y girando la fiola sobre una superficie.

Después de eliminar el aire del suelo se nivela el agua hasta su capacidad, luego se pesa y resta la masa de la fiola, obteniendo la masa de agua y suelo ($m_{a,w}$).

Se mide la temperatura del agua mezclada (t°) y se obtiene la densidad del agua a una determinada temperatura (ρ_{a,t°) mediante la tabla densidad de agua por temperatura de la norma ASTM D854.

Finalmente se calcula la densidad de la muestra de suelo mediante formula:

$$\rho_s = (\rho_{a,t^\circ}) \cdot \left(\frac{m_w}{m_a + m_w - m_{a,w}} \right)$$

B. Cálculo del Peso específico. La gravedad varía de acuerdo a la ubicación geodésica en un punto, el cual se determina mediante el uso del gravímetro o mediante la ecuación de la aceleración de la gravedad local.

$$g_l = G_E \times (1 + A \times \text{Sen}^2(\Phi) - B \times \text{Sen}^2(\Phi)) - (3.086 \times 10^{-6} \times H)$$

Donde:

g_l = Aceleración de la gravedad local (m/s²)

G_E = 9.780318 – Aceleración de la gravedad en el Ecuador (m/s²)

A = 0.0053024 – Aplastamiento gravitacional.

B = 0.0000058 – Factor de corrección.

Φ = Latitud del punto de ubicación (°).

H = Altitud del punto de ubicación (msnm)

Con la gravedad local o la gravedad estándar de 9.80665 m/s², se determina el peso específico de la muestra:

$$\gamma_s = \rho_s \cdot g$$

2.2.1.6. Resistencia Cortante del Suelo. Braja M. Das (2013). Define que la resistencia cortante de un suelo es la resistencia interna por unidad de área de un suelo que se ejerce ante una falla y deslizamiento en su interior. Para determinar la resistencia interna, existe la prueba de corte directo que es la forma más antigua y simple.

El procedimiento del ensayo de corte directo bajo condiciones consolidadas drenadas se encuentra contemplado en la norma NTP 339.171.

A. Consolidación. Se mezcla con agua destilada una porción de muestra de suelo alterada, el material mezclado se introduce y rellena dentro de un anillo de cuadrado de corte directo, con dimensiones L₁, L₂, L₃.

Se ensambla las dos mitades de la caja de corte, montando la segunda mitad de la caja sobre la primera; luego se asegura las dos mitades de la caja con sus pernos de fijación; seguidamente se introduce en la base de la caja armada, una piedra porosa y un papel filtrante, para luego pasar la muestra

del anillo de corte a la caja de corte; finalmente sobre la muestra colocada en la caja se pone otro papel filtrante, otra piedra porosa y el pisto de carga.

Se coloca la caja de corte ensamblada en la máquina de corte directo, y se asegura la caja de corte con sus pernos fijos horizontales; se nivela el brazo que ejerce la fuerza axial vertical, y se calibra el dial de deformación vertical; una vez nivelado se llena con agua destilada la caja de corte y se coloca el peso correspondiente (W_i) para consolidar la muestra.

La consolidación es el proceso de reducción de volúmenes, para la cual se ejerce una fuerza axial vertical a la muestra, con la finalidad que se expulse el agua de los vacíos y se adquiera firmeza; para ello se lectura el dial de deformación vertical, hasta que ya no muestre más deformación.

Se registra la consolidación de las muestras (M_1, M_2, M_3) con sus respectivos pesos incrementados (W_1, W_2, W_3), y finalmente se grafica la curva de consolidación de la deformación vertical (d_y) según su logaritmo de tiempo ($Log. t_y$).

Después de la consolidación, se calcula la velocidad de corte para alcanzar la falla:

$$V_c = d_f/t_f$$

Donde:

V_c = Velocidad de desplazamiento para el corte.

d_f = Desplazamiento horizontal de falla estimado = $0.1(L_1)$

$t_f = 50. (t_{50})$ = Tiempo estimado para alcanzar la falla.

B. Corte Directo. Se remueven los tornillos de fijación y separa las dos mitades de la caja de corte formando un espacio de 0.025 pulg aproximadamente. Seguidamente se aplica las fuerzas de corte (F_x) con su respectiva velocidad (V_c), y se registra las lecturas de dial de deformación horizontal (d_x) y el dial de corte (D_c).

Se calcula las fuerzas de corte (F_x) con la lectura del dial de corte (D_c) y los coeficientes de regresión A y B de la máquina de corte directo utilizada.

Se calcula las fuerzas axiales (F_y), con el peso vertical (W), con la amplitud de fuerza que ejerce el brazo de la máquina de corte directo y con la gravedad ejercida en el área de investigación.

$$F_y = W \cdot g$$

Se calcula el Área corregida ($A_{corr.g.}$), el esfuerzo cortante (τ), y el esfuerzo normal (σ), mediante las fórmulas:

$$A_{corr.g.} = L_1 \cdot (L_2 - d_x), \quad \tau = \frac{F_x}{A_{corr.g.}}, \quad \sigma = \frac{F_y}{A_{corr.g.}}$$

Se realiza todo el procedimiento de corte en las muestras previamente consolidadas (M_1, M_2, M_3), y se grafica la deformación de la muestra (d_x) según el esfuerzo cortante (τ) respectivo.

C. Cálculo de la Cohesión y el Angulo de Fricción Interna. Con los esfuerzos máximos de corte y sus respectivos esfuerzos normales, se determina la línea de tendencia según la ecuación de Mohr-Coulomb; y se calcula los valores de la cohesión (c) y el ángulo de fricción (φ).

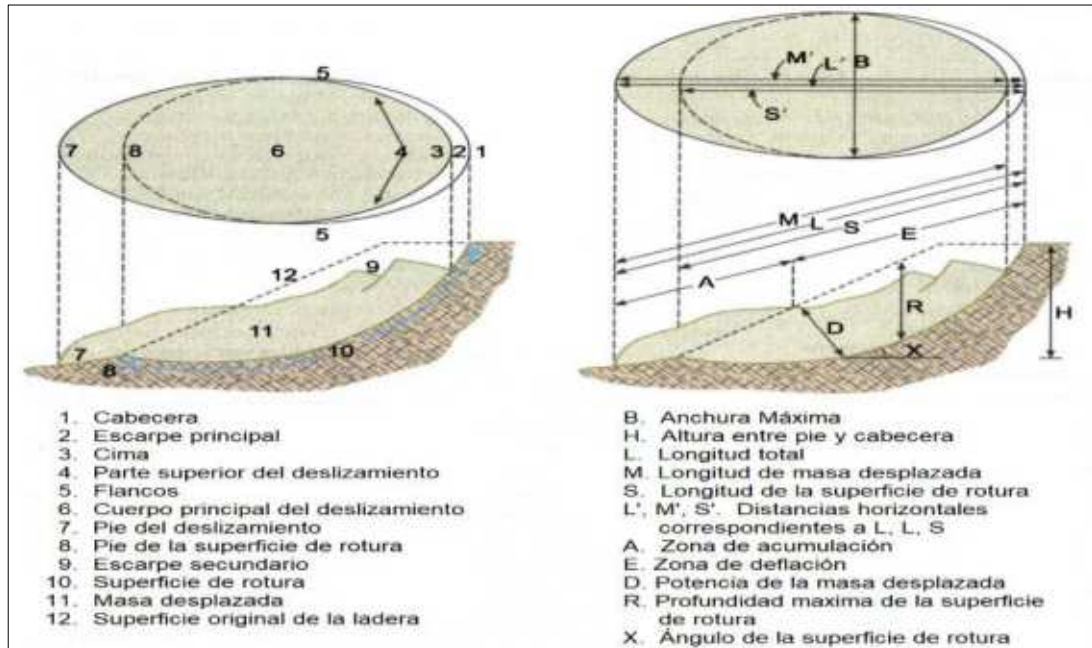
$$\tau = (\tan \varphi)\sigma + c$$

2.2.2. Deslizamiento de Suelos.

Los deslizamientos de suelos, Slope Movement, son movimientos de masas de suelo (Varnes, 1978); estos deslizamientos de suelo o derrubios de una ladera son en sentido descendente (Cruden, 1991). Los desplazamientos se manifiestan hacia el exterior de las laderas en forma descendente a consecuencia de la fuerza de la gravedad (Corominas & García Yagüe, 1997). Se incluye a cualquier tipo de movimiento de masa, excepto la subsidencia y el hundimiento kárstico (Fernández, 2001). Estos movimientos de masas se originan por la pérdida de la resistencia al esfuerzo cortante a lo largo del eje o superficie de falla (Suarez Jaime, 1998).

La estructura de los deslizamientos comprende de elementos morfológicos y morfométricos (ver Figura 4), siendo estudiadas por la Asociación Internacional de Geología Aplicada a la Ingeniería (IAEG, 1990).

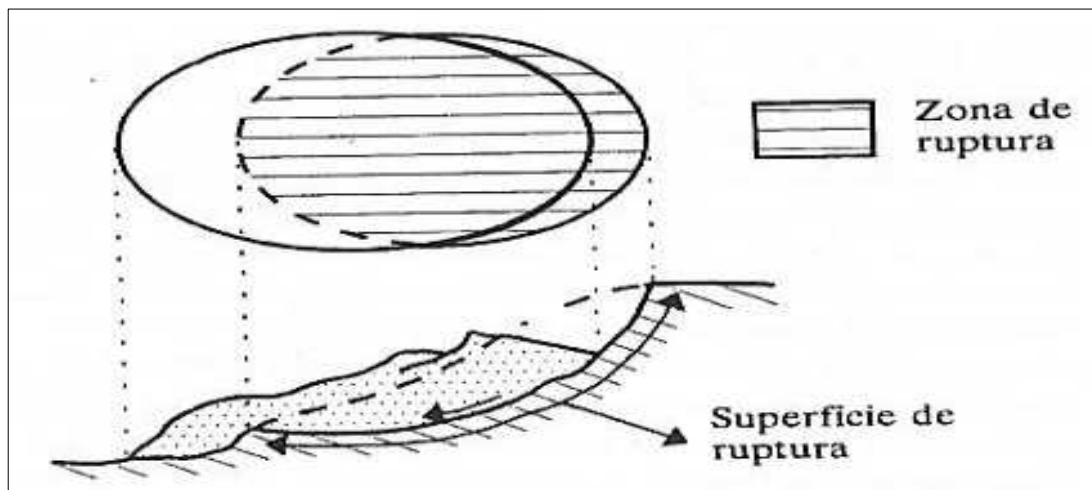
Figura 4
Elementos morfológicos y morfométricos de un deslizamiento.



Fuente: González de Vallejo, Luis. (2002).

Los deslizamientos de suelos a su vez se diferencian en deslizamientos rotacionales y traslacionales (Corominas & García Yagüe, 1966). Siendo importante Identificar la zona y superficie de rotura (ver Figura 5).

Figura 5
Zona y superficie de rotura de un movimiento de masas.



Fuente: Chacón et al. (1993).

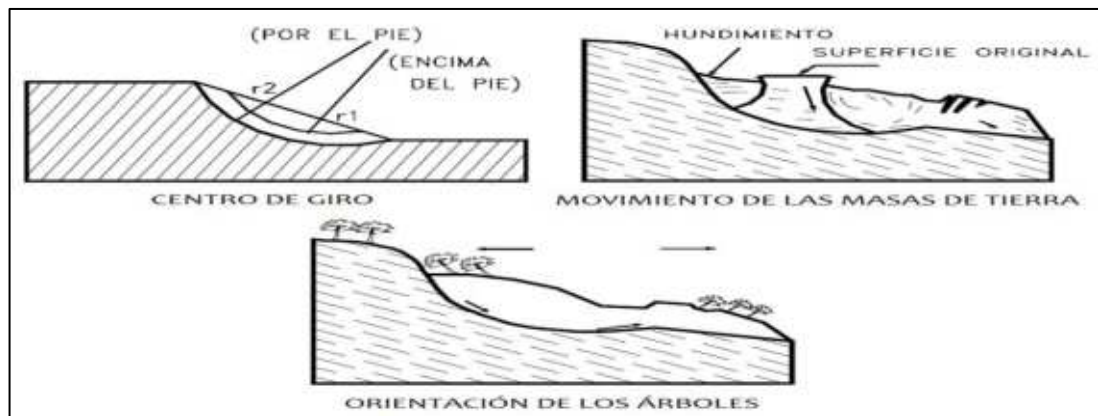
2.2.2.1. Deslizamientos Rotacionales. Corominas y García Yagüe (1997). “Terminología de los Movimientos de Ladera”. Explica que los deslizamientos rotacionales se identifican cuando la rotura se produce a lo largo de una superficie de rotura curva y el terreno experimenta un centro de giro por encima del centro de gravedad de la masa deslizada (ver Figura 6).

Este tipo de mecanismo es característico de suelos cohesivos homogéneos y de macizos rocosos intensamente fracturados. Estos deslizamientos una vez producidos, son susceptibles a la reactivación; además que tiende a estabilizarse por la disminución del momento de giro.

Las fallas por rotación se definen según donde pasa el extremo de la masa que rota. Puede presentarse como una falla local, originándose la superficie de falla en el cuerpo del talud. También se puede presentar como una falla en la base, afectando al terreno en donde el talud se apoya, ya sea en el pie del talud o por adelante (ver Figura 7)

Figura 6

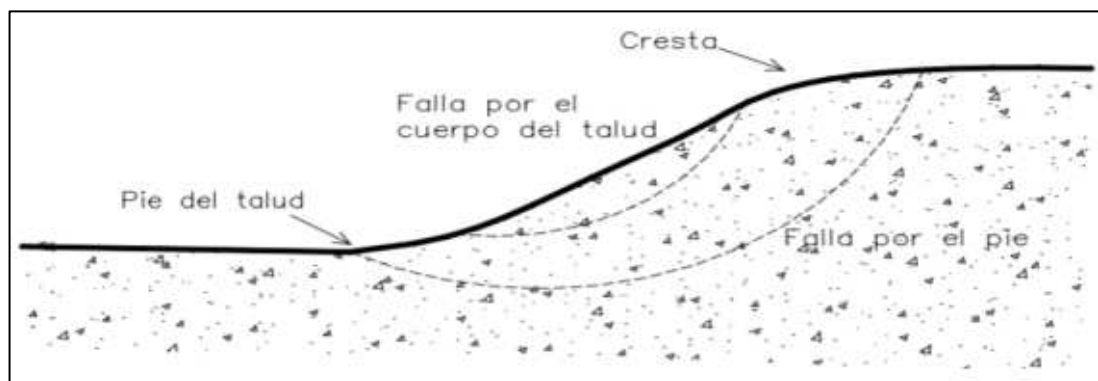
Deslizamiento rotacional típico.



Fuente: Suarez Diaz, Jaime (1998).

Figura 7

Falla local y falla en la base del deslizamiento rotacional.



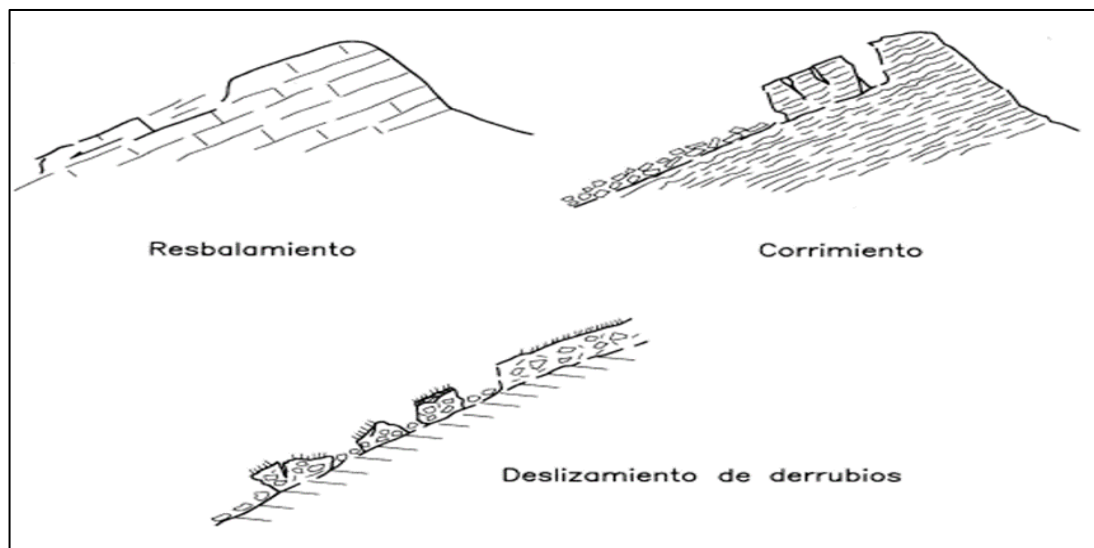
Fuente: Suarez Diaz, Jaime (1998).

2.2.2.2. Deslizamientos Traslacionales. Corominas y García Yagüe (1997), explica que los deslizamientos traslacionales se manifiestan a lo largo de una superficie de rotura plana o semi ondeada; la masa deslizada se mueve a una velocidad constante o similar, siguiendo o continuando su trayectoria en el mismo sentido o paralelas. Mientras que la rotación tiende a restablecer el equilibrio en la masa desplazada, el deslizamiento traslacional puede mantenerse indefinidamente si la superficie de rotura es lo suficientemente inclinada y continua.

Estos deslizamientos traslacionales a su vez se caracterizan en deslizamientos por resbalamientos o deslizamientos planos, deslizamientos por corrimientos, y deslizamientos por derrubios (ver Figura 8).

Figura 8

Deslizamientos traslacionales.



Fuente: Suarez Diaz, Jaime (1998).

Los deslizamientos traslacionales por resbalamientos son cuando se forman bloques de suelos o rocas, sin apenas trocearse, sobre superficies únicas de macizos rocosos (García Yagüe, 1966), también definidos como deslizamientos planos (Hoek y Bray, 1981).

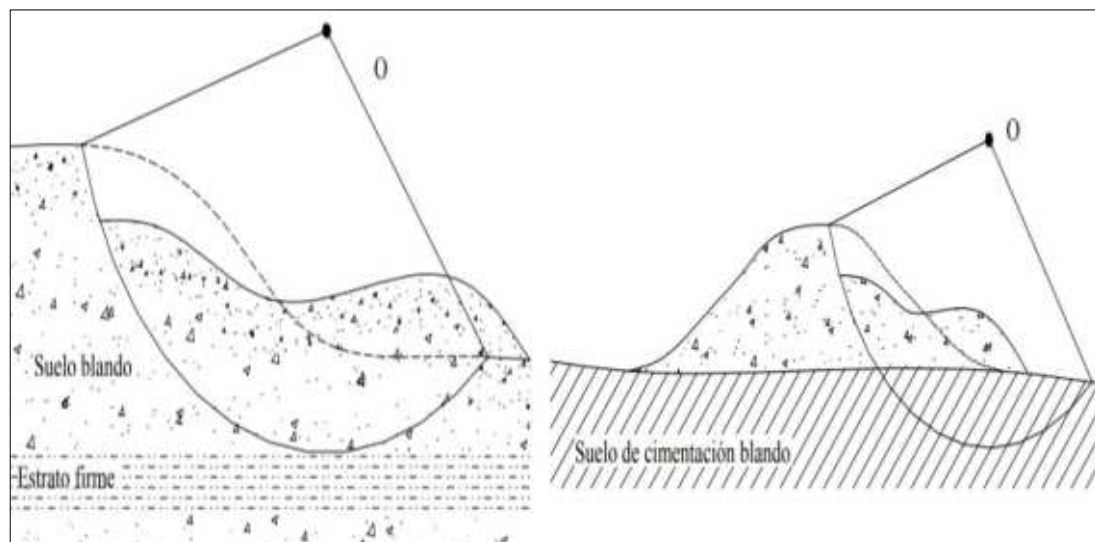
Los deslizamientos traslacionales por corrimientos son cuando la superficie de rotura está formada por dos planos que obligan a la masa de suelo a desplazarse en forma de cuña. Estos deslizamientos en los que la masa desplazada se trocea en su movimiento descendente y resulta una acumulación caótica de bloques al pie del talud (García Yagüe, 1966).

Los deslizamientos traslacionales por derrubios son cuando la rotura por cizalla tiene lugar en suelos no cohesivos constituidos por partículas gruesas (García Yagüe, 1966).

Las fallas de estos deslizamientos traslacionales consisten en los movimientos de masa del cuerpo del talud sobre superficies de falla básicamente planas, asociadas a la presencia de estratos con poca resistencia, localizadas en poca profundidad del talud. Estas fallas se originan por encima de estratos resistentes, generando agrietamientos en el exterior con superficies curvas. (García Yagüe, 1966)

Figura 9

Fallas del deslizamiento traslacional.



Fuente: Suarez Diaz, Jaime (1998).

2.2.3. Análisis de Estabilidad de Taludes.

C. Sanhueza Plaza & L. Rodríguez Cifuentes (2012). “Análisis Comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales”. Definen que el análisis de estabilidad en laderas naturales y/o taludes tiene por objetivo determinar como resultado su nivel de seguridad, para luego implementar medidas de estabilización adecuadas, y evitar nuevos movimientos de masas.

El análisis de estabilidad se determina mediante el factor de seguridad o coeficiente de seguridad, que es un indicador que se aplica en todos los campos de la ciencia (Comité Europeo de Normalización, 2010).

En la ingeniería civil el coeficiente de seguridad determina el grado de fatiga de un material con la relación de la resistencia máxima de rotura entre el esfuerzo al que está sometido en circunstancias desfavorables (Carlos Safránez, 2012).

$$\text{Factor de Seguridad} = \frac{\text{Resistencia Maxima}}{\text{Esfuerzo Sometido}}$$

En la evaluación de la condición de la estabilidad de un talud, el factor de seguridad mínimo deberá ser de 1.5 en condiciones estáticas para determinar que el talud es estable para la habilitación urbana (RNE CE.020)

2.2.3.1. Teoría del Equilibrio Límite y Criterio de Mohr-Coulomb. La teoría del equilibrio límite establece que el movimiento de masas se manifiesta a través de una línea representativa de la superficie de rotura. Se interpreta que la masa de suelo por encima de dicha línea se desplaza con respecto a la masa inferior, originándose de esta manera la falla del talud. (C. Sanhueza Plaza et al, 2012).

El equilibrio límite consiste en estudiar el equilibrio del cuerpo rígido constituido por el talud sobre una superficie de deslizamiento con forma de línea recta, arco circular, curva, etc. La finalidad es calcular las tensiones de corte (τ) para comparalas con la resistencia disponible (τ_d), evaluada según el criterio de rotura de Mohr-Coulomb. (C. Sanhueza Plaza et al, 2012).

El criterio de Mohr-Coulomb es un modelo matemático, el cual describe que la rotura de un terreno es por corte o falla del suelo. Cuando el suelo pierde su capacidad de resistencia no explota en pedazo, sino que se genera una forma de superficie de deslizamiento. (C. Sanhueza Plaza et al, 2012).

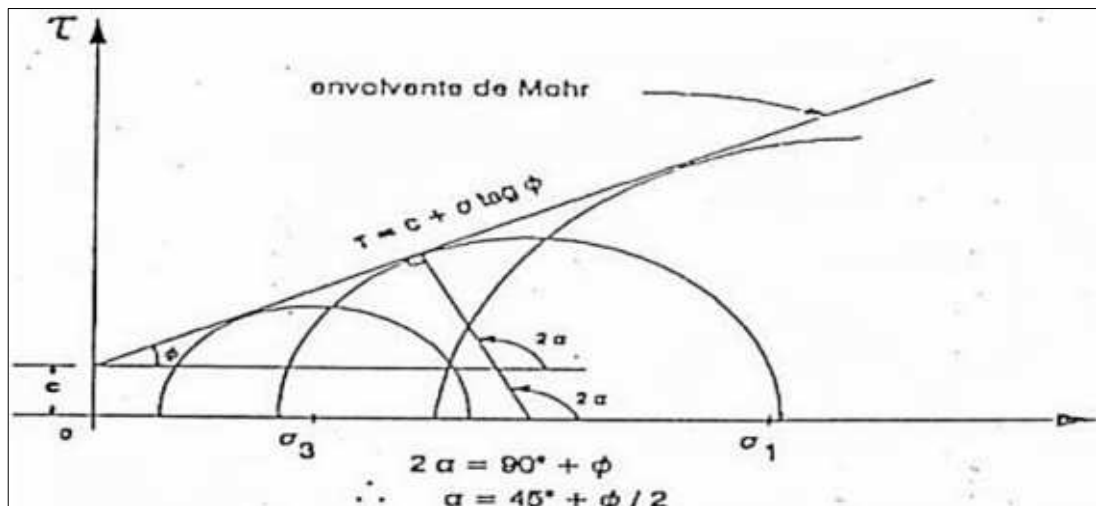
Se calcula el factor de seguridad (F_s) con la relación entre la resistencia al corte del suelo (S) y la tensión tangencial, tensión cortante o cortante actuante (τ).

$$F_s = \frac{S}{\tau} \dots\dots (1)$$

La ecuación de Mohr-Coulomb, sostiene que la tensión cortante actuante (τ) está en función a la tensión normal (σ). Esta función se define como la interacción de las constantes de cohesión (c) y alguno de fricción (ϕ) del suelo (ver Figura 10).

Figura 10

Tensiones normal y tangencial de Mohr-Coulomb.



Fuente: Melentjevic (2005)

$$\tau = f(\sigma) \dots\dots (2)$$

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan \phi \dots\dots (3)$$

Para tensiones totales, la resistencia al corte del suelo (S) equivale a la tensión cortante (τ) de Mohr-Coulomb, entonces de la ecuación 3 se obtiene:

$$S = c + \sigma \cdot \tan \phi \dots\dots (4)$$

De la ecuación 4 en 1, se obtiene:

$$\tau = \frac{c + \sigma \cdot \tan \phi}{F_s} \dots\dots (5)$$

$$\tau = \frac{c}{F_s} + \frac{\sigma \cdot \tan \phi}{F_s} \dots\dots (6)$$

La cohesión (c_d) y ángulo de fricción (ϕ_d) desarrollado o movilizado, se define como:

$$c_d = \frac{c}{F_S} \dots\dots (7)$$

$$\tan \phi_d = \frac{\tan \phi}{F_S} \dots\dots (8)$$

De las ecuaciones 7 y 8 en 6, se obtiene:

$$\tau = c_d + \sigma \cdot \tan \phi_d \dots\dots (9)$$

La tensión al corte actuante (τ) también se define en función a la cohesión (c') y ángulo de fricción (ϕ') efectiva, además de la presión del agua en los poros (u).

$$\tau = \frac{c' + (\sigma - u) \cdot \tan \phi'}{F_S} \dots\dots (10)$$

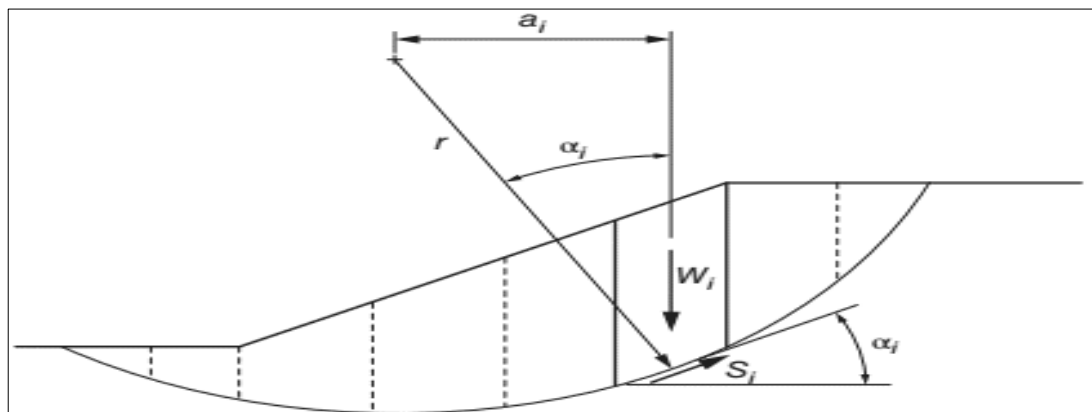
El deslizamiento circular considera el equilibrio de momentos sobre el centro del círculo (ver Figura 11).

El equilibrio del momento desarrollado (M_d) se define como:

$$M_d = \sum W_i \cdot a_i \dots\dots (11)$$

Figura 11

Superficie de deslizamiento circular dividida.



Fuente: Duncan y Wright (2014)

La equivalencia de la distancia (a_i) en función al radio (r):

$$a_i = r \cdot \text{sen } \alpha_i \dots\dots (12)$$

De la ecuación 12 en 11, se obtiene:

$$M_d = r \cdot \sum W_i \cdot \text{sen } \alpha_i \dots\dots (13)$$

Se determina el momento de la resistencia total al corte (M_r):

$$M_r = \sum S_i \cdot r \dots\dots (14)$$

La resistencia al corte del suelo de una rebanada (S_i) es el producto de la tensión de corte actuante en la rebanada (τ_i), y el área de la base de la rebanada (Δl_i):

$$S_i = \tau_i \cdot \Delta l_i \dots\dots (15)$$

De la ecuación 15 en 14, se obtiene:

$$M_r = r \cdot \sum \tau_i \cdot \Delta l_i \dots\dots (16)$$

De la ecuación 1 en 16, se obtiene:

$$M_r = r \cdot \sum \frac{S_i}{F_s} \cdot \Delta l_i \dots\dots (17)$$

De la equivalencia de las ecuaciones 13 y 17, se obtiene:

$$F_s = \frac{\sum S_i \cdot \Delta l_i}{\sum W_i \cdot \text{sen } \alpha_i} \dots\dots (18)$$

Las cantidades dentro de la suma son los valores para un segmento individual o rebanada, pero se entiende que las sumas se realizan para todos los sectores entonces la ecuación 18 también se puede expresar:

$$F_s = \frac{\sum S. \Delta l}{\sum W. \text{sen } \alpha} \dots\dots (19)$$

De la ecuación 4 en 19, se obtiene la ecuación que representa el equilibrio estático para momentos alrededor del centro de un círculo:

$$F_s = \frac{\sum (c + \sigma. \tan \phi). \Delta l}{\sum W. \text{sen } \alpha} \dots\dots (20)$$

De la ecuación 20, si $\phi = 0$, se obtiene:

$$F_s = \frac{\sum c. \Delta l}{\sum W. \text{sen } \alpha} \dots\dots (21)$$

2.2.3.2. Métodos de Análisis de Estabilidad de Taludes. Los métodos de análisis de estabilidad se desarrollan con un planteamiento físico-matemático en donde se determinan la fuerzas estabilizadoras y desestabilizadoras actuantes en el talud. Estos métodos se fundamentan con la teoría del equilibrio límite, la cual analiza el equilibrio de una masa potencialmente inestable; comparando las fuerzas que inducen el movimiento de masas con las fuerzas resistentes que se oponen, a lo largo de la superficie de rotura; mediante la aplicación del criterio de Mohr-Coulomb y la definición del factor de seguridad. (C. Sanhueza Plaza et al, 2012).

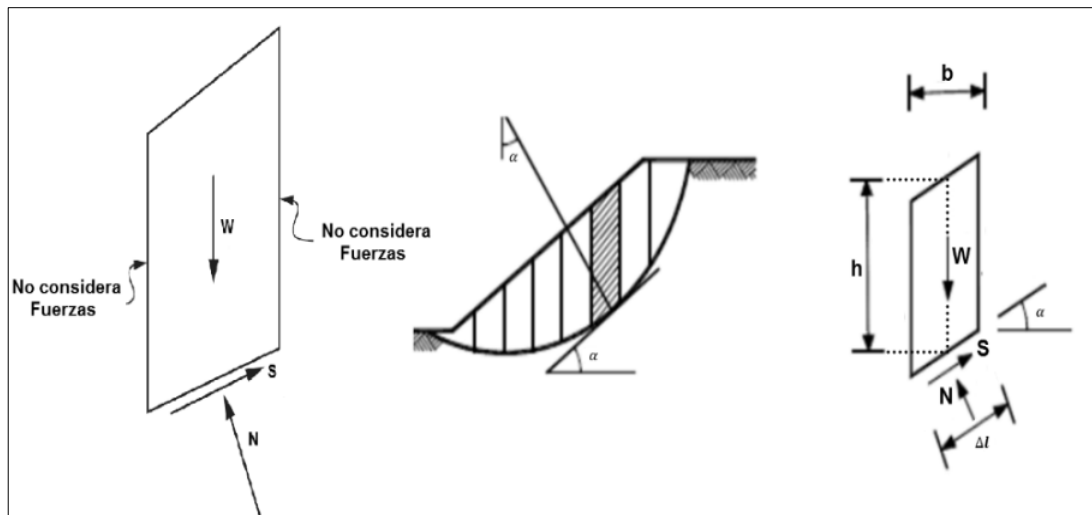
Existen diversos métodos de análisis de estabilidad de taludes, de los cuales la presente investigación describe: el método Ordinario o de Fellenius, el método de Janbu, el método Spencer, el método Morgenstern & Price, y el método de Sarma.

2.2.3.2.1. Método Ordinario. El método Ordinario o de Fellenius es conocido también como el método de las Dovelas. Este método asume superficies de falla circulares, divide el área de falla en tajadas, rebanadas verticales, de las cuales se obtienen las fuerzas actuantes y resultantes para cada dovela.

Este método no considera las fuerzas entre las rebanadas, y en realidad no satisface el equilibrio de fuerzas en la masa deslizada ni en las rebanadas individuales. Sin embargo, este método es muy utilizado por su simplicidad, pero es impreciso para taludes planos con alta presión de poros cuando se presenta el nivel freático. (ver Figura 12)

Figura 12

Fuerzas actuantes en el Método Ordinario.



Fuente: Duncan y Wright (2014).

Resolviendo las fuerzas perpendiculares a la base de la división, la fuerza normal (N) se puede expresar como:

$$N = W \cdot \cos \alpha \dots\dots (22)$$

La tensión normal (σ) en la base de una rebanada se obtiene dividiendo la fuerza normal (N) de la ecuación 22, con el área de la base de la rebanada (Δl):

$$\sigma = \frac{W \cdot \cos \alpha}{\Delta l} \dots\dots (23)$$

De la ecuación 23 en 20, se obtiene la ecuación del factor de seguridad (F_s), cuando la resistencia al corte del suelo (S) se expresa en términos de tensiones totales:

$$F_s = \frac{\sum(c \cdot \Delta l + W \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi)}{\sum W \cdot \sin \alpha} \dots\dots (24)$$

De la ecuación 20, cuando la resistencia al corte del suelo (S) se expresa en términos de esfuerzos efectivos, el factor de seguridad (F_s) se define como:

$$F_s = \frac{\sum(c' + \sigma' \cdot \tan \phi') \cdot \Delta l}{\sum W \cdot \sin \alpha} \dots\dots (25)$$

La tensión normal efectiva (σ') se define en función de la tensión normal (σ) y la presión del agua en los poros (u):

$$\sigma' = \sigma - u \dots\dots (26)$$

De la ecuación 23 en 26, se obtiene:

$$\sigma' = \frac{W \cdot \cos \alpha}{\Delta l} - u \dots\dots (27)$$

De la ecuación 27 en 25, se obtiene el factor de seguridad mediante el método ordinario para esfuerzos efectivos, pero la ecuación 27 puede determinar valores bajos e incluso negativos para las tensiones efectivas.

$$F_s = \frac{\sum[c' \cdot \Delta l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot \Delta l) \cdot \tan \phi']}{\sum W \cdot \sin \alpha} \dots\dots (28)$$

Esto se puede demostrar de la siguiente manera: el peso de la rebanada se puede expresar como:

$$W = \gamma \cdot h \cdot b \dots\dots (29)$$

El ancho de la división (b) se relaciona con la longitud de base de la división (Δl):

$$b = \Delta l \cdot \cos \alpha \dots\dots (30)$$

De la ecuación 30 en 29, se obtiene:

$$W = \gamma \cdot h \cdot \Delta l \cdot \cos \alpha \dots\dots (31)$$

De la ecuación 31 en 28, se obtiene:

$$F_s = \frac{\sum [c' \cdot \Delta l + (\gamma \cdot h \cdot \cos^2 \alpha - u) \cdot \Delta l \cdot \tan \phi']}{\sum W \cdot \sen \alpha} \dots\dots (32)$$

De la ecuación 31 en 27, se obtiene:

$$\frac{\sigma'}{\gamma \cdot h} = \cos^2 \alpha - \frac{u}{\gamma \cdot h} \dots\dots (33)$$

Supongamos que en la ecuación 33, la presión de poros (u) es menor a la presión de sobrecarga total ($\gamma \cdot h$) en relación de $1/3$, y que la superficie de deslizamiento está inclinada con un ángulo $\alpha = 60$; como resultado la tensión normal efectiva es negativa. Entonces, la ecuación 32 será negativa, cuando la presión de agua en los poros (u) y la superficie de deslizamiento (α) tengan valores más altos.

Estos valores negativos resultan porque en el método ordinario, no se considera fuerzas en los lados de la división, las cuales no pueden contrarrestar la presión de poros. Al expresar el peso de la rebanada en términos de un peso efectivo (W'), y luego resolver las fuerzas perpendiculares a la base de la rebanada, se puede obtener una mejor expresión del factor de seguridad para el método ordinario.

El peso efectivo (W') de la rebanada, se define como:

$$W' = W - u \cdot b \dots\dots (34)$$

La fuerza normal efectiva (N'), se define como:

$$N' = W'. \cos \alpha \dots\dots (35)$$

De las ecuaciones 30 y 35, en 34 se obtiene:

$$N' = W. \cos \alpha - u. \Delta l. \cos^2 \alpha \dots\dots (36)$$

La tensión normal efectiva (σ'), se obtiene dividiendo la fuerza normal efectiva (N') de la ecuación 36, con el área de la base de la rebanada (Δl):

$$\sigma' = \frac{W. \cos \alpha}{\Delta l} - \cos^2 \alpha \dots\dots (37)$$

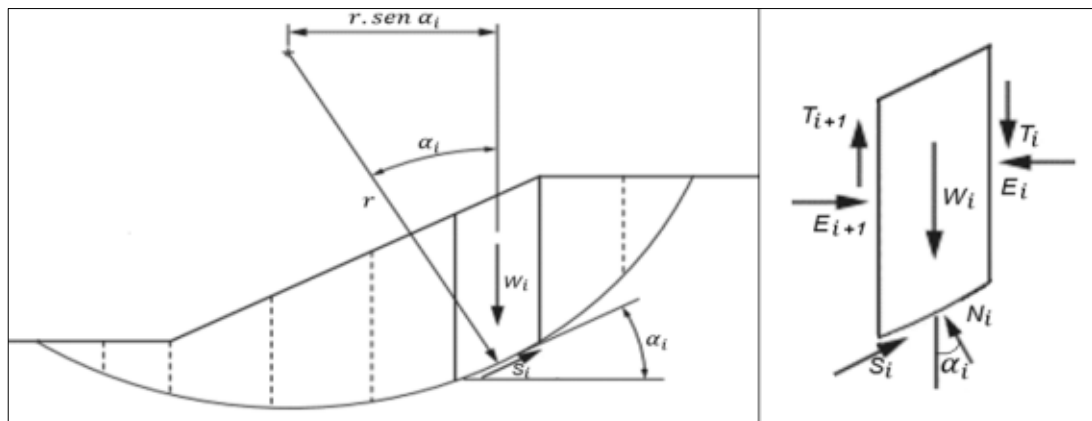
Finalmente, de la ecuación 37 en 25 se obtiene el factor de seguridad (F_s) mediante el Método Ordinario, no se muestra tensiones efectivas negativas en la superficie de deslizamiento siempre y cuando la presión de poros (u) sea menor que la presión de sobrecarga total ($\gamma. h$)

$$F_s = \frac{\sum [c'. \Delta l + (W. \cos \alpha - u. \Delta l. \cos^2 \alpha). \tan \phi']}{\sum W. \sen \alpha} \dots\dots (38)$$

2.2.3.2.2. Método Janbu. Este método considera las superficies con deslizamientos o fallas curvas, asumiendo que no existe cortante entre las dovelas (ver Figura 13).

Figura 13

Fuerzas en la enésima rebanada del Método Janbu.

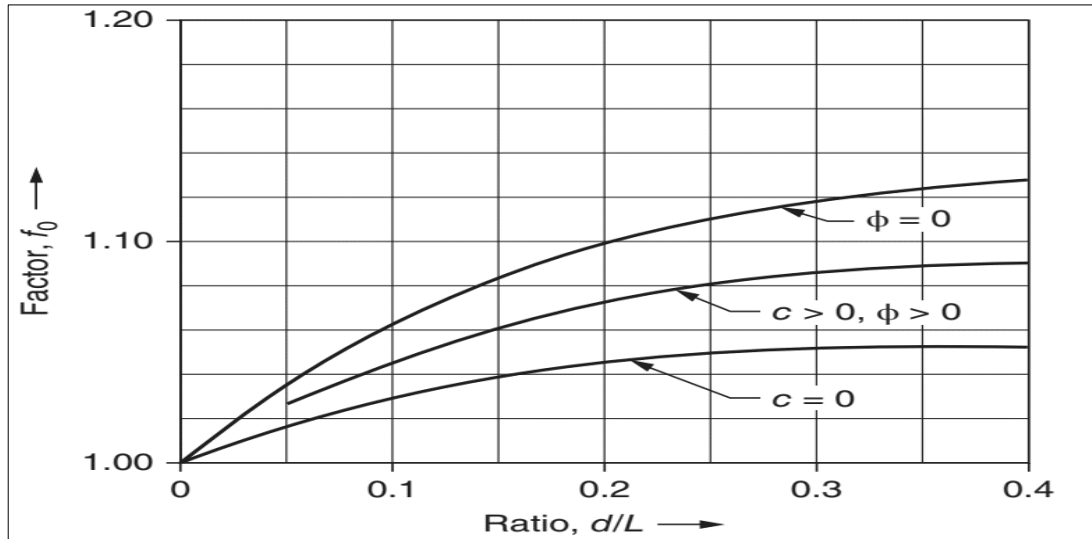


Fuente: Duncan y Wright (2014).

La solución por este método no satisface el equilibrio de momentos por completo, en especial en el último bloque. Sin embargo, Janbu usa un factor de corrección f° para considerar el error existente (ver Figura 14).

Figura 14

Factor de corrección f° del Método Janbu.



Fuente: Duncan y Wright, 2014

De la ecuación 4, se obtiene la equivalencia:

$$S_i = c \cdot \Delta l_i + N_i \cdot \tan \phi \dots\dots (39)$$

De la ecuación 39, se obtiene la equivalencia:

$$S_i = \frac{c \cdot \Delta l_i}{F_S} + \frac{N_i \cdot \tan \phi}{F_S} \dots\dots (40)$$

Realizando el equilibrio de fuerzas verticales, se obtiene:

$$W_i + T_i - T_{i+1} = N_i \cdot \cos \alpha_i + S_i \cdot \sen \alpha_i \dots\dots (41)$$

De la ecuación 40 en 41, se obtiene:

$$W_i + \Delta T = N_i \cdot \cos \alpha_i + \left(\frac{c \cdot \Delta l_i}{F_S} + \frac{N_i \cdot \tan \phi}{F_S} \right) \cdot \sen \alpha_i \dots\dots (42)$$

Despejando en función de N_i , se obtiene

$$N_i = \frac{W_i + \Delta T - \frac{c \cdot \Delta l_i}{F_S} \cdot \text{sen } \alpha_i}{\cos \alpha_i + \frac{\tan \phi}{F_S} \cdot \text{sen } \alpha_i} \dots\dots (43)$$

Realizando el equilibrio de momentos, se obtiene:

$$\sum W_i \cdot r \cdot \text{sen } \alpha_i = \sum S_i \cdot r \dots\dots (44)$$

De la ecuación 40 y 43 en 44, en función de F_S se obtiene:

$$F_S = \frac{\sum c \cdot b_i + W_i' \cdot \tan \phi + \Delta T \cdot \tan \phi}{\sum W_i \cdot r \cdot \text{sen } \alpha_i} \cdot \frac{1}{m \alpha_i} \dots\dots (45)$$

Donde $m \alpha_i$ es un factor equivalente a:

$$m \alpha_i = \cos \alpha_i + \frac{\tan \phi \cdot \text{sen } \alpha_i}{F_S} \dots\dots (46)$$

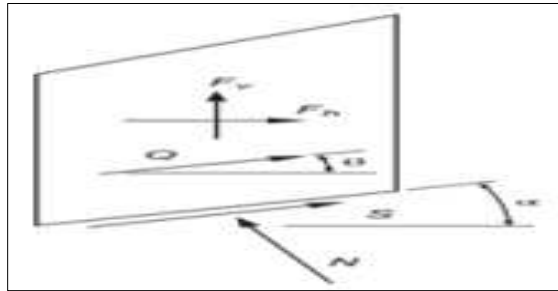
Por simplicidad $\Delta T = 0$, $W_i' = W_i - u \cdot b_i$, $f^\circ = \text{Factor de Janbu}$

$$F_S = \frac{f^\circ \cdot \sum c \cdot b_i + (W_i - u \cdot b_i) \cdot \tan \phi \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i \cdot m \alpha_i}}{\sum W_i \cdot r \cdot \tan \alpha_i} \dots\dots (47)$$

2.2.3.2.3. Método Spencer. El método de Spencer se basa en la suposición de que las fuerzas de intersección son paralelas, que todas las fuerzas tienen la misma inclinación; la inclinación de las fuerzas de intersección se calcula como una de las incógnitas en la solución de las ecuaciones de equilibrio (ver Figura 15).

Figura 15

Fuerzas y resultante del Método Spencer.



Fuente: Duncan y Wright (2014).

Este método también supone que la fuerza normal (N) actúa en el centro de la base de cada corte, esta suposición tiene una influencia insignificante en los valores calculados para las incógnitas siempre que se utilice un número razonablemente grande de rebanadas. Prácticamente todos los cálculos con el procedimiento de Spencer se realizan por computadora ya que con estas herramientas sofisticadas se logra fácilmente un número suficientemente grande de rebanadas.

Spencer presentó originalmente su procedimiento para superficies de deslizamientos circulares, pero el procedimiento se extiende fácilmente a superficies de deslizamiento no circulares. En el procedimiento de Spencer se resuelven dos ecuaciones de equilibrio, el equilibrio de fuerzas y el equilibrio de momentos, para toda la masa del suelo que consta de todos los cortes. Las dos ecuaciones de equilibrio se resuelven para el factor de seguridad (F_s) y la inclinación de la fuerza entre cortes (θ).

La ecuación para el equilibrio de fuerzas se define como:

$$\sum Q_i = 0 \dots\dots (48)$$

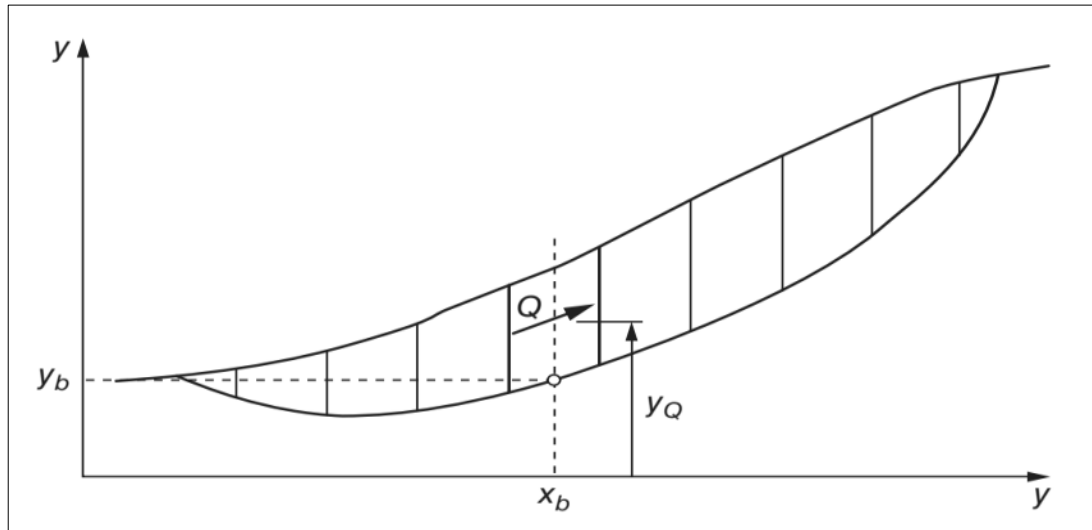
donde Q_i es la resultante de las fuerzas de intersección, en la misma dirección, Z_i y Z_{i+1} :

$$Q_i = Z_i - Z_{i+1} \dots\dots (49)$$

Para el equilibrio de momentos, los momentos pueden sumarse sobre cualquier punto arbitrario. Tomando los momentos sobre el origen ($x = 0; y = 0$) de un sistema de coordenadas cartesianas (ver Figura 16).

Figura 16

Coordenadas en la superficie de falla del Método Spencer.



Fuente: Duncan y Wright, 2014

El momento de equilibrio se define como:

$$\sum Q \cdot (x_b \cdot \text{sen } \theta - y_Q \cdot \text{cos } \theta) = 0 \dots\dots (50)$$

Donde:

x_b = Coordenada horizontal del centro de la base de la rebanada

y_Q = Coordenada vertical del punto en la línea de acción de la fuerza Q , directamente sobre el centro de la base del corte.

Se determina la ecuación donde M_0 es el momento producido por cualquier fuerza conocida sobre el centro de la base de la rebanada:

$$y_Q = y_b + \frac{M_0}{Q \cdot \text{cos } \theta} \dots\dots (51)$$

De la ecuación 51 en 50, se obtiene:

$$\sum Q \cdot (x_b \cdot \text{sen } \theta - y_b \cdot \text{cos } \theta + \frac{M_0}{Q}) = 0 \dots\dots (52)$$

Se definen las ecuaciones de equilibrio:

$$N + F_V \cdot \text{cos } \alpha - F_h \cdot \text{sen } \alpha - Q \cdot \text{sen}(\alpha - \theta) = 0 \dots\dots (53)$$

$$S + F_V \cdot \text{sen } \alpha - F_h \cdot \text{cos } \alpha - Q \cdot \text{cos}(\alpha - \theta) = 0 \dots\dots (54)$$

Donde F_h equivale a todas las fuerzas horizontales, y F_V equivale a todas las fuerzas verticales, incluido el peso de la rebanada, las cargas sísmicas, las fuerzas de las cargas superficiales, y las fuerzas de refuerzo.

La ecuación de Mohr-Coulomb para las resistencias al corte expresadas en términos de esfuerzos efectivos se define como:

$$S = \frac{1}{F_S} \cdot [c' \cdot \Delta l + (N - u \cdot \Delta l) \cdot \text{tan } \phi'] \dots\dots (55)$$

De las ecuaciones 53 y 54 en 55, se obtiene la ecuación en función Q :

$$Q = \frac{-F_V \cdot \text{sen } \alpha - F_h \cdot \text{cos } \alpha - \frac{c' \cdot \Delta l}{F_S} + (F_V \cdot \text{cos } \alpha - F_h \cdot \text{sen } \alpha + u \cdot \Delta l) \cdot \frac{\text{tan } \phi'}{F_S}}{\text{cos}(\alpha - \theta) + \frac{\text{sen}(\alpha - \theta) \cdot \text{tan } \phi'}{F_S}} \dots\dots (56)$$

De la ecuación 56 en 48, se obtiene:

$$\sum \left(\frac{-F_V \cdot \text{sen } \alpha - F_h \cdot \text{cos } \alpha - \frac{c' \cdot \Delta l}{F_S} + (F_V \cdot \text{cos } \alpha - F_h \cdot \text{sen } \alpha + u \cdot \Delta l) \cdot \frac{\text{tan } \phi'}{F_S}}{\text{cos}(\alpha - \theta) + \frac{\text{sen}(\alpha - \theta) \cdot \text{tan } \phi'}{F_S}} \right) = 0 \dots\dots (57)$$

De la ecuación 56 en 52, se obtiene

$$-F_V \cdot \text{sen } \alpha - F_h \cdot \text{cos } \alpha - \frac{c' \cdot \Delta l}{F_S}$$

$$\sum \left(\frac{+(F_V \cdot \text{cos } \alpha - F_h \cdot \text{sen } \alpha + u \cdot \Delta l) \cdot \frac{\tan \phi'}{F_S}}{\text{cos}(\alpha - \theta) + \frac{\text{sen}(\alpha - \theta) \cdot \tan \phi'}{F_S}} \right) \cdot (x_b \cdot \text{sen } \theta - y_b \cdot \text{cos } \theta) + M_0 = 0 \dots (58)$$

En ausencia de fuerzas; cargas sísmicas, cargas en la superficie de la pendiente y cualquier fuerza interna debida al refuerzo; se consideran:

$$M_0 = 0 \quad \wedge \quad y_Q = y_b$$

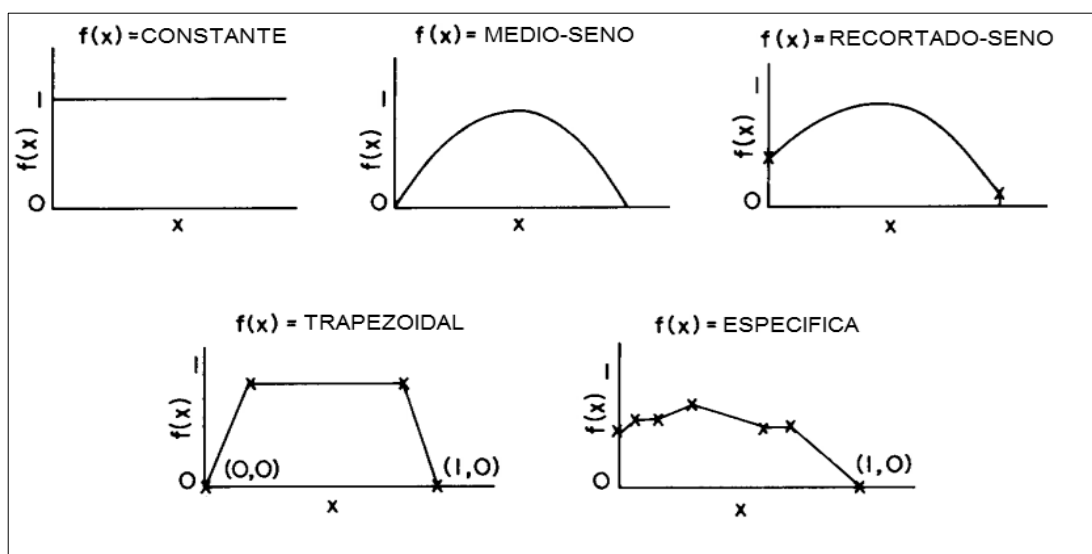
2.2.3.2.4. Método Morgenstern & Price. El procedimiento de Morgenstern y Price asume que las fuerzas de corte y fuerzas normales, entre dovelas o rebanadas, están relacionadas mediante una función:

$$X = \lambda \cdot f(x) \cdot E \dots (59)$$

Donde X y E son las fuerzas verticales y horizontales entre dovelas, λ es una constante a evaluar en respuesta al factor de seguridad, y $f(x)$ es una función asumida con respecto al límite del corte de la dovela (ver Figura 17).

Figura 17

Tipos de $f(x)$ asumidas por el Método Morgenstern & Price.



Fuente: Fredlund & Krahn (1977).

El valor de la función $f(x_i)$ en el punto límite x_i multiplicado por el parámetro λ da como resultado el valor del ángulo de inclinación θ_i .

$$f(x_i) \cdot \lambda = \theta_i \dots\dots (60)$$

Las incógnitas que se resuelven en el procedimiento de Morgenstern y Price son el factor de seguridad (F_s), el parámetro de escala (λ), la componente horizontal (E) de la fuerza de intersección, y la componente vertical (X) de la fuerza de intersección.

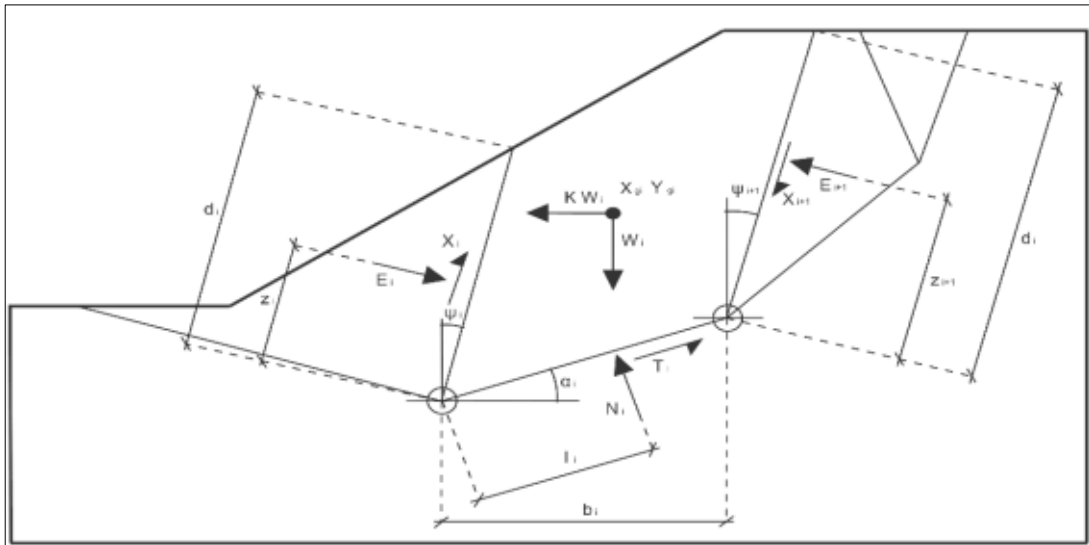
El procedimiento de Morgenstern y Price es similar al de Spencer. La única diferencia en términos de incógnitas es que el procedimiento de Spencer involucra una sola inclinación (θ) de fuerza intercalada para todas las rebanadas, mientras que el procedimiento de Morgenstern y Price implica un patrón supuesto de inclinaciones (θ_i) de fuerza lateral según un la $f(x)$ asumida y un solo parámetro de escala (λ) desconocido.

Si la función $f(x)$ es constante en el procedimiento de Morgenstern y Price, el procedimiento de cálculo es el mismo al procedimiento de Spencer. La principal diferencia entre los dos procedimientos es que el procedimiento de Morgenstern y Price proporciona una mayor flexibilidad en las suposiciones para las inclinaciones de la fuerza entre segmentos. La flexibilidad agregada permite cambiar la suposición con respecto a las fuerzas de intersección.

2.2.3.2.5. Método Sarma. El método de Sarma es simple, que permite determinar la aceleración sísmica crítica horizontal (K_c) necesaria para que la masa delimitada por la superficie de deslizamiento alcance el estado de equilibrio límite, y al mismo tiempo permitir el cálculo del factor de seguridad. Se basa en el principio de equilibrio límite mediante franjas, por lo cual se considera el equilibrio de una masa potencial en deslizamiento dividida en franjas verticales de espesores pequeños, para asumir que la fuerza normal (N_i) obra en el punto medio de la base de la franja (ver figura 18).

Figura 18

Fuerzas en la enésima rebanada según el Método Sarma.



Fuente: GeoStru (2017).

Las condiciones de equilibrio en la traslación horizontal y vertical se definen como:

$$N_i \cdot \cos \alpha_i + T_i \cdot \sin \alpha_i = W_i - \Delta X_i \dots\dots (61)$$

$$T_i \cdot \cos \alpha_i + N_i \cdot \sin \alpha_i = K \cdot W_i - \Delta E_i \dots\dots (62)$$

Además, se asume que en ausencia de fuerzas externas en las superficies libres se tiene:

$$\sum \Delta E_i = 0 \dots\dots (63)$$

$$\sum \Delta X_i = 0 \dots\dots (64)$$

Donde E_i y X_i representan respectivamente las fuerzas horizontales y verticales en la cara de la rebanada i .

La ecuación de equilibrio de momentos se define tomando como punto de referencia el centro de gravedad de la superficie de deslizamiento; Al final después en el método de Sarma la solución del problema se obtiene resolviendo dos ecuaciones:

$$\sum \Delta X_i \cdot \tan(\psi_i - \alpha_i) + \sum \Delta E_i = \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i \dots\dots (65)$$

$$\begin{aligned} & \sum \Delta X_i \cdot [(y_{mi} - y_G) \cdot \tan(\psi_i - \alpha_i) + (x_i - x_G)] \\ & = \sum W_i \cdot (x_{mi} - x_G) + \sum \Delta_i \cdot (y_{mi} - y_G) \dots\dots (66) \end{aligned}$$

En primer lugar, para la solución de la ecuación se requiere encontrar el valor de la aceleración sísmica (K) correspondiente a un determinado factor de seguridad. Además, se conoce las condiciones de equivalencia:

$$K = K_c \quad , \quad Si \quad F = 1 \dots\dots (67)$$

$$F = F_s \quad , \quad Si \quad K = 0 \dots\dots (68)$$

La segunda parte del problema es encontrar una distribución de fuerzas internas X_i y E_i , que permitan verificar el equilibrio de la rebanada y el equilibrio global del sistema, sin alterar el criterio de rotura. La solución aceptable al problema se obtiene asumiendo la siguiente distribución de las fuerzas X_i :

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot (Q_{i+1} - Q_i) \dots\dots (69)$$

Donde Q_i es una función conocida en la cara de la rebanada i , además que λ es una constante desconocida. La solución completa se obtiene después de realizar algunas iteraciones, con los valores de K_c , λ , F .

2.2.3.3. Análisis de Estabilidad de Taludes Mediante el Software Geoslope. En los años 60 con la aparición de los softwares de computadora, se mejoraron los cálculos iterativos de los distintos métodos de análisis de estabilidad de taludes. El desarrollo del planteamiento de equilibrio límite fue innovado por las nuevas tecnologías; de presentar inicialmente soluciones de cálculos de forma manual, hasta presentar resultados mucho más precisos en los análisis de estabilidad. Mostrando ventajas al realizar los cálculos con mayor número de división de las dovelas, y sobre todo mucho más pequeñas. Esto trajo la aparición de formulaciones matemáticas más rigurosas como las

desarrolladas por Morgenstern & Price en 1965, y por Spencer en 1967. (C. Sanhueza Plaza et al, 2012).

Entre los softwares geotécnicos más utilizados se encuentra el GeoSlope, que fue desarrollada especialmente para el análisis de estabilidad de taludes, producida por la empresa GeoSlope International fundada en 1977; que actualmente pertenece al grupo internacional Seequent Limited, Consorcio internacional dedicado al desarrollo de software para soluciones innovadoras en la Geociencia.

El software de análisis de estabilidad de taludes Geoslope, presenta como base principal en su lógica, el método de equilibrio límite. Además de permitir el modelamiento de superficies geométricas con pendientes muy compleja de suelos homogéneos y/o suelos estratificados, y considerando la presencia de nivel freático según sea el caso. El software GeoSlope realiza los cálculos de los análisis de estabilidad de taludes de acuerdo a los métodos propuestos por Fellenius, Janbu, Spencer, Morgenstern & Price, Sarma, y entre otros más. Modelando el comportamiento de los materiales, según el criterio de Hoek & Brown para el caso de rocas, y el criterio de Mohr – Coulomb para el caso de suelos. (GeoSlope International, 2019)

En el ámbito nacional e internacional, se utilizan softwares de ingeniería para el desarrollo de estudios e investigaciones. Siendo el mismo caso referente al Software GeoSlope, que es utilizado para el modelamiento y cálculo de análisis de estabilidad de taludes en diversos estudios; para muestra se mencionan algunas investigaciones:

- Marín, B. et al. (2019). Aplicación de programas analíticos e informáticos sobre estabilización de taludes en el cerro pata grande del Cantón Piñas. Universidad Técnica de Machala, Machala – Ecuador.
- Fernández, J. (2017). Estudio de la Influencia de parámetro geométricos y geotécnico en la estabilidad de taludes mediante el programa Geoslope. Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena – España.

- Betún, L. et al. (2016). Análisis de alternativas para la estabilidad del talud con el programa Geoslope en el sector el Prado Cantón Piñas, Provincia de el Oro. Universidad Central del Ecuador, Quito - Ecuador.
- Sánchez, M. (2014). Aplicación del programa Geoslope para el análisis de la estabilidad de taludes en la I.E. La Libertad. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz – Perú.

Además, se cuenta con un manual de uso del software Geoslope, elaborado por el departamento de mecánica y geotecnia de la universidad de Córdoba en España

2.2.4. Sistema Vetiver.

El sistema vetiver se desarrolla en función de la Bioingeniería, mediante el uso de la planta vetiver en los diseños de ingeniería, como elemento de contención de taludes, como control de erosión de suelos, como restauración de paisajes, etc. (Sangalli, 2008).

La planta vetiver es una planta herbácea y gramínea nativa de la India, de nombre científico *Chrysopogon zizanioides* (ver Figura 19)

Figura 19

Planta y raíces del Vetiver.



Fuente: *Truong Van & Pinner* (2008).

El estudio sobre el vetiver se desarrolló en la década de los 80's, por el Banco Mundial de las Naciones Unidas, para la conservación de suelos y agua en la India, generando excelentes resultados. En la actualidad se usa el vetiver en varias partes del mundo, utilizadas como técnicas de bioingeniería para la restauración de paisajes, estabilización de taludes, control de erosiones, etc.

En los últimos quince años se ha demostrado que la aplicación de este material vegetal como sistema de soporte de suelos, mediante el revestimiento, es el que mejores resultados brinda para la protección ambiental y control de estabilización de suelos. Además, que tiene un bajo costo para su aplicación. Muchas instituciones como el Banco Mundial de las Naciones Unidas, así como la Academia de Ciencias de Los Estados Unidos, promueven el uso de la planta mediante la Red Internacional del Vetiver creada desde 1994 (Ramírez, 2009).

2.2.4.1. Propiedades de la Planta del Sistema Vetiver. La planta del sistema vetiver presenta diversas propiedades, de las cuales resaltan sus propiedades morfológicas, propiedades fisiológicas, propiedades hidráulicas, y sobre todo sus propiedades mecánicas.

A. Propiedades Morfológicas. El vetiver presenta un sistema de raíces profundas y densa, que puede penetrar el suelo en forma vertical desde 2 a 3 metros el primer año, para luego dependiendo de las condiciones del terreno poder alcanzar los 5m. Capaz de perforar capas compactadas de suelo y de roca, pudiendo soportar largos períodos de sequía gracias a la presencia de savia en sus hojas; además de adecuarse en condiciones climáticas de cualquier zona (Truong, Van, & Pinnars, 2008).

El Vetiver desarrolla tallos altos, rectos y rígidos que pueden crecer hasta los 5 metros en condiciones favorables, siendo una planta estéril que no produce maleza ni semillas (Ramírez, 2009).

B. Propiedades Fisiológicas. El sistema Vetiver tolera las variaciones climáticas extremas, capaz de soportar sequías prologadas, inundaciones y temperaturas que varían desde -14°C a $+55^{\circ}\text{C}$. No obstante, debe desarrollarse en espacios abiertos y libres de sombra. La adaptabilidad es una característica significativa que presenta este material vegetal puesto que se

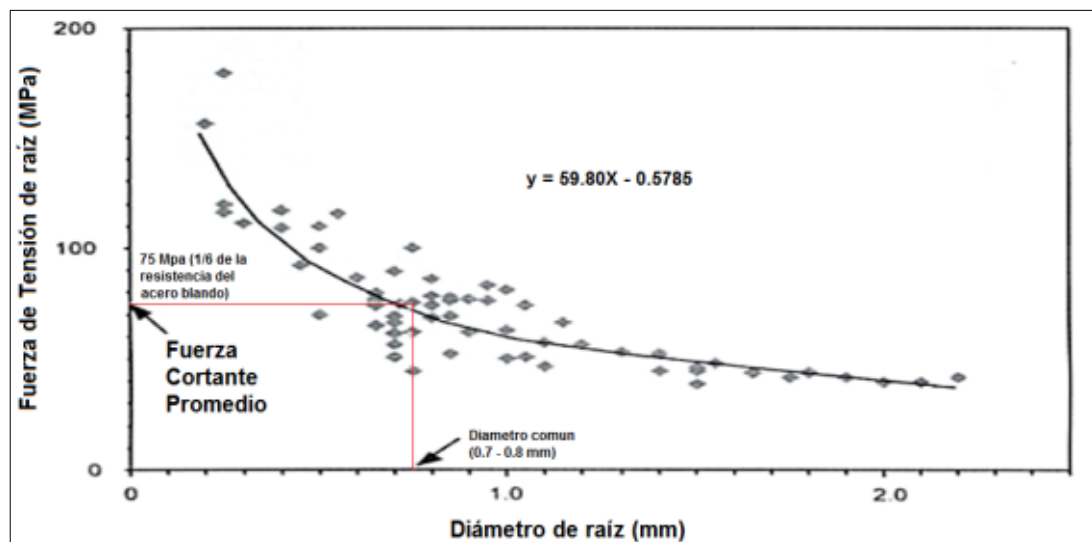
puede aplicar en suelos con altos niveles de pH que van desde 3.0 hasta 12.5. Además, es capaz de tolerar suelos con elevada acidez, alcalinidad, salinidad, entre otros (Truong & Hart, 2001).

C. Propiedades Hidráulicas. Estudios realizados por la USQ (University of Southern Queensland – Australia), en donde se desarrollaron pruebas hidráulicas en canales con sistema vetiver, demostraron la reducción de las velocidades de flujo, limitando el movimiento del suelo y disminuyendo el efecto erosivo. Obteniendo como resultado que el vetiver es capaz de soportar condiciones de flujo para velocidades superiores a 3.5m/s en ríos bajo situaciones de inundaciones y hasta 5m/s en canales de drenaje inundado.

D. Propiedades Mecánicas. Hengchaovanich & Nilaweera (1996), Demuestran que la planta vetiver presenta raíces que poseen alta resistencia a la tracción, que son inversamente proporcional a su diámetro, donde se muestra una tensión de 75 MPa (765 kg/cm²) con un diámetro común de 0.7 – 0.8 mm, así como también tensiones que varía entre 40 y 180 MPa (409 y 1836 kg/cm²) para diámetros que varía entre 0.2 – 2.2 mm (ver Figura 20).

Figura 20

Resistencia a la tracción según diámetro de raíz del Vetiver.



Fuente: Hengchaovanich & Nilaweera (1996).

Hengchaovanich & Nilaweera (1996), Realiza estudios a las raíces de diversas plantas con respecto a sus tensiones de rotura, donde determina las

fuerzas de tensión de cada planta analizada (ver Tabla 3). Concluye que el vetiver es la más resistente, alcanzando incluso una tensión superior a 1/6 de la tensión del acero blando (a36).

Tabla 3

Fuerzas de tensión de rotura de las raíces del vetiver comparado con otras plantas.

Nombre botánico	Nombre común	Fuerza de tensión (MPa)
Salix sp.	Sauce	9-36
Populus sp.	Alamos	5-38
Alnus sp.	Alisos	4-74
Pseudotsuga sp.	Abeto de Douglas	19-61
Hacer sacharinum	Arce plateado	15-30
Tsuga heterophylla	Cicuta del oeste	27
Vaccinum sp.	Gaylussacia	16
	Cebada	15-31
Hordeum vulgare	Zacate, hierbas	2-20
	Musgo	2-7 kPa
Vetiveria zizanioides	Pasto vetiver	40-180

Fuente: Hengchaovanich & Nilaweera (1996).

Rufino Barbosa, Michele (2012). “Estudo da Aplicação do Vetiver na Melhoria dos Parâmetros de Resistência ao Cisalhamento de Solos em Taludes”. Determina que las raíces de la planta vetiver incrementan los parámetros de resistencia del suelo sembrado con la planta vetiver, como son el peso específico, la cohesión, y el ángulo de fricción interna. En periodos de 1, 2, y 3 años después de la siembra. (ver Tabla 4).

Demostrando a su vez que las raíces de la planta vetiver incrementa el esfuerzo cortante del suelo sembrado con la planta vetiver, en periodos de 1, 2, y 3 años después de la siembra (ver Gráficas 1 – 4).

Tabla 4

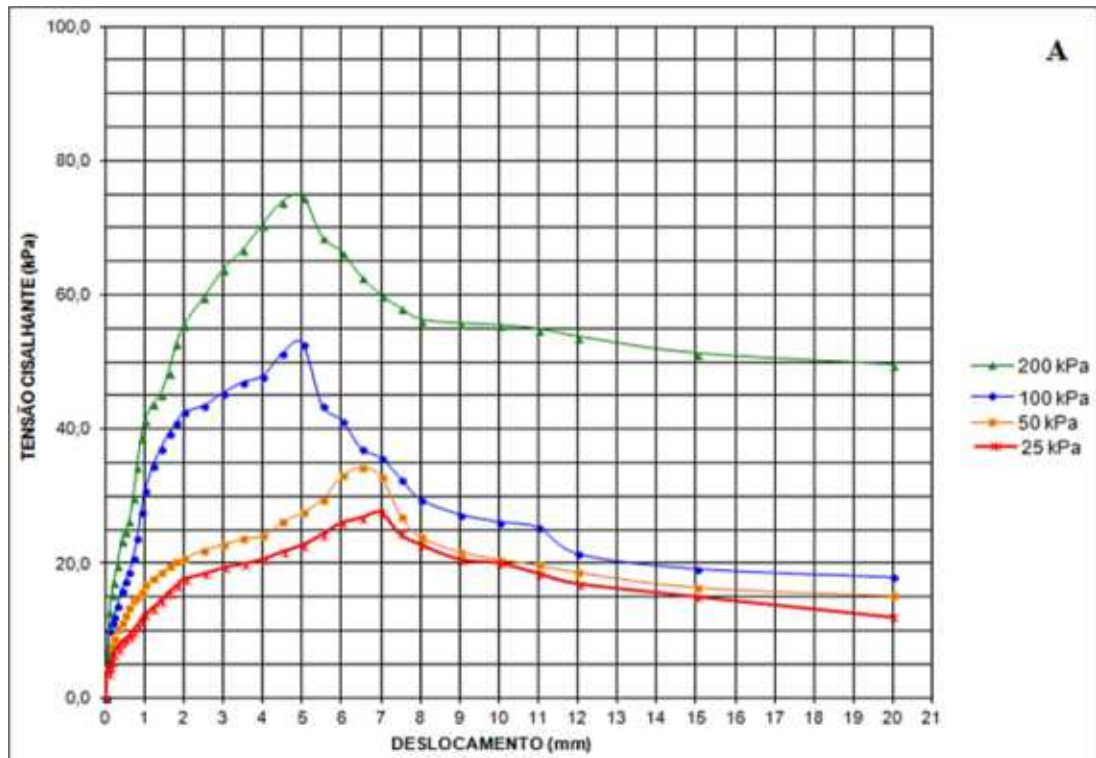
Parámetros de resistencia en suelos sin y con siembra vetiver.

Suelos	Peso Específico (kN/m³)	Angulo de Fricción Interna	Cohesión (kPa)
Sin Vegetación	19.98	15.1°	21.97
1 año de siembra	20.42	14.3°	24.63
2 años de siembra	20.59	15.3	24.12
3 años de siembra	20.68	30.0°	92.00

Fuente: Rufino Barbosa, Michele (2012).

Gráfica 1

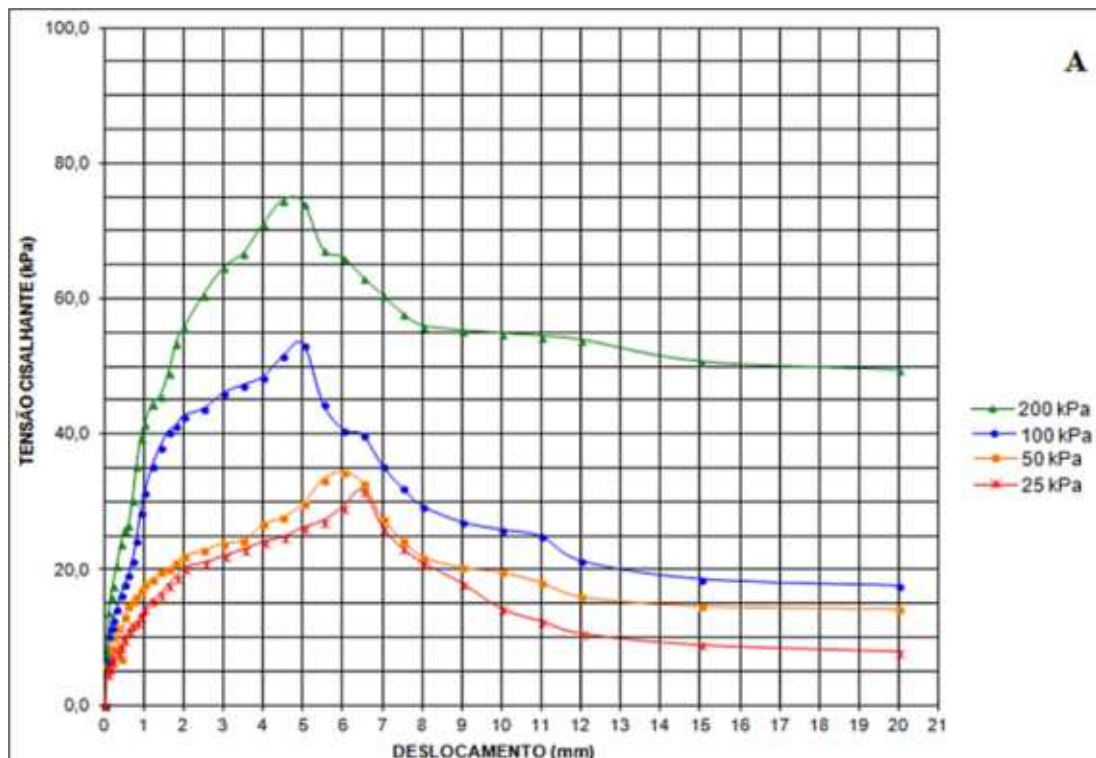
Esfuerzo cortante y deformación de suelos sin siembra vetiver



Fuente: Rufino Barbosa, Michele (2012).

Gráfica 2

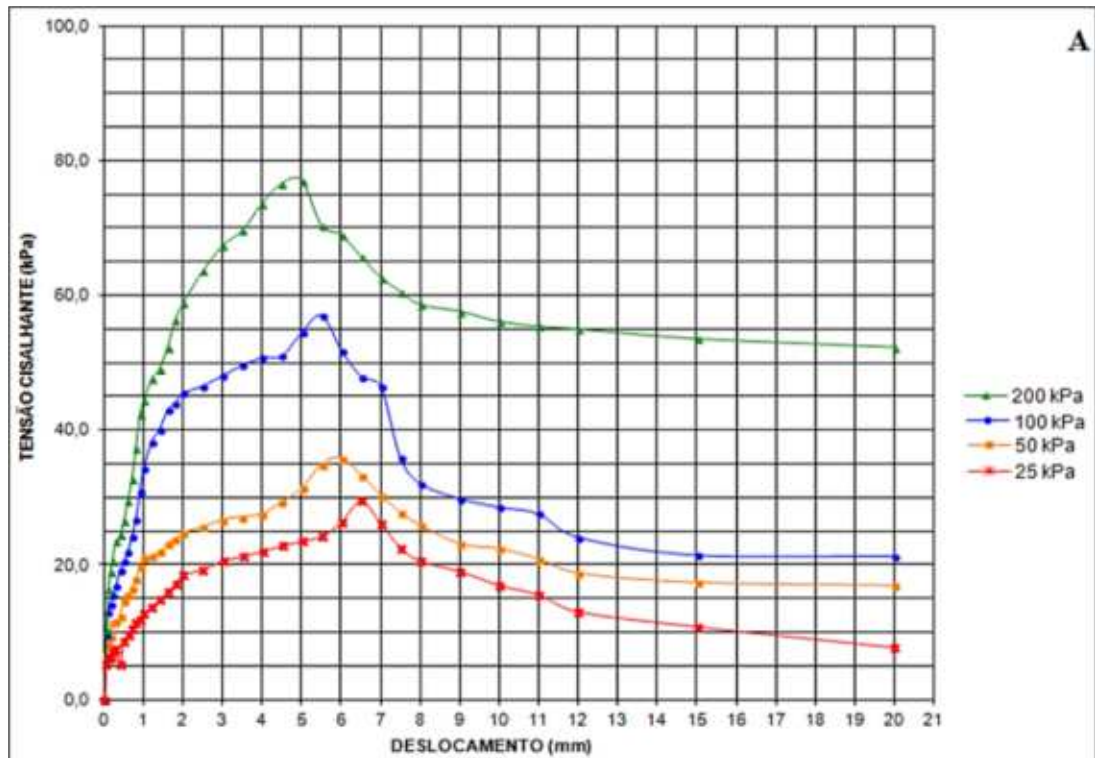
Esfuerzo cortante y deformación de suelos después de 1 año de siembra vetiver.



Fuente: Rufino Barbosa, Michele (2012).

Gráfica 3

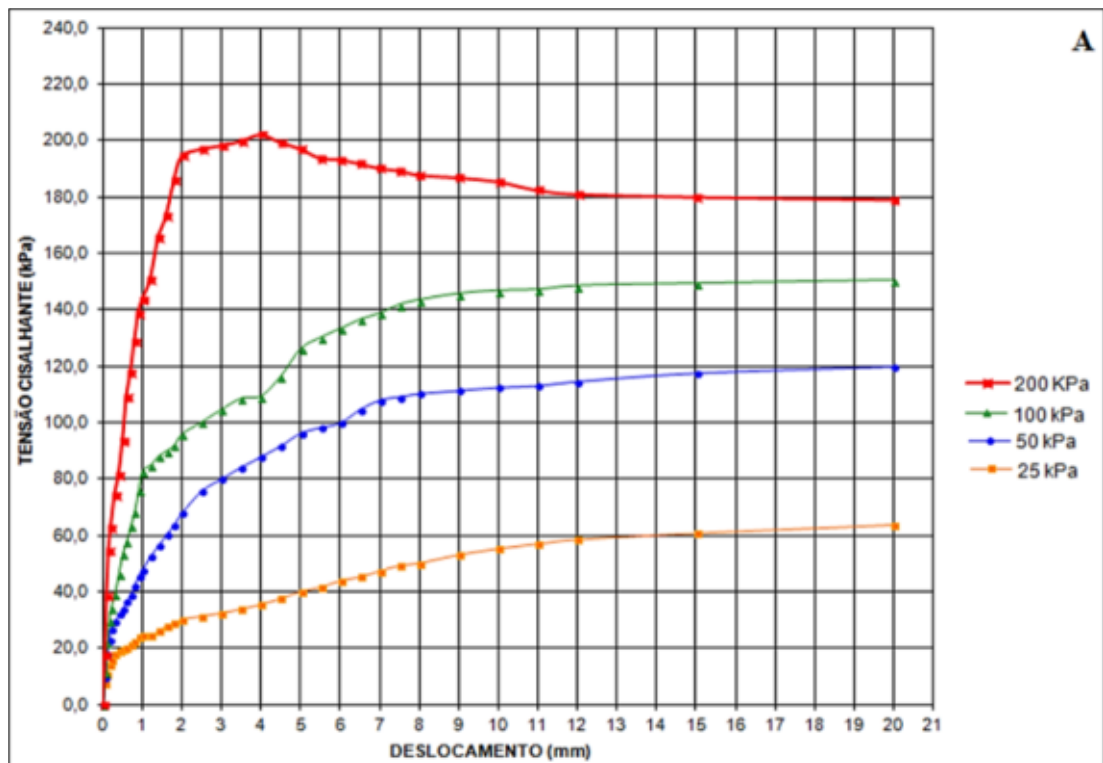
Esfuerzo cortante y deformación de suelos después de 2 años de siembra vetiver.



Fuente: Rufino Barbosa, Michele (2012).

Gráfica 4

Esfuerzo cortante y deformación de suelos después de 3 años de siembra vetiver.



Fuente: Rufino Barbosa, Michele (2012).

Rufino Barbosa, Michele (2012). También realizó estudios en taludes, donde se determina que las raíces de la planta vetiver también incrementan los parámetros de resistencia de un talud sembrado con la planta vetiver. En un periodo 7 años después de la siembra. (ver Tabla 5).

Demostrando a su vez que las raíces de la planta vetiver también incrementa el esfuerzo cortante de un talud sembrado con la planta vetiver, en un periodo de 7 años después de la siembra (ver Gráficas 5 – 6).

Tabla 5

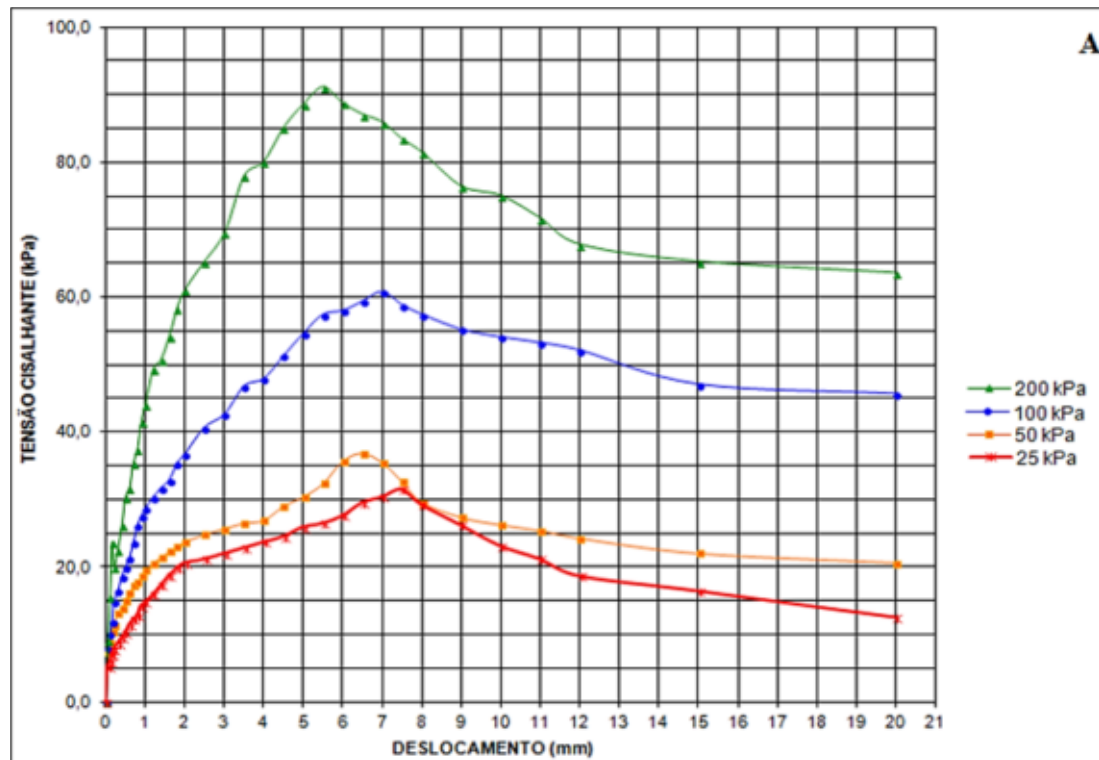
Parámetros de resistencia de talud sin y con siembra vetiver.

Talud	Peso Específico (kN/m ³)	Angulo de Fricción Interna	Cohesión (kPa)
Sin Vegetación	20.23	19.30°	22.3
7 años de siembra	20.81	26.65°	98.2

Fuente: Rufino Barbosa, Michele (2012).

Gráfica 5

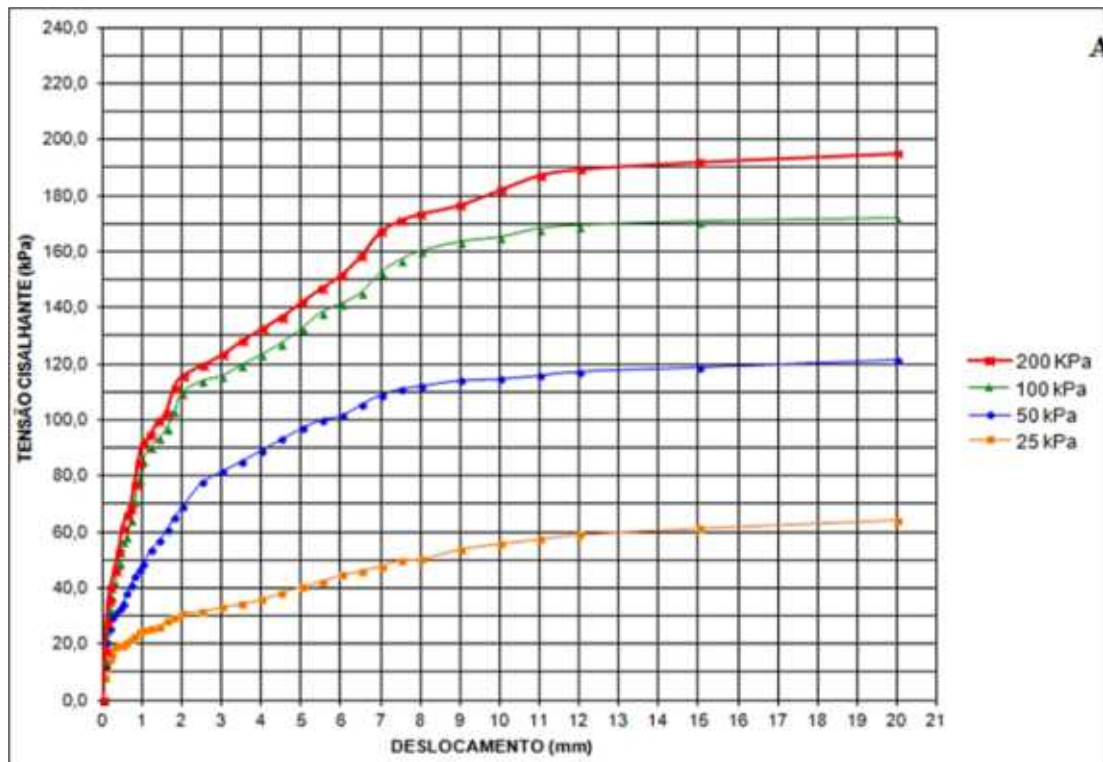
Esfuerzo cortante y deformación de talud sin siembra vetiver.



Fuente: Rufino Barbosa, Michele (2012).

Gráfica 6

Esfuerzo cortante y deformación de talud después de 7 años de siembra vetiver.

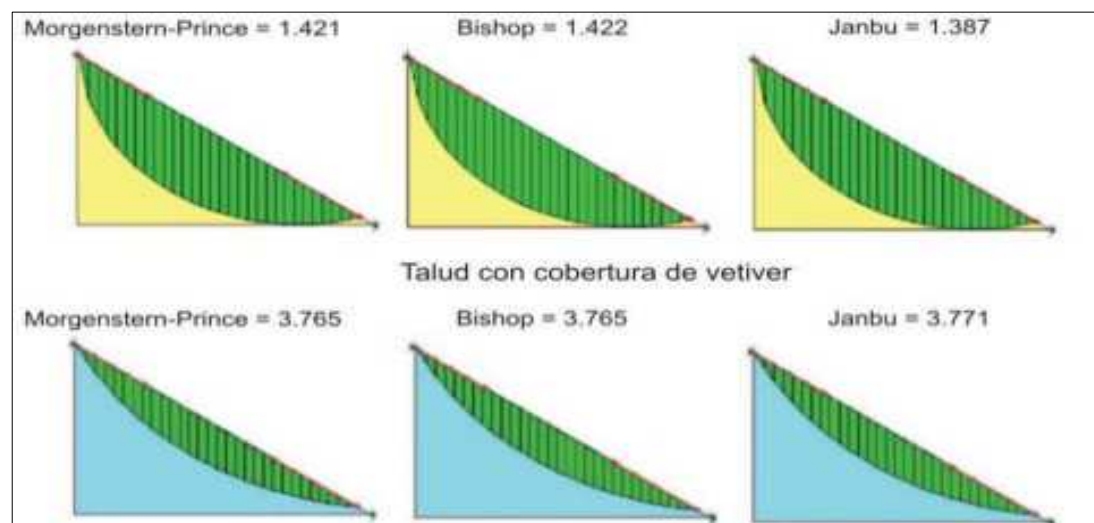


Fuente: Rufino Barbosa, Michele (2012).

Rufino & Motta (2013). “Resistência ao Cisalhamento de Solos e Taludes Vegetados com Capim Vetiver”. Determinaron que las raíces de la planta vetiver incrementan el factor de seguridad de un talud de 45°. Mediante el análisis de estabilidad con los métodos Morgenster Price, Bishop y Janbu; del talud sin raíces y con raíces del vetiver (ver Figura 21).

Figura 21

Análisis de estabilidad de talud de 45° de pendiente, sin siembra y con 7 años de siembra vetiver.



Fuente: Rufino Barbosa M. & Motta de Lima H (2013).

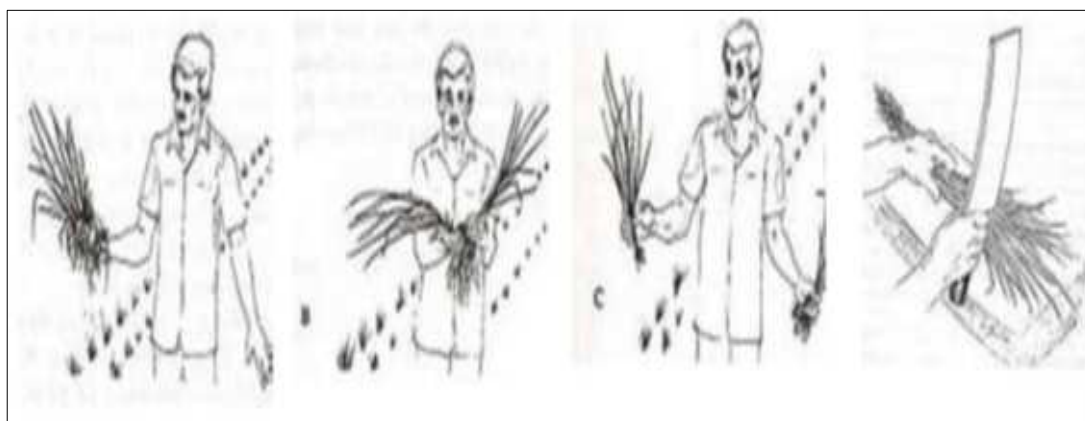
2.2.4.2. Propagación de la Planta del Sistema Vetiver. La red internacional del vetiver (2009). Detalla que para la aplicación del sistema vetiver se requiere un gran número de plantas, en donde la calidad de siembra es importante para su exitosa aplicación. Existen 4 métodos o formas de propagación de la planta vetiver:

A. Separación de Plantas para Producir Esquejes a Raíz Desnuda.

Consiste en separar brotes de una macolla madre donde se requiere que cada esqueje incluya 2 a 3 brotes y una parte de la corona. Los esquejes cortados deben ser de 20 cm de largo (ver Figura 22).

Figura 22

Separación de Esquejes del vetiver.



Fuente: Red internacional Vetiver (2009).

Para acelerar el crecimiento y mantener los esquejes en óptimas condiciones hasta ser plantados, pueden ser sumergidos en hormonas de enraizamiento, estiércol líquido, lodo de arcilla, o simplemente en recipientes llenos con agua.

B. Unión de Partes de Plantas. Consiste en realizar la unión de 3 partes de la planta, las cuales son los brotes o vástagos, la corona que es la parte entre las raíces y los brotes, y el Culmo que es el tallo o caña de la planta (ver Figura 23).

Figura 23

Culmo o tallo, Brotes o vástagos, y Coronas, de plantas maduras del vetiver.



Fuente: Red internacional Vetiver (2009).

Se selecciona cañas viejas de la planta que se cortan entre 3 a 5 cm de largo, con la condición de que se incluya entre 1 a 2 cm debajo de los nudos en cada especie cortada. Se selecciona brotes maduros que incluyan entre 3 a 4 hojas bien desarrolladas. Se selecciona la parte superior de la corona madura. Se prepara una solución de jacinto de agua que contiene muchas hormonas y reguladores del crecimiento, incluyendo ácido giberélico y muchos componentes del ácido indolacético. Finalmente se unen las partes de la planta y se utiliza la solución como abono para plantar el injerto.

C. Multiplicación de Yemas. Consiste en realizar la propagación de la planta a gran escala, en un medio líquido; donde se induce el desarrollo de yemas laterales; se multiplica los nuevos brotes; se promueve el enraizamiento de los nuevos brotes; se promueve el crecimiento en umbráculos o cobertores.

D. Cultivo de Tejido. Consiste en realizar la propagación de la planta a gran escala, utilizando tejidos especiales que consisten con la punta de la raíz, las flores jóvenes de la inflorescencia, y los tejidos de yemas de los nudos de la planta de vetiver. Es usado con frecuencia por la industria hortícola internacional; aunque los protocolos de laboratorios particulares varían, el cultivo de tejido involucra una pequeña porción de tejido en un medio especial bajo condiciones asépticas, y plantando las micro plantas obtenidas en medios apropiados hasta que se desarrollen completamente en pequeñas plantas.

2.2.4.3. Diseño del Sistema Vetiver.

A. Consideraciones del Diseño. Para que el sistema vetiver tenga una buena funcionabilidad es necesario considerar 3 etapas de desarrollo:

- Etapa 1: Realizar la evaluación de campo, el inventario, e identificar los problemas para plantear el diseño de aplicación.
- Etapa 2: Realizar ensayos demostrativos y pruebas, mediante el establecimiento de viveros en la zona de evaluación.
- Etapa 3: Realizar el seguimiento de la ejecución y mantenimiento.

B. Especificaciones Técnicas del Trazado.

- En las pendientes, la altura no debe de ser mayor que la base, con un diseño máximo de 1:1 o 45°.
- La primera hilera debe sembrarse en el borde superior de taludes con alturas mayores a 1.5 m.
- La hilera baja debe sembrarse en el fondo o al pie del talud. En donde se puede diseñar cuneta de drenaje.
- El vetiver debe ser plantado en sentido vertical sin considerar la pendiente, en líneas de contorno o curvas de nivel, con un intervalo vertical (IV) según el grado de pendiente (ver Tabla 6), y un espaciamiento horizontal de 15 a 20 cm (ver Figura 24).

Tabla 6

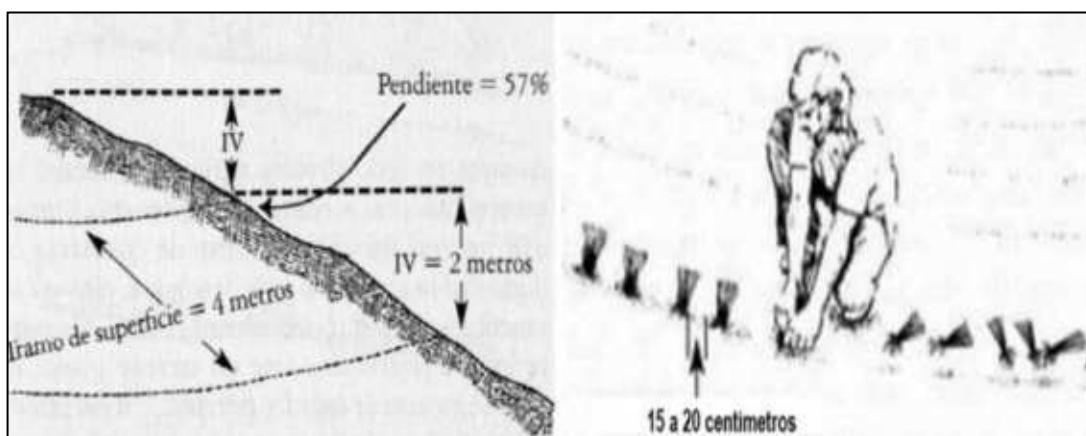
Diseño del Intervalo vertical del sistema vetiver según pendiente.

Pendiente		Diseño	Intervalo Vertical (m)
Grados (°)	Porcentaje (%)		
1	1.7	1 en 57.2	57.30
2	3.5	1 en 28.6	28.60
3	5.3	1 en 19.1	19.10
4	7.0	1 en 14.3	14.30
5	8.8	1 en 11.4	11.50
10	17.6	1 en 5.7	5.80
15	27.0	1 en 3.7	4.00
20	36.4	1 en 2.8	3.00
25	46.1	1 en 2.1	2.40
30	57.7	1 en 1.7	2.00
35	70.0	1 en 1.4	1.70
40	84.0	1 en 1.2	1.60
45	100.0	1 en 1	1.40

Fuente: Red Internacional del Vetiver (2009).

Figura 24

Intervalo vertical y espaciamiento horizontal del sistema vetiver.



Fuente: Red internacional del Vetiver (2009).

C. Especificaciones Técnicas de la Siembra.

- Sembrar en temporadas de lluvia o caso contrario programar un riego tecnificado.
- Cavar zanjas entre 15 a 20cm de ancho y profundidad para sembrar los esquejes.
- Para siembras a gran escala y debido a que los suelos no puedan ser fértiles, se recomienda el uso de plantas producidas en contenedores (bolsas, tubetes) para lograr un establecimiento rápido.
- La adición de una buena mezcla de suelo y estiércol es recomendable.
- Cubrir y compactar las raíces firmemente con capas de suelo entre 2 a 4 cm.
- Fertilice con Nitrógeno y fósforo (Fosfato de Amónico) a 100g por metro de hilera. La misma cantidad de cal puede ser necesaria cuando se planta en suelos con sulfato ácidos.
- Riegue el mismo día de la siembra.
- Para reducir el control de malezas durante la etapa de establecimiento, puede utilizarse herbicidas pre – emergente como la Atrazina.

D. Mantenimiento.

- En climas secos y áridos, un riego diario en las dos primeras semanas después de la siembra. Posteriormente un riego dos veces por semana hasta que las plantas se establezcan completamente. Las plantas adultas no requieren más riego.
- Durante el primer mes después de la siembra, resembrar todas las plantas que fallen o que hayan sido arrancadas. Inspeccionar las plantas hasta que se hayan establecido apropiadamente.
- Controle las malezas, especialmente las trepadoras, durante el primer año. NO USAR el herbicida Round Up (glifosato), ya que el vetiver es muy sensible al glifosato
- Fertilizar con FDA, el cual debe aplicarse al principio de la segunda temporada de lluvias.
- Después de los primeros cinco meses, se realiza las podas regularmente, las barreras del sistema vetiver deben ser cortadas entre 15 a 20 cm de altura. Esta técnica promueve el desarrollo de nuevos brotes desde la base, reduciendo el volumen de hojas, y Además de disminuir las barreras secas para controlar el riesgo de incendios.
- Durante los meses del período de establecimiento, puede ser necesario cercar y cuidar el vetiver para protegerlo.

2.3. Definiciones Conceptuales.

- ✓ **Aguas pluviales:** Las aguas pluviales son aguas provenientes de las lluvias formadas meteorológicamente. (Duque Escobar G., 2016).
- ✓ **Análisis granulométrico:** Es la determinación cuantitativa de la distribución por tamaño de las partículas de los suelos. (NTP 339.128 & ASTM D422).
- ✓ **Ángulo de fricción interna:** El ángulo de fricción o rozamiento interno es el ángulo máximo de reposo posible de los materiales granulares. Es la resistencia al deslizamiento causado por las partículas de los materiales granulares. (Terzaghi & Peck, 1978).

- ✓ **Área vulnerable:** El área o zona vulnerable es aquella que se encuentra expuesta a eventos naturales que afectan el grado de resistencia ante un peligro o riesgo. (INDECI, 2001).
- ✓ **Bioingeniería:** La bioingeniería o ingeniería biológica, es una disciplina que aplica ciencias y métodos de ingeniería para estudiar aspectos de los organismos vivos. También considerada como una rama de la ingeniería que se ocupa de la aplicación tecnológica de los sistemas biológicos de organismos vivos o sus derivados. (Wikipedia, 2019)
- ✓ **Cabecera o Corona de Falla:** Es el material o suelo inalterado que se encuentra adyacentemente a la parte superior del escarpe principal. (Jaime Suarez Diaz, 1998).
- ✓ **Cima de falla:** Es el punto más entre el contacto del material deslizado y el escarpe principal. (Jaime Suarez Diaz, 1998).
- ✓ **Clasificación de suelos:** Es la clasificación de suelos de cualquier localización geográfica dentro de categorías que representan mediante la asignación de un nombre y símbolo. (NTP 339.134 & ASTM D2488).
- ✓ **Cohesión:** La cohesión es la acción cuando las partículas de un material se mantienen unidas entre si mediante fuerzas internas, estas fuerzas no requieren de la existencia de ninguna presión que la comprima, dependiendo del número de puntos de contacto que cada partícula tiene con otras. (Terzaghi & Peck, 1978).
- ✓ **Contenido de humedad:** El contenido de humedad o agua de un suelo es la relación que existe entre la cantidad porcentual de agua contenida en un material. (NTP 339.127 & ASTM D2216).
- ✓ **Corte directo:** Consiste en deslizar una porción de suelo con respecto a otra a lo largo de un plano de falla, mediante la acción de una fuerza de corte horizontal. (NTP 339.171 & ASTM D3080).

- ✓ **Erosión de suelos.** La erosión del suelo es la remoción y transporte, mediante la acción de factores externos, de las partículas superficiales del suelo. (Duque Escobar G., 2016).
- ✓ **Escarpe principal:** Es la superficie inclinada seguidamente debajo de la corona de falla, generado después del desplazamiento del material o suelo, considerado como parte y tramo inicial de la superficie de falla. (Jaime Suarez Diaz, 1998).
- ✓ **Escarpe secundario:** Es la superficie inclinada similar al escarpe principal, generada por debajo de esta, producida por el desplazamiento del material o suelo (Jaime Suarez Diaz, 1998).
- ✓ **Escorrentía superficial:** La escorrentía superficial son corrientes de agua formadas por las precipitaciones pluviales, generados cuando las aguas pluviales superan la capacidad de filtración del suelo. (Duque Escobar G., 2016).
- ✓ **Esquejes:** Los esquejes son fragmentos de una planta, por lo general tallos; separados con la finalidad de reproducir la planta. Son cortados en fragmentos de tallo e introducirlos en la tierra, para producir raíces y vástagos de una planta. (Wikipedia, 2019)
- ✓ **Estabilización:** Proceso físico o químico que se realiza para mejorar las condiciones mecánicas de un suelo, con un proceso controlado. (RNE CE.020).
- ✓ **Geoslope:** Es un programa o software de computadora, cuya función es la de realizar análisis de estabilidad de taludes de suelo y rocas. (GeoSlope International, 2019)
- ✓ **Geotecnia:** Es una rama de la geología aplicada que estudia la composición y propiedades de la zona más superficial de la corteza terrestre, para el asiento de todo tipo de construcciones y obras públicas. (Norma Español UNE 103-801-94).

- ✓ **Índice de plasticidad:** Es el rango de contenido de humedad cuando un suelo se comporta plásticamente. Es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. (NTP 339.127 & ASTM D2216).
- ✓ **Invernadero:** Es un espacio cerrado que se destina al cultivo de plantas y favorecer su desarrollo, para protegerlas del frío y la intemperie. Habitualmente se encuentra con una cubierta exterior de vidrio o de plástico, el cual permite el control de la temperatura, humedad, y otros factores ambientales. (Red internacional Vetiver, 2009).
- ✓ **Ladera:** Perfil natural que sigue un suelo en contacto con la superficie libre o atmosfera, no horizontal. (RNE. CE.020).
- ✓ **Límite líquido:** Es el contenido de humedad en porcentaje cuando el suelo está entre el límite del estado líquido y plástico. (NTP 339.127 & ASTM D2216).
- ✓ **Límite plástico:** Es el contenido de humedad en porcentaje cuando el suelo está entre el límite del estado plástico y semisólido. (NTP 339.127 & ASTM D2216).
- ✓ **Masa desplazada de una falla:** Es todo el material de suelo desplazado, que se encuentra sobre la superficie de rotura. (Jaime Suarez Diaz, 1998).
- ✓ **Peso específico:** Es la relación entre el peso en aire del volumen de un material a una temperatura indicada y el peso en aire de idéntico volumen de agua destilada a la misma temperatura. (NTP 339.131 & ASTM D854).
- ✓ **Pie del deslizamiento o base:** Es el área natural cubierta por el material deslizado, que se encuentra debajo del pie de la superficie de rotura (Jaime Suarez Diaz, 1998).
- ✓ **Pie de la superficie de rotura o falla:** Es la línea de interceptación entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno. (Jaime Suarez Diaz, 1998).

- ✓ **Talud:** Perfil conseguido tras una excavación o terraplenado no vertical con un ángulo horizontal. (RNE. CE.020).
- ✓ **Tejido vegetal:** Es el conjunto de células unidas de forma sólida y perdurable con el fin de formar grupos macizo o laminares; es decir es un grupo de células que se asemejan en referencia a su forma y función. Cada uno de estos tejidos se constituye por células eucariotas de naturaleza vegetal. (Wikipedia, 2019).
- ✓ **Software:** El software es el soporte lógico o sistema informático de una computadora, que comprende todo un conjunto de componentes lógicos necesarios para realizar tareas específicas. (Wikipedia, 2019)
- ✓ **Suelos:** Agregados naturales de partículas minerales granulares y cohesivas separables por medios mecánicos. (RNE. CE.020).
- ✓ **Superficie de rotura o falla:** Es el área inalterada que se encuentra debajo del deslizamiento que delimita el volumen del material. (Jaime Suarez Diaz, 1998).
- ✓ **Superficie original de ladera:** Es el área natural antes de originarse el movimiento del material o deslizamiento de suelos. (Jaime Suarez Diaz, 1998).
- ✓ **Yema lateral:** La yema lateral o axilar es el brote embrionario de una planta, localizado en la axila de una hoja. (Wikipedia, 2019).

2.4. Hipótesis.

2.4.1. Hipótesis General.

- ✓ **H_i:** La propuesta del sistema vetiver es una alternativa de control del deslizamiento de suelos en la parte alta del A.A.H.H. la Florida en la ciudad de Huánuco 2019.
- ✓ **H₀:** La propuesta del sistema vetiver no es una alternativa de control del deslizamiento de suelos en la parte alta del A.A.H.H. la Florida en la ciudad de Huánuco 2019.

2.4.2. Hipótesis Específicas.

- ✓ **H₁**: Se determina la inestabilidad del suelo mediante el factor de seguridad sin influencia de la propuesta del sistema vetiver como control de deslizamiento de suelos en la parte alta del A.A.H.H. la Florida en la ciudad de Huánuco 2019.
- ✓ **H₀**: No se determina la inestabilidad del suelo mediante el factor de seguridad sin influencia de la propuesta del sistema vetiver como control de deslizamiento de suelos en la parte alta del A.A.H.H. la Florida en la ciudad de Huánuco 2019.
- ✓ **H₂**: Se determina la estabilidad del suelo mediante el factor de seguridad con influencia de la propuesta del sistema vetiver como control de deslizamiento de suelos en la parte alta del A.A.H.H. la Florida en la ciudad de Huánuco 2019.
- ✓ **H₀**: No se determina la estabilidad del suelo mediante el factor de seguridad con la influencia de la propuesta del sistema vetiver como control de deslizamiento de suelos en la parte alta del A.A.H.H. la Florida en la ciudad de Huánuco 2019.

2.5. Variables.

2.5.1. Variable Independiente.

- ✓ Deslizamiento de suelos.

2.5.2. Variable Dependiente.

- ✓ Sistema Vetiver.

2.6. Operacionalización de Variables.

Tabla 7

Operacionalización de Variables de la investigación "Propuesta del Sistema Vetiver como Control de Deslizamiento de Suelos en la Parte alta del A.A.H.H. la Florida en la Ciudad de Huánuco – 2019.

Variables	Dimensiones	Técnicas e Instrumentos	Indicadores	Magnitudes
Variable Independiente: Deslizamiento de suelos.	Valores de los parámetros de resistencia, y sección de la pendiente del deslizamiento de suelos; para el análisis de estabilidad del suelo natural.	Levantamiento Topográfico: Estación total, Gps.	Coordenadas UTM	m
		Ensayo de peso específico: Balanza graduada, Picnómetro, termómetro.	Peso Especifico	kN/m3
		Ensayo de corte directo: Máquina de corte directo, balanza graduada, pesas.	Cohesión	kN/m2
		Análisis de Estabilidad de Taludes: Software GeoSlope v.2018 R2.	Angulo de Fricción interna	Grados (°)
Variable Dependiente: Sistema vetiver.	Valores de los parámetros de resistencia, y sección de la pendiente del deslizamiento de suelos; para el análisis de la estabilidad del suelo con el sistema vetiver.	Levantamiento Topográfico: Estación total, Gps.	Coordenadas UTM	m
		Ensayo de peso específico: Balanza graduada, Picnómetro, termómetro.	Peso Especifico	kN/m3
		Ensayo de corte directo: Máquina de corte directo, balanza graduada, pesas.	Cohesión	kN/m2
		Análisis de Estabilidad de Taludes: Software GeoSlope v.2018 R2.	Angulo de Fricción interna	Grados (°)
		Análisis de Estabilidad de Taludes: Software GeoSlope v.2018 R2.	Factor de Seguridad.	Adimensional

Fuente: Elaboración propia (2019).

Capítulo III

Metodología de la Investigación

3.1. Tipo de Investigación.

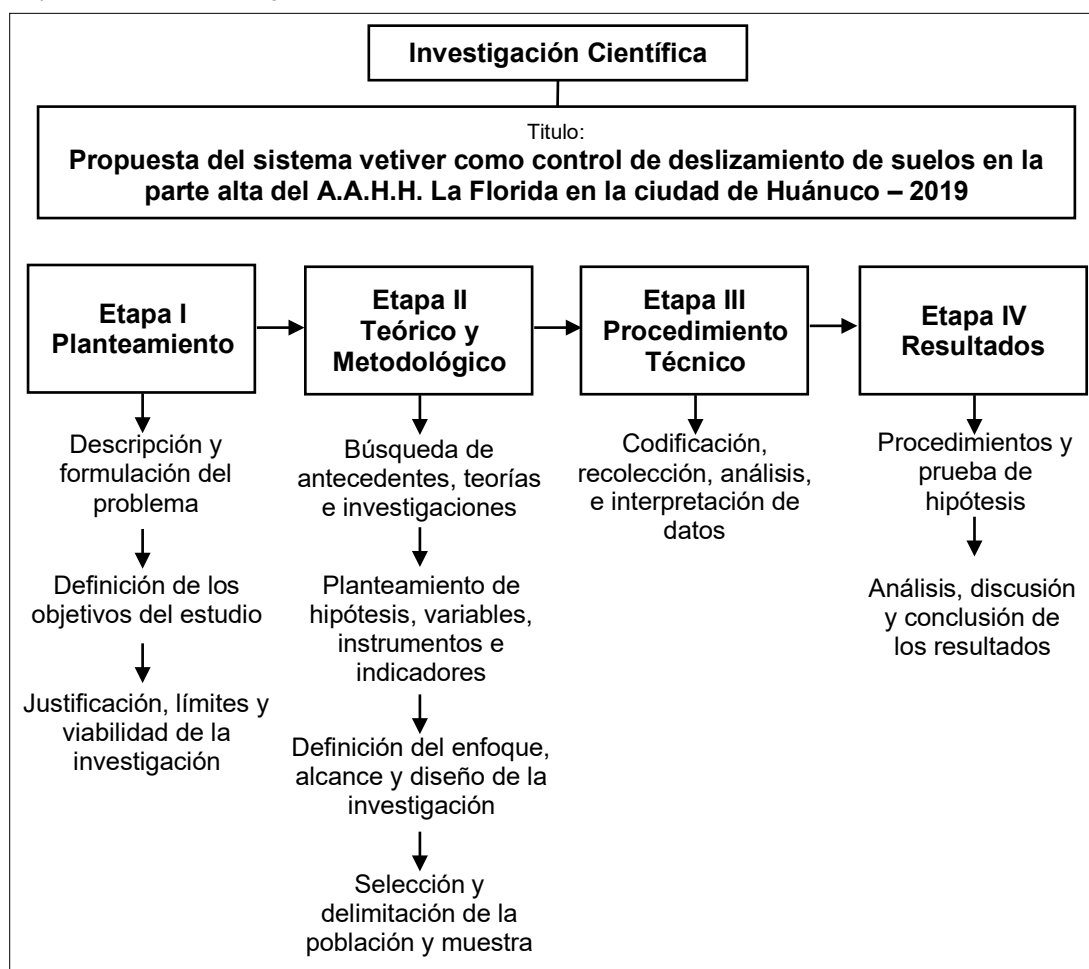
La investigación desarrollada se fundamenta en la metodología de la *investigación científica*; porque cuenta con un procedimiento riguroso, organizado, y cuidadosamente desarrollado (Hernández Sampieri et al, 2014).

La metodología aplicada es sistemática, empírica y crítica. Sistemática, porque se desarrolla mediante una disciplina sin dejar hechos a la casualidad. Empírica, porque recolecta y analiza datos. – Crítica, porque se evalúa y mejora constantemente (Fred N. Kerlinger, 2002).

La investigación se desarrolló en 4 etapas; el planteamiento, la teoría y metodología, el procedimiento técnico, y los resultados (ver Diagrama 1).

Diagrama 1

Etapas o fases de la Investigación científica desarrollada.



Fuente: Elaboración Propia (2019), adaptado de Carrasco Diaz S. (2005).

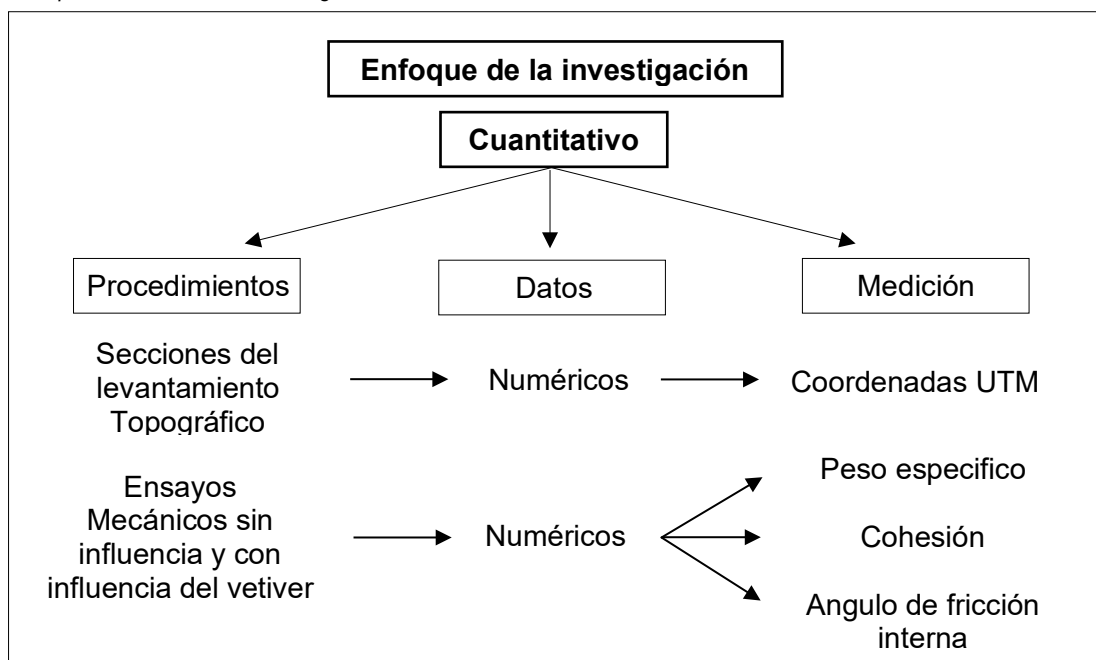
3.1.1. Enfoque.

La investigación desarrollada presenta un enfoque cuantitativo; porque recolecta y utiliza datos para realizar pruebas de hipótesis con base en la medición numérica (Hernández Sampieri et al, 2014).

Se recolectaron datos con valores numéricos mediante las secciones del levantamiento topográfico del área de investigación; y mediante los ensayos mecánicos sin influencia y con influencia del vetiver, en el laboratorio de suelos de la Universidad de Huánuco (ver Diagrama 2).

Diagrama 2

Enfoque cuantitativo de la investigación desarrollada.



Fuente: Elaboración Propia (2019), adaptado de Hernández Sampieri et al (2014).

3.1.2. Alcance.

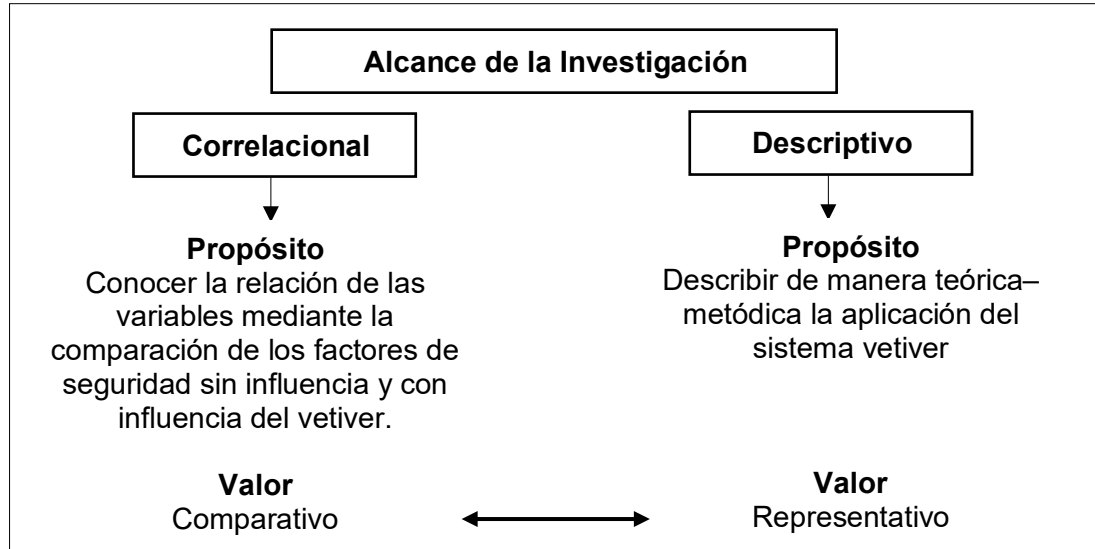
La investigación desarrollada presenta un alcance correlacional – descriptivo. Alcance Correlacional; con el propósito de conocer la relación que existe entre las variables, con valor comparativo al interpretar la relación de las variables. Alcance Descriptivo; con el propósito de especificar los procesos y objetos de las variables que son sometidas al análisis, con valor representativo al describir las variables (Hernández Sampieri et al, 2014).

Es decir, presenta alcance correlacional al comparar las variables para conocer la relación entre los factores de seguridad sin influencia y con influencia del sistema vetiver. Como también presenta un alcance descriptivo

al describir de manera teórica–metódica de como el sistema vetiver podría influenciar en el área de deslizamientos (ver Diagrama 3).

Diagrama 3

Alcance Correlacional – Descriptivo de la investigación desarrollada.



Fuente: Elaboración propia (2019), adaptado de Hernández Sampieri et al (2014).

3.1.3. Diseño.

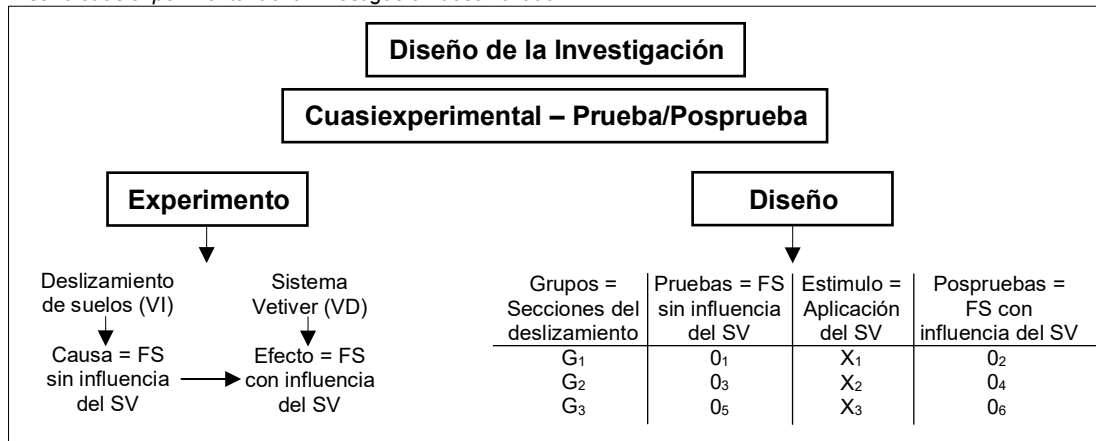
La investigación desarrollada presenta diseño experimental del tipo cuasiexperimento, cuyo propósito se orienta en la manipulación deliberada de la variable independiente, para observar las consecuencias de la manipulación intencional sobre la variable dependiente; donde las muestras no se asignan al azar a los grupos de control ni tampoco se emparejan. (Hernández Sampieri et al, 2014).

Es decir; el deslizamiento de suelos (VI) se manipula deliberadamente con las muestras preparadas con la planta vetiver en el laboratorio de suelos, para determinar los efectos posibles al aplicar el sistema vetiver (VD) mediante el software Geoslope.

Donde se presentan grupos de control (G) que son las secciones trazadas del deslizamiento de suelos, con la cual se realiza una medición previa (prueba 0_i) que son los factores de seguridad sin la influencia del sistema vetiver; para que después de aplicar un estímulo (X) que es el sistema vetiver, se realiza una medición posterior (posprueba 0_{i+1}) que es el factor de seguridad con la influencia del sistema vetiver. (ver Diagrama 4)

Diagrama 4

Diseño cuasiexperimental de la investigación desarrollada.



Fuente: Elaboración propia (2019), adaptado de Hernández Sampieri et al (2014).

3.2. Población y Muestra.

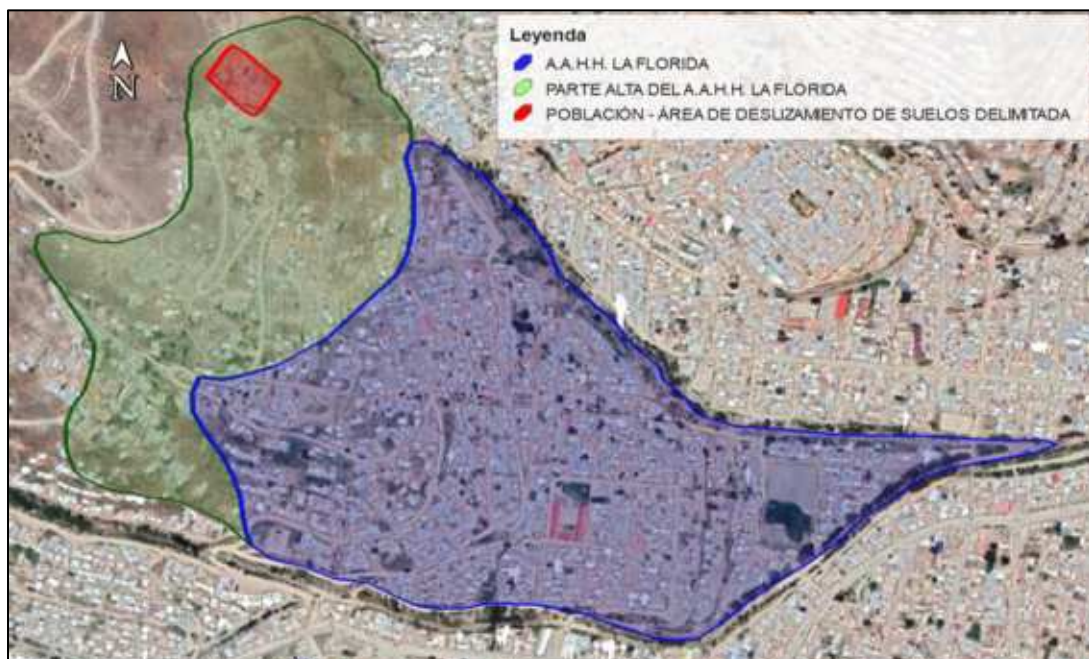
3.2.1. Población.

La población de una investigación es un conjunto de casos que concuerdan con determinadas especificaciones, sobre la cual se pretende generalizar los resultados. (Hernández Sampieri et al, 2014)

La investigación presenta como población, un área de deslizamiento de suelos delimitada con 3,576.52 m², ubicada en la parte alta del A.A.H.H. La Florida al lado norte del margen de la ciudad de Huánuco. (ver Figura 25)

Figura 25

Área de deslizamiento de suelos definida como población de la investigación desarrollada.



Fuente: Elaboración Propia (2019), procesado con el software Google Earth Pro v.2019.

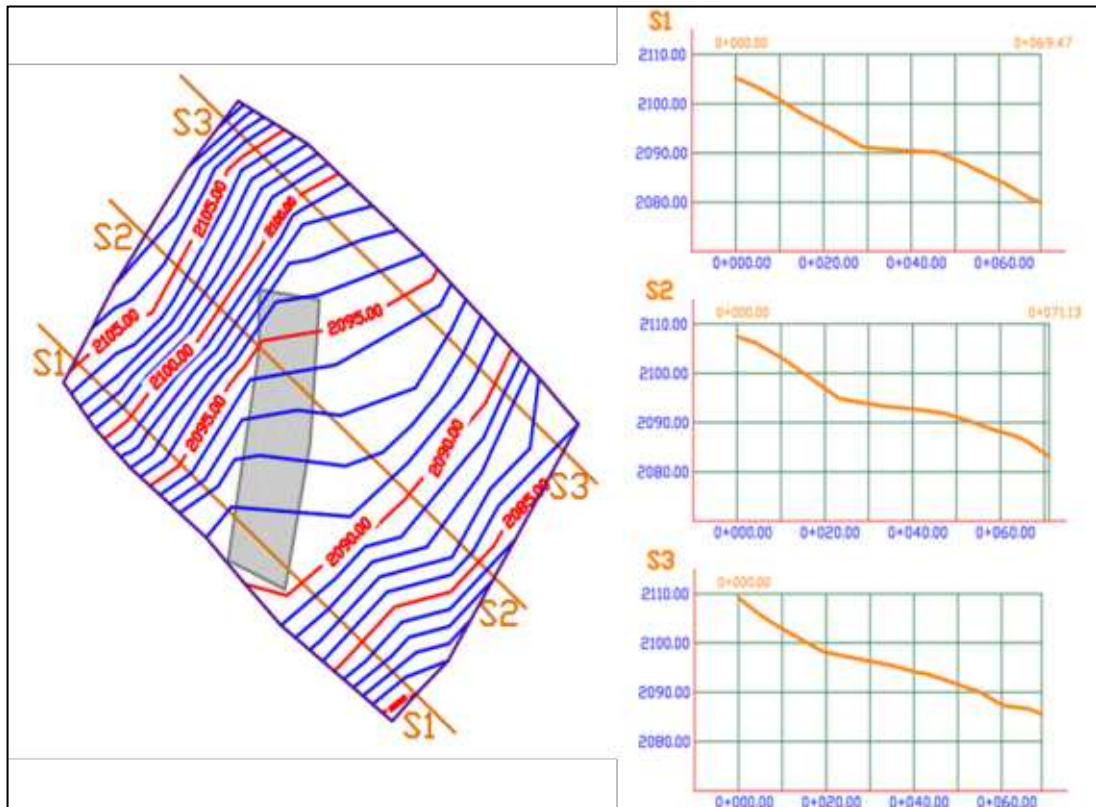
3.2.2. Muestra.

La muestra es un subgrupo de la población de la cual se recolectan datos representativos; básicamente la muestra se caracteriza en 2 tipos, muestras probabilísticas y muestras no probabilísticas. En la muestra no probabilística o dirigida, la elección no depende de la probabilidad, depende del criterio o los propósitos del investigador, con un procedimiento que no es mecánico, que a su vez no se basa en fórmulas de probabilidad (Hernández Sampieri et al, 2014)

La investigación presenta como muestra, 3 secciones del área de deslizamiento de suelos delimitada (ver Figura 26), *requeridas junto con los parámetros de resistencia para obtener un total de 15 factores de seguridad (5 en cada sección); los cuales se obtienen mediante el software GeoSlope v.2018 R2. Software que realiza el análisis de estabilidad y cálculo del factor de seguridad con los métodos ordinario, Janbu, Spencer, Morgenstern & Price, y Sarma.*

Figura 26

Secciones del área de deslizamiento de suelos definida como muestra de la investigación desarrollada.



Fuente: Elaboración Propia (2019), procesado con el software AutoCad Civil 3D v.2019.

Para conocer los parámetros de resistencia de las secciones requeridas, se toman muestras de suelo de un punto de exploración del área de deslizamiento según el RNE la norma E.050 – artículo 15; reglamento en donde especifica que para habilitaciones urbanas es necesario 3 puntos de exploración por cada 10,000 m² de área de suelo, y por ende se puede considerar 1 punto de exploración por un tercio del área.

Además, considerando como referencia y antecedente el proyecto ejecutado por el INDECI, “Mapa de Peligros, Plan de Usos del Suelo ante Desastres y Medidas de Mitigación de la Ciudad de Huánuco”; en donde se realizó la exploración geotécnica mediante la excavación de 15 calicatas con una separación mínima de 1 a 2 km entre calicatas, con la finalidad de conocer las propiedades de manera generalizadas. Objetivo similar a la presente investigación en la cual se requiere conocer los parámetros de resistencia de las secciones de suelo de forma generalizada; con la única finalidad de realizar una propuesta sin considerar ningún tipo de edificación u obra de concreto.

3.3. Técnicas e Instrumento de Recolección de Datos.

3.3.1. Para la Recolección de Datos.

La recolección de los datos se realizó con las técnicas de observación no experimental y observación experimental, mediante un levantamiento topográfico y ensayos mecánicos de suelos.

3.3.1.1. Observación No Experimental Mediante Levantamiento Topográfico. Hernández Sampieri et al (2014). Define que la observación no experimental es una técnica de recolección que se realiza mediante un procedimiento definido, en la cual no se manipula la variable, y el investigador actúa solo como observador.

Se realizó un levantamiento topográfico del área de deslizamiento de suelos delimitada (ver Fotografía 1). Para el levantamiento topográfico se utilizaron los instrumentos respectivos como un GPS y una Estación Total, y posteriormente se digitalizó la superficie para trazar las secciones requeridas en la superficie mediante el Software AutoCad Civil 3D.

Fotografía 1

Levantamiento topográfico del área de deslizamientos.



Fuente: Elaboración Propia (2019), en el área de investigación.

Los instrumentos utilizados son válidos y confiables porque son avalados por la empresa ICONSEM, dedicada al servicio de topografía, ya que cuentan con los respectivos certificados de calibración de sus instrumentos topográficos (ver Anexo 5); y además que el levantamiento de datos se desarrolló mediante la Norma Técnica Peruana Geodésica 2015.

A. Área de Exploración. Se utilizó un GPS Manual (Garmin – GPSMap 62SC) para marcar la ubicación del área de investigación (ver Tabla 8)

Tabla 8

Coordenadas del punto de ubicación del área de investigación.

Coordenadas Geográficas				
Latitud		Longitud		Elevación
- 9.912513°		- 76.245183°		2092.800 msnm
Coordenadas UTM				
Zona	Banda	Este	Norte	Elevación
18	L	363487.000 m E	8904005.000 m S	2092.800 msnm

Fuente: Elaboración Propia (2019).

B. Levantamiento Topográfico. Luego de la toma de las coordenadas, se procede a instalar la Estación Total (Topcon ES-105); y mediante los cambios de estación se procede a levantar los puntos topográficos. Se registraron 36 puntos topográficos en 4 horas de trabajo de campo con 8 cambio de estación (ver Tabla 9).

Tabla 9*Puntos topográficos del área delimitada.*

P	E (m)	N (m)	Z (msnm)
1	363474.4663	8904048.9152	2109.500
2	363466.6689	8904039.8063	2108.000
3	363455.4415	8904023.7209	2107.000
4	363447.6529	8904010.3813	2104.500
5	363451.3160	8904005.6138	2102.000
6	363461.2685	8904019.9827	2105.000
7	363474.9608	8904039.4558	2104.000
8	363485.1281	8904043.0327	2103.000
9	363495.1066	8904034.5825	2098.000
10	363484.3644	8904032.0158	2098.000
11	363477.7622	8904028.6077	2100.000
12	363458.219	8904002.1275	2098.500
13	363457.9184	8903998.6996	2097.000
14	363469.5469	8903989.1682	2091.000
15	363472.9872	8903995.4690	2091.500
16	363467.3227	8903998.023	2094.000
17	363476.4848	8904011.863	2094.500
18	363489.4345	8904012.811	9094.000
19	363502.9415	8904027.9577	2096.000
20	363505.4525	8904020.9768	2094.000
21	363511.7635	8904019.5063	2092.000
22	363501.6469	8904009.6547	2093.000
23	363491.6668	8903992.046	2091.000
24	363475.5063	8903982.8034	2090.000
25	363481.0394	8903977.1540	2089.000
26	363499.4624	8903989.255	2089.000
27	363512.369	8904007.5346	2090.000
28	363520.6256	8904011.0166	2087.000
29	363526.6652	8904004.7077	2086.000
30	363511.8396	8903998.1091	2088.000
31	363516.9588	8903988.8727	2084.000
32	363507.2581	8903986.464	2087.000
33	363497.3022	8903981.7214	2086.000
34	363501.8106	8903973.4617	2082.000
35	363506.6472	8903972.2856	2081.000
36	363498.0829	8903964.05	2079.500

Fuente: Elaboración propia (2019).

C. Digitalización del Área Delimitada. Mediante el uso del software AutoCAD Civil 3D, se importaron los puntos topográficos levantados. Posteriormente se procedió a calcular las curvas de nivel y triangulación de puntos. Finalmente se trazaron 3 secciones de la pendiente topográfica del área de deslizamiento de suelos según el muestreo no probabilístico.

3.3.1.2. Observación Experimental Mediante Ensayos Mecánicos de Suelos. Hernández Sampieri et al (2014). Define que la observación experimental es una técnica de recolección de datos mediante la cual se recolectan datos en condiciones relativamente controladas por el investigador, para de esta manera manipular la variable.

Se recolectaron los datos de las propiedades mecánicas del suelo sin la influencia del vetiver y del suelo con la influencia del vetiver, mediante ensayos mecánicos con sus respectivos instrumentos.

Los instrumentos utilizados son válidos y confiables porque son de uso exclusivo del laboratorio de suelos de la Universidad de Huánuco (ver Anexo 6); los cuales se encuentran en óptimas condiciones con sus respectivas certificaciones de calibración y especificaciones técnicas. Además, que todo procedimiento se realizó mediante las normas ASTM y NTP.

3.3.1.2.1. Ensayos Mecánicos del Suelo Sin Influencia del Vetiver. Se realizaron los ensayos mecánicos respectivos con las muestras de suelo sin la influencia de la planta vetiver.

A. Exploración de muestras. El procedimiento de la exploración y obtención de muestras se realizó según las normas ASTM D420 y la NTP 339.162; mediante una calicata C1 de 1.20 m x 1.00 m de lado y 2.00 m de profundidad, de la cual se extrajeron muestras alteradas. También se realizó la exploración y obtención de muestras de un talud, del cual se extrajeron muestras inalteradas. (ver Fotografía 2)

Fotografía 2

Toma de muestras alteradas e inalteradas del área de deslizamientos.



Fuente: Elaboración Propia (2019), en el área de investigación.

En el proceso de exploración y obtención de muestras se observó la presencia de 2 estratos tanto en la calicata como en el talud, la cual se define mediante la estratigrafía del suelo del área explorada (ver Fotografía 3)

Fotografía 3

Estratigrafía de suelos del área de exploración de muestras.



Fuente: Elaboración propia (2019), en el área de investigación

B. Clasificación de Suelos. Para determinar la clasificación de los estratos E1 y E2, se realizaron los ensayos de análisis granulométrico según la norma ASTM D422, y NTP 339.128, los ensayos de plasticidad según las

normas ASTM D4318 y NTP 339.129, y los ensayos de contenido de humedad según las normas ASTM D2216 – D4643 y NTP 339.127. Para finalmente conocer y clasificar los estratos E1 y E2, según las normas ASTM D2487 – D3282 y NTP 339.134. (ver Fotografía 4)

Fotografía 4

Ensayos para la clasificación de suelos del área de deslizamiento.



Fuente: Elaboración Propia (2019), en el laboratorio de suelo de la UDH.

Se obtuvo como resultados mediante la clasificación SUCS, que los estratos E1 y E2 son semejantes, del tipo arena pobremente graduada con grava. (ver Anexo 8 – Ensayos 1 al 8)

C. Ensayo de Peso Específico. Al determinar que los estratos E1 y E2 son semejantes, y además como el estrato E2 es predominante al estrato E1 según la estratigrafía del suelo; se realizó el ensayo para determinar el peso específico solo con las muestras inalteradas del estrato E2.

El procedimiento del ensayo de peso específico se realizó según las normas ASTM D854 y NTP 339.131; con los instrumentos respectivos, una Fiola Graduada, un Termómetro, y una Balanza Calibrada. (ver Fotografía 5).

Fotografía 5

Ensayo de peso específico sin influencia del vetiver.



Fuente: Elaboración Propia (2019), en el laboratorio de suelo de la UDH.

Se obtuvo como resultado que el estrato E2 presenta un peso específico con un valor de 26.04258205 kN/m³. (ver Anexo 8 – Ensayo 9)

D. Ensayo de Corte Directo. En el área de deslizamiento se presenta un contenido de humedad que no actúa como un elemento que genere esfuerzo o resistencia ante el deslizamiento, además que en la exploración de muestras no se observó ningún tipo de saturación y/o nivel freático; según estos precedentes se realizó el ensayo de corte directo drenado (CD).

El procedimiento del ensayo de corte directo se realizó según las normas ASTM D3080 y NTP 339.171; con los instrumentos respectivos, una máquina de Corte Directo, una Balanza Calibrada, y pesas. (ver Fotografía 6)

Fotografía 6

Ensayo del corte directo sin influencia del vetiver.



Fuente: Elaboración Propia (2019), en el laboratorio de suelo de la UDH.

Se obtuvo como resultados que el estrato E2 presenta una cohesión con un valor de 20.38507 kPa y un ángulo de fricción con un valor de 12.792131°. (ver Anexo 8 – Ensayo 11)

3.3.1.2.2. Ensayos Mecánicos de Suelos Con Influencia del Vetiver.

Se realizaron los ensayos mecánicos respectivos con las muestras de suelo con la influencia de la planta vetiver.

A. Exploración de muestras. Al no realizarse la siembra de la planta vetiver en el área de deslizamiento, se opta por preparar muestras de suelo con influencia del vetiver para los ensayos de peso específico y corte directo; con las muestras extraídas de la calicata C1, mezcladas con las raíces de una planta vetiver crecida en un invernadero de 45 meses aproximadamente.

B. Clasificación de Suelos. Se contempla la misma clasificación SUCS, del suelo tipo arena pobremente graduada con grava; ya que solo es necesario como referencia una vez determinado el tipo de suelo inicial.

C. Ensayo de Peso Específico. Se realizó el ensayo del peso específico mediante una muestra preparada, con la mezcla de la muestra inalterada del estrato E2 y las raíces de la planta vetiver de 45 meses de edad.

El procedimiento del ensayo de peso específico se realizó según las normas ASTM D854 y NTP 339.131; con los instrumentos respectivos, una Fiola Graduada, un Termómetro, y una Balanza Calibrada. (ver Fotografía 7).

Fotografía 7

Ensayo de peso específico con influencia del vetiver.



Fuente: Elaboración Propia (2019), en el laboratorio de suelo de la UDH.

Se obtuvo como resultado que el estrato E2 con las raíces del vetiver presentan un incremento en el peso específico con un valor de 26.5369099 kN/m³. (ver Anexo 8 – Ensayo 10)

D. Ensayo del Corte Directo. Se realizó el ensayo del corte directo mediante una muestra preparada, con la mezcla de la muestra inalterada del estrato E2 y las raíces de la planta vetiver de 45 meses de edad. Se consideraron las mismas condiciones por la cual se realizó el ensayo de corte directo CD.

El procedimiento del ensayo de corte directo se realizó según las normas ASTM D3080 y NTP 339.171; con los instrumentos respectivos, una máquina de Corte Directo y una Balanza Calibrada. (ver Fotografía 8)

Fotografía 8

Ensayo del corte directo con influencia del vetiver.



Fuente: Elaboración Propia (2019), en el laboratorio de suelo de la UDH.

Se obtuvo como resultados que el estrato E2 con las raíces del vetiver presentan un incremento en la cohesión con un valor de 55.55431 kPa, y un incremento en el ángulo de fricción con un valor de 32.401662°. (ver Anexo 8 – Ensayo 12)

3.3.2. Para la Presentación de Datos.

Hernández Sampieri et al (2014). Afirma que la presentación de datos consiste en mostrar la información clara y concisa; siendo necesario que los datos se encuentren organizados de manera que se permita la asimilación y presentación de una forma simple.

Manuel Borja Suarez (2012). Afirma que los proyectos de investigación de ingeniería, deben de plasmar los datos observados en formatos adecuados, ya sea para estudio de suelos, levantamientos topográficos, estudio de tráfico, diseño de mezclas, etc.

3.3.2.1. Presentación de los Datos de las Secciones Trazadas del Levantamiento Topográfico. Se presentan los datos obtenidos de las 3 secciones trazadas S1, S2, S3, mostradas en la Figura 26, mediante tablas detalladas en donde se muestran los registros de los puntos topográficos en formato de coordenadas UTM.

Tabla 10*Puntos topográficos la sección S1 trazada en el área delimitada.*

P	E (m)	N (m)	Z (msnm)
37	363449.4254	8904013.4170	2105.258
38	363453.3325	8904010.0019	2103.233
39	363456.9945	8904006.8012	2100.812
40	363460.7800	8904003.4925	2097.897
41	363466.7339	8903998.2884	2094.291
42	363471.0904	8903994.4806	2091.283
43	363473.6243	8903992.2658	2090.897
44	363480.9127	8903985.8954	2090.335
45	363483.8496	8903983.3283	2090.194
46	363488.3333	8903979.4094	2088.004
47	363491.7704	8903976.4052	2086.000
48	363496.1666	8903972.5627	2083.437
49	363499.8708	8903969.3250	2080.773
50	363501.7315	8903967.6987	2079.974

*Fuente: Elaboración propia (2019).***Tabla 11***Puntos topográficos la sección S2 trazada en el área delimitada.*

P	E (m)	N (m)	Z (msnm)
51	363460.2104	8904030.5532	2107.425
52	363463.3909	8904027.7733	2016.179
53	363468.1731	8904023.5933	2102.907
54	363477.7861	8904015.1911	2094.828
55	363481.1989	8904012.2081	2094.127
56	363485.3892	8904008.5456	2093.311
57	363490.3601	8904004.2008	2092.756
58	363495.8407	8903999.4104	2091.836
59	363500.1469	8903995.6466	2090.253
60	363503.8602	8903992.4010	2088.645
61	363508.1267	8903988.6718	2087.190
62	363509.9017	8903987.1204	2086.182
63	363513.7684	8903983.7407	2083.072

*Fuente: Elaboración propia (2019).***Tabla 12***Puntos topográficos la sección S3 trazada en el área delimitada.*

P	E (m)	N (m)	Z (msnm)
64	363472.3806	8904046.4787	2109.221
65	363475.3772	8904043.8595	2106.342

66	363478.0857	8904041.4921	2104.135
67	363486.8322	8904033.8472	2098.292
68	363498.8368	8904023.3546	2095.392
69	363502.9922	8904019.7225	2094.000
70	363504.5680	8904018.3452	2093.768
71	363513.8396	8904010.2413	2090.000
72	363517.7634	8904006.8117	2087.326
73	363522.3619	8904002.7924	2086.581
74	363524.3995	8904001.0114	2085.553

Fuente: Elaboración propia (2019).

3.3.2.2. Presentación De Datos De Los Ensayos Mecánicos Del Suelo Sin Influencia Y Con Influencia Del Vetiver. Se presentan los datos obtenidos de los ensayos mecánicos sin influencia y con influencia del vetiver, mediante tablas con formatos establecidos según el tipo de ensayo, en donde se muestran los registros según la secuencia de los procedimientos de los ensayos.

Tabla 13

Resultados del ensayo de peso específico del estrato E2.

Tesis:	Propuesta del Sistema Vetiver como Control de Deslizamiento de Suelos en la Parte Alta del A.A.H.H. la Florida en la Ciudad de Huánuco – 2019.	
Fecha:	noviembre 2019	Ensayo: peso específico
		Estrato: E2
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	DATO
CÁLCULO DE LA DENSIDAD DEL SUELO		
1	Masa del suelo natural húmedo (gr)	100.0
2	Masa de fiola de 500 ml (gr)	142.5
3	Masa de la fiola de 500 ml + agua (gr)	639.0
4	Masa del agua (gr)	496.5
5	Masa de la fiola de 500 ml + agua mezclada con el suelo (gr)	701.6
6	Masa del agua mezclado con el suelo (gr)	559.1
7	Temperatura de agua destilada (°C)	27.4
8	Densidad del agua a una temperatura determinada (gr/cm ³)	0.99641
9	Densidad del suelo natural (gr/cm ³)	2.664197861
CÁLCULO DEL PESO ESPECÍFICO DEL SUELO		
10	Densidad del suelo natural (kg/m ³)	2664.197861
11	Gravedad en el área de investigación (m/seg ²)	9.775018
12	Peso específico de la muestra de suelo (kN/m³)	26.042582

Fuente: Elaboración Propia (2019), adaptado del formato de laboratorio de suelos de la UDH (2019).

Tabla 14

Resultados del ensayo de corte directo del estrato E2.

Tesis:	Propuesta del Sistema Vetiver como Control de Deslizamiento de Suelos en la Parte Alta del A.A.H.H. la Florida en la Ciudad de Huánuco – 2019.			
Fecha:	noviembre 2019	Ensayo:	corte directo	Estrato: E2
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS				
1	Lado (cm)	6.00	6.00	6.00
2	Altura (cm)	1.90	1.90	1.90
3	Área (cm ²)	36.00	36.00	36.00
4	Volumen (cm ³)	68.40	68.40	68.40
CONSOLIDACIÓN				
5	Masa aplicada (kg)	1.00	2.00	4.00
6	Velocidad de corte requerido (mm/min)	0.371	0.455	0.560
CORTE				
7	Esfuerzo Cortante Máximo (kPa)	28.71913	34.27934	50.32172
8	Esfuerzo Normal (kPa)	33.65421	65.76465	130.33357
PARÁMETROS RESULTANTES				
9	Angulo de Fricción Interna (°)	12.792131		
10	Cohesión (kPa)	20.38507		

Fuente: Elaboración Propia (2019), adaptado del formato de laboratorio de suelos de la UDH (2019).

Tabla 15

Resultados del ensayo de peso específico del estrato E2 + raíces vetiver.

Tesis:	Propuesta del Sistema Vetiver como Control de Deslizamiento de Suelos en la Parte Alta del A.A.H.H. la Florida en la Ciudad de Huánuco – 2019.	
Fecha:	noviembre 2019	Ensayo: peso específico
		Estrato: E2 + raíces vetiver
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	DATO
CÁLCULO DE LA DENSIDAD DEL SUELO		
1	Masa del suelo natural húmedo (gr)	100.0
2	Masa de fiola de 500 ml (gr)	142.5
3	Masa de la fiola de 500 ml + agua (gr)	639.0
4	Masa del agua (gr)	496.5
5	Masa de la fiola de 500 ml + agua mezclada con el suelo (gr)	702.3
6	Masa del agua mezclado con el suelo (gr)	559.8
7	Temperatura de agua destilada (°C)	27.8
8	Densidad del agua a una temperatura determinada (gr/cm ³)	0.99632
9	Densidad del suelo natural (gr/cm ³)	2.714768392
CÁLCULO DEL PESO ESPECÍFICO DEL SUELO		
10	Densidad del suelo natural (kg/m ³)	2714.768392
11	Gravedad en el área de investigación (m/seg ²)	9.775018
12	Peso específico de la muestra de suelo (kN/m³)	26.536910

Fuente: Elaboración Propia (2019), adaptado del formato de laboratorio de suelos de la UDH (2019).

Tabla 16

Resultados del ensayo de corte directo del estrato E2 + raíces vetiver.

Tesis:	Propuesta del Sistema Vetiver como Control de Deslizamiento de Suelos en la Parte Alta del A.A.H.H. la Florida en la Ciudad de Huánuco – 2019.			
Fecha:	noviembre 2019	Ensayo:	corte directo	
		Estrato:	E2 + raíces vetiver	
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3
CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS				
1	Lado (cm)	6.00	6.00	6.00
2	Altura (cm)	1.90	1.90	1.90
3	Área (cm ²)	36.00	36.00	36.00
4	Volumen (cm ³)	68.40	68.40	68.40
CONSOLIDACIÓN				
5	Masa aplicada (kg)	1.00	2.00	4.00
6	Velocidad de corte requerido (mm/min)	0.418	0.512	0.664
CORTE				
7	Esfuerzo Cortante Máximo (kPa)	76.10843	98.78466	139.89290
8	Esfuerzo Normal (kPa)	33.34115	66.68229	133.36459
PARÁMETROS RESULTANTES				
9	Angulo de Fricción Interna (°)		32.401662	
10	Cohesión (kPa)		55.55431	

Fuente: Elaboración Propia (2019), adaptado del formato de laboratorio de suelos de la UDH (2019).

3.3.3. Para el Análisis e Interpretación de Datos.

Al analizar datos cuantitativos se debe recordar dos aspectos; el primero aspecto es que los datos son representaciones de la realidad, y el segundo es que los valores numéricos siempre se interpretan según su contexto. (Hernández Sampieri et al, 2014).

Inicialmente se realiza el análisis e interpretación del deslizamiento de suelos, con los parámetros de resistencia sin influencia del sistema vetiver, en las secciones trazadas S1, S2, S3, en el área de investigación. Posteriormente se realiza el análisis e interpretación de la estabilización de suelos, con los parámetros de resistencia con influencia del sistema vetiver, en las mismas secciones trazadas en el área de investigación. Todo este procedimiento mediante el software GeoSlope v.2018R2., el cual calcula el factor de seguridad con los métodos de análisis de estabilidad planteados: el método ordinario, el método Janbu, el método Spencer, el método Morgenstern & Price, y el método Sarma.

Capítulo IV

Resultados

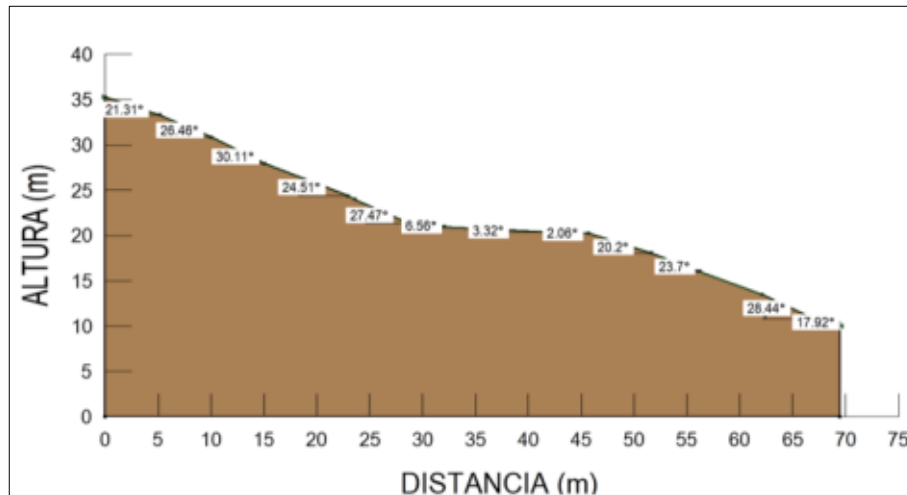
4.1. Procesamiento de Datos.

4.1.1. Análisis de Estabilidad de las Secciones del Área Delimitada Sin la Influencia del Sistema Vetiver.

– En las **Figuras 27 – 32** se describe la pendiente y los factores de seguridad obtenidos con los parámetros de resistencia del suelo sin influencia del sistema vetiver en la sección trazada S1 mostrada en la Figura 26. Mediante los métodos Ordinario, Janbu, Spencer, Morgenstern & Price, y Sarma.

Figura 27

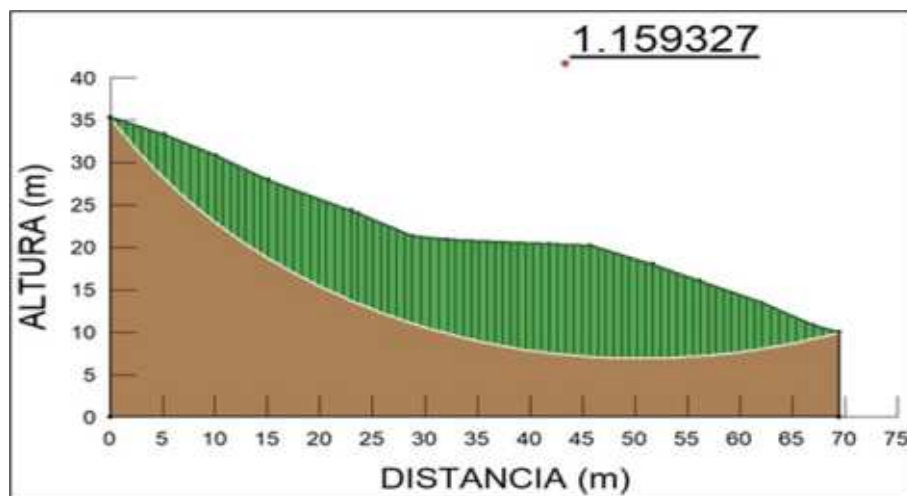
Diseño y pendientes de la Sección S1 sin influencia del sistema vetiver.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 28

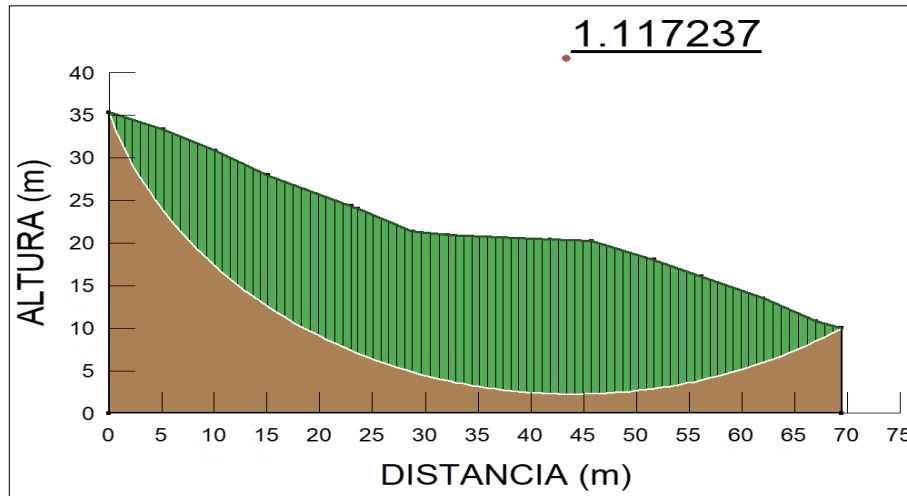
FS sin influencia del sistema vetiver de la Sección S1 según el Método Ordinario



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 29

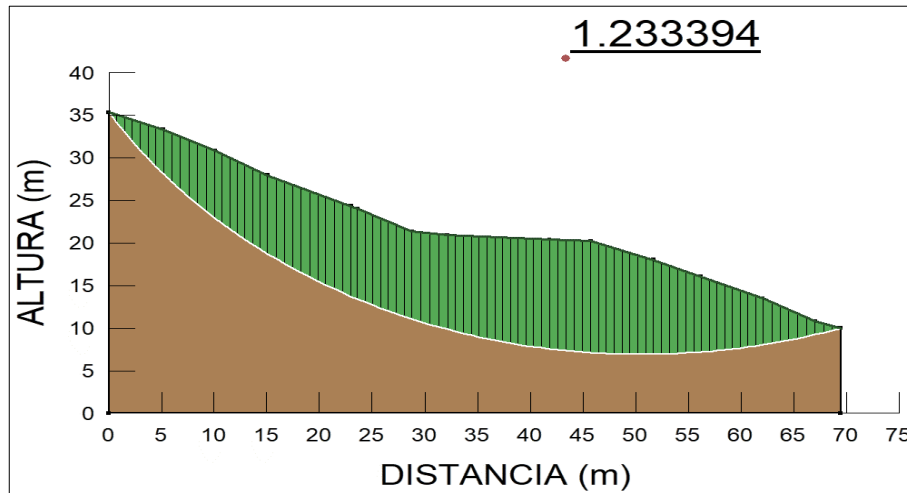
FS sin influencia del sistema vetiver de la Sección S1 según el Método Janbu.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 30

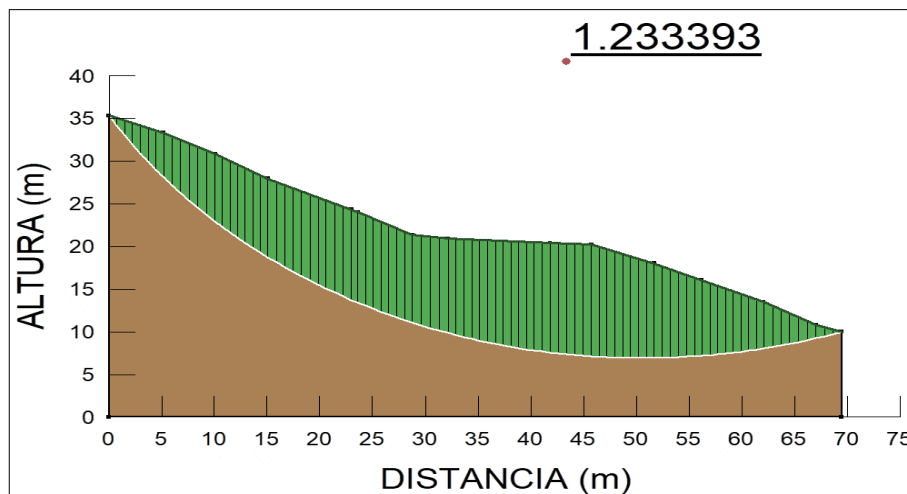
FS sin influencia del sistema vetiver de la Sección S1 según el Método Spencer.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 31

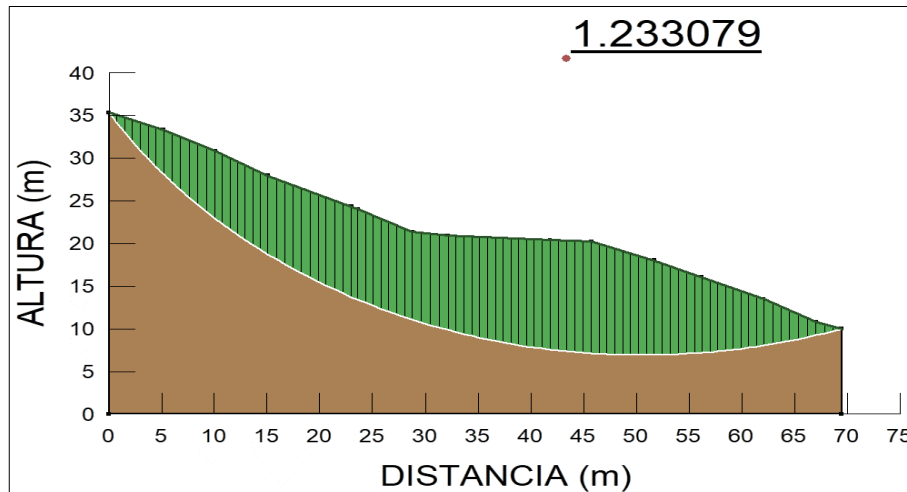
FS sin influencia del sistema vetiver de la Sección S1 según el Método Morgenstern & Price.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 32

FS sin influencia del sistema vetiver de la Sección S1 según el Método Sarma.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Interpretación:

En las figuras se muestra el suelo sin influencia del sistema vetiver, con una pendiente que varía desde los 2.06° hasta 30.11° según la dirección y sentido de la sección S1; en donde se define la masa que podría desplazarse sobre la superficie de rotura curva.

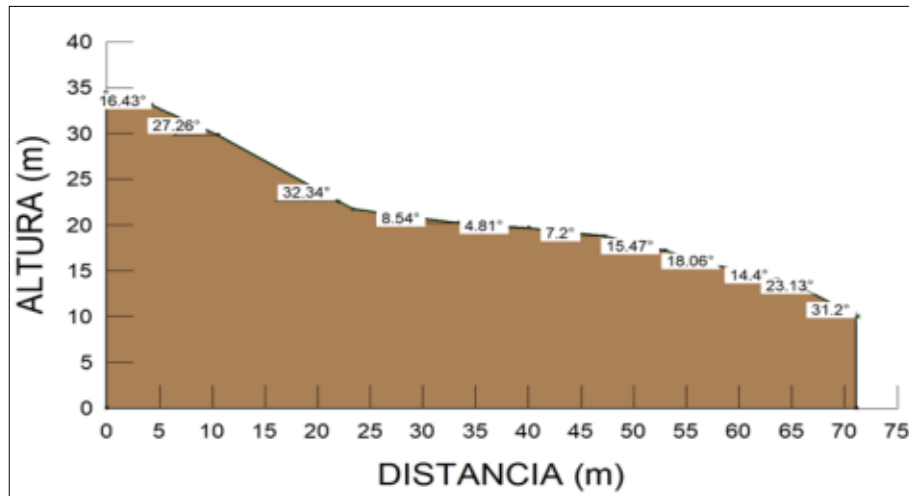
La masa a desplazarse se divide en 90 rebanadas, con alturas máximas o profundidades máximas de rotura entre 11 a 18 m aproximadamente, para su análisis y cálculo con los métodos respectivos.

Se determina un factor de seguridad de 1.159327 según el método Ordinario; un factor de seguridad de 1.117237 según el método Janbu; un factor de seguridad de 1.233394 según el método Spencer; un factor de seguridad de 1.233393 según el método Morgenstern & Price; y un factor de seguridad de 1.233079 según el método Sarma.

– En las **Figuras 33 – 38** se describe la pendiente y los factores de seguridad obtenidos con los parámetros de resistencia del suelo sin influencia del sistema vetiver en la sección trazada S2 mostrada en la Figura 26. Mediante los métodos Ordinario, Janbu, Spencer, Morgenstern & Price, y Sarma.

Figura 33

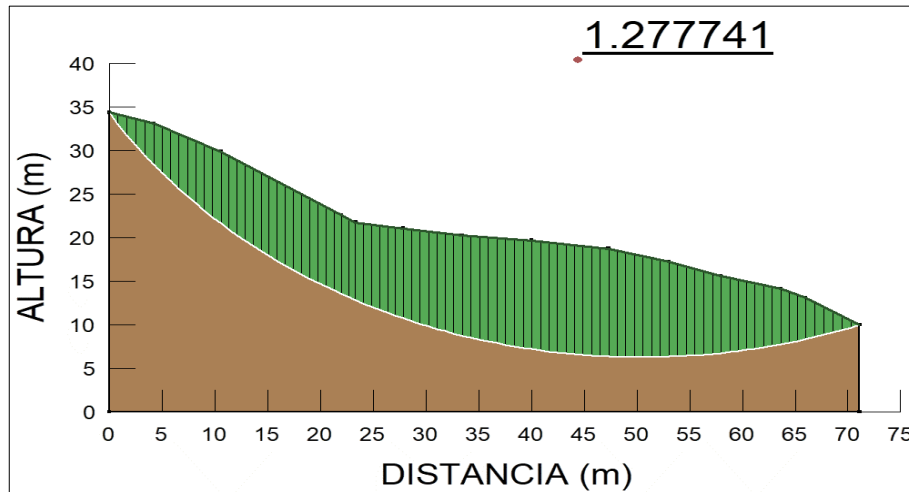
Diseño y pendientes de la Sección S2 sin influencia del sistema vetiver.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 34

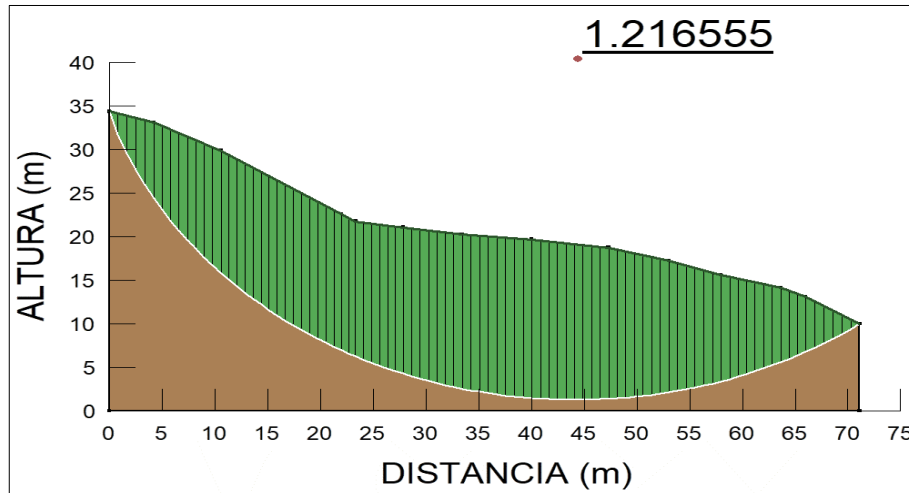
FS sin influencia del sistema vetiver de la Sección S2 según el Método Ordinario.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 35

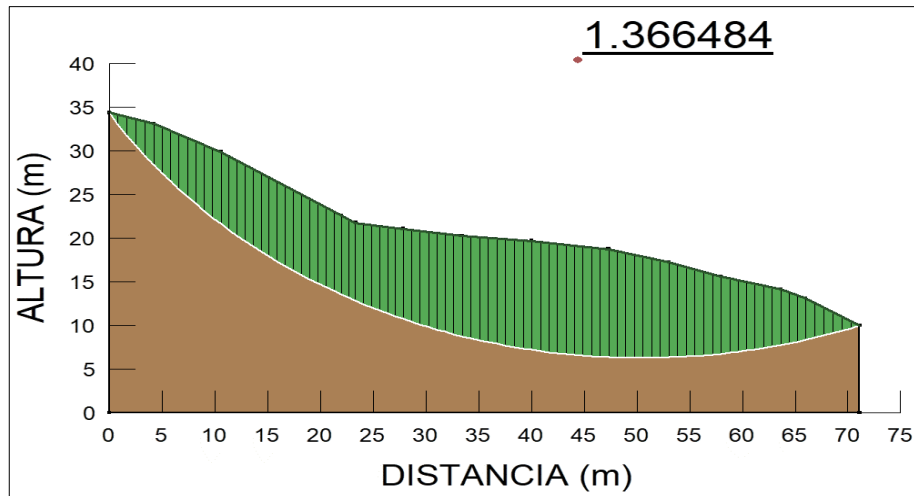
FS sin influencia del sistema vetiver de la Sección S2 según el Método Janbu.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 36

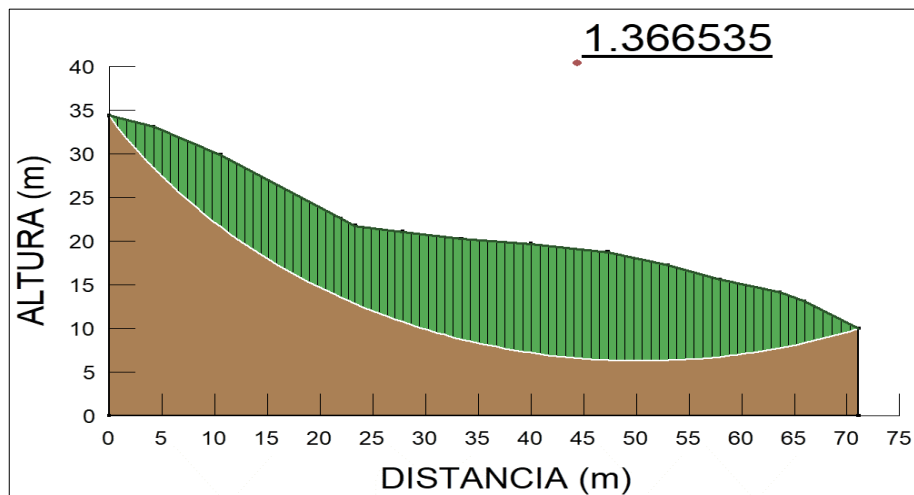
FS sin influencia del sistema vetiver de la Sección S2 según el Método Spencer.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 37

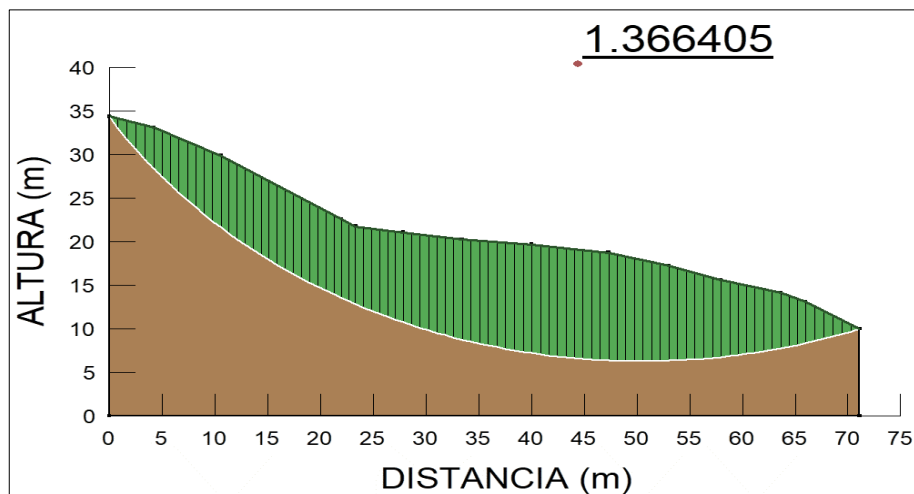
FS sin influencia del sistema vetiver de la Sección S2 según el Método Morgenstern & Price.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 38

FS sin influencia del sistema vetiver de la Sección S2 según el Método Sarma.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Interpretación:

En las figuras se muestra el suelo sin influencia del sistema vetiver, con una pendiente que varia desde los 4.81° hasta 32.34° según la dirección y sentido de la sección S2; en donde se define la masa que podría desplazarse sobre la superficie de rotura curva.

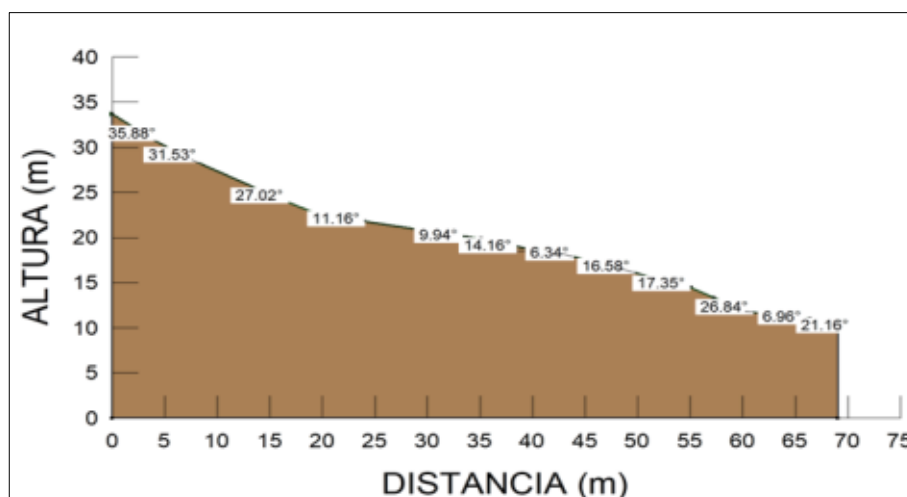
La masa a desplazarse se divide en 90 rebanadas, con alturas máximas o profundidades máximas de rotura entre 12 a 19 m aproximadamente, para su análisis y cálculo con los métodos respectivos.

Se determina un factor de seguridad de 1.277741 según el método Ordinario; un factor de seguridad de 1.216555 según el método Janbu; un factor de seguridad de 1.366484 según el método Spencer; un factor de seguridad de 1.366535 según el método Morgenstern & Price; y un factor de seguridad de 1.366405 según el método Sarma.

– En las **Figuras 39 – 44** se describe la pendiente y los factores de seguridad obtenidos con los parámetros de resistencia del suelo sin influencia del sistema vetiver en la sección trazada S3 mostrada en la Figura 26. Mediante los métodos Ordinario, Janbu, Spencer, Morgenstern & Price, y Sarma.

Figura 39

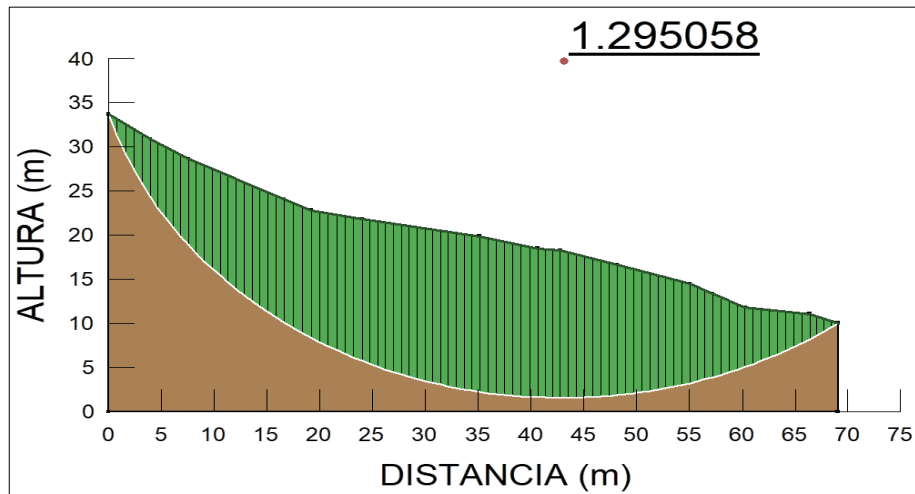
Diseño y pendientes de la Sección S3 sin influencia del sistema vetiver.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 40

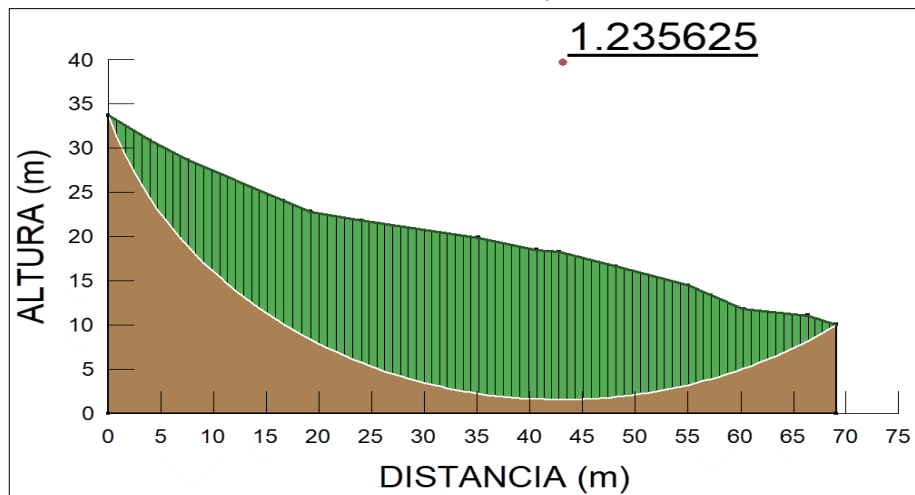
FS sin influencia del sistema vetiver de la Sección S3 según el Método Ordinario.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 41

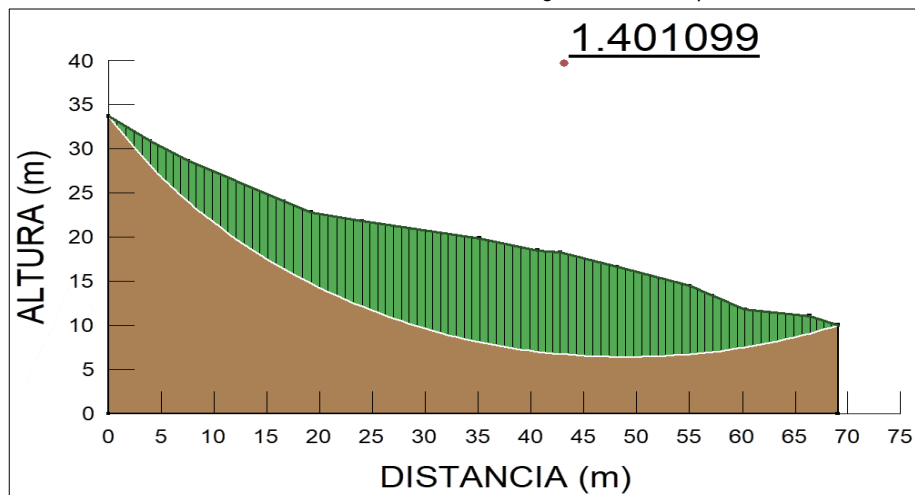
FS sin influencia del sistema vetiver de la Sección S3 según el Método Janbu.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 42

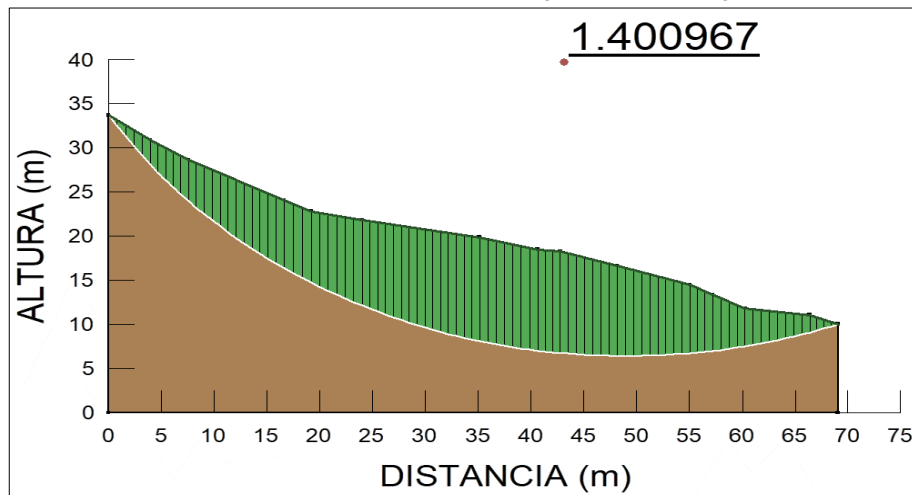
FS sin influencia del sistema vetiver de la Sección S3 según el Método Spencer.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 43

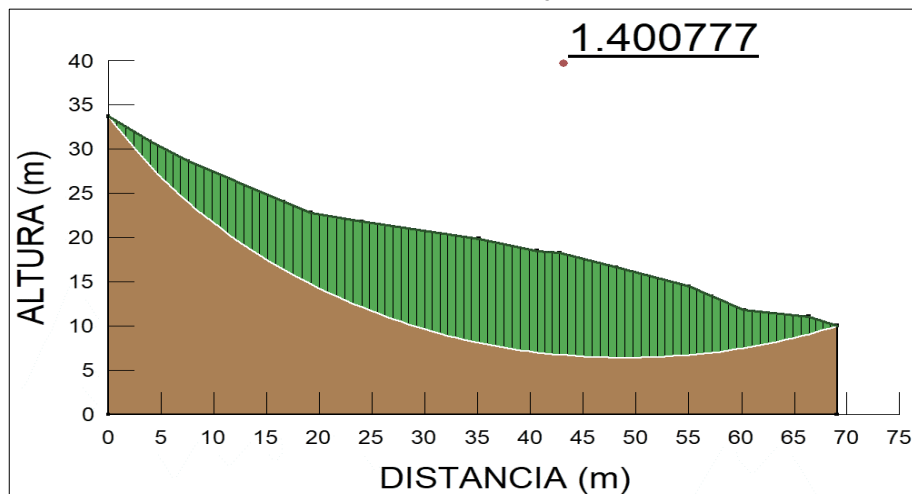
FS sin influencia del sistema vetiver de la Sección S3 según el Método Morgenstern & Price.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 44

FS sin influencia del sistema vetiver de la Sección S3 según el Método Sarma.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Interpretación:

En las figuras se muestra el suelo sin influencia del sistema vetiver, con una pendiente que varía desde los 6.34° hasta 35.88° según la dirección y sentido de la sección S3; en donde se define la masa que podría desplazarse sobre la superficie de rotura curva.

La masa a desplazarse se divide en 90 rebanadas, con alturas máximas o profundidades máximas de rotura entre 11 a 18 m aproximadamente, para su análisis y cálculo con los métodos respectivos.

Se determina un factor de seguridad de 1.295058 según el método Ordinario; un factor de seguridad de 1.235625 según el método Janbu; un

factor de seguridad de 1.401099 según el método Spencer; un factor de seguridad de 1.400967 según el método Morgenstern & Price; y un factor de seguridad de 1.400777 según el método Sarma.

– En la **Tabla 17** se muestra los factores de seguridad obtenidos en el análisis de estabilidad del suelo sin la influencia del sistema vetiver, en las 3 secciones trazadas.

Tabla 17

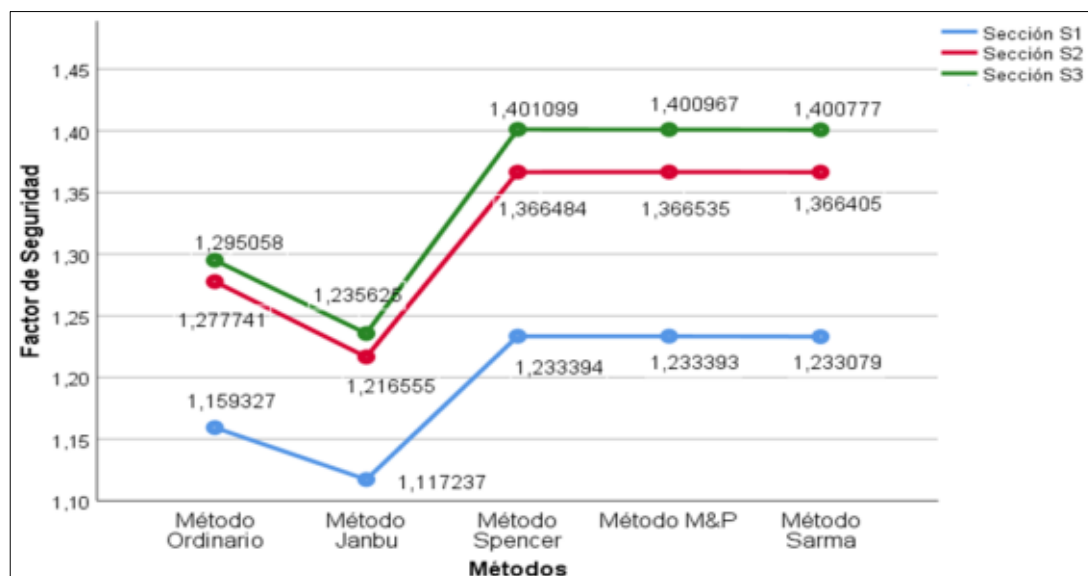
Descripción de los FS sin la influencia del sistema vetiver con los métodos propuestos.

Secciones	Fs	Fs Mínimo	Fs Máximo
Sección S1	1.159327	1.117237	1.233394
	1.117237		
	1.233394		
	1.233393		
	1.233079		
Sección S2	1.277741	1.216555	1.366535
	1.216555		
	1.366484		
	1.366535		
	1.366405		
Sección S3	1.295058	1.235625	1.401099
	1.235625		
	1.401099		
	1.400967		
	1.400777		

Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software IBM SPSS Statics v.25.

Figura 45

Descripción de los FS sin la influencia del sistema vetiver con los métodos propuestos.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software IBM SPSS Statics v.25.

Interpretación:

Se muestra que la sección S1 presenta los factores de seguridad obtenidos con los métodos propuestos, con un factor de seguridad mínimo de 1.117237, y un factor de seguridad máximo de 1.233394.

Se muestra que la sección S2 presenta los factores de seguridad obtenidos con los métodos propuestos, con un factor de seguridad mínimo de 1.216555, y un factor de seguridad máximo de 1.366535.

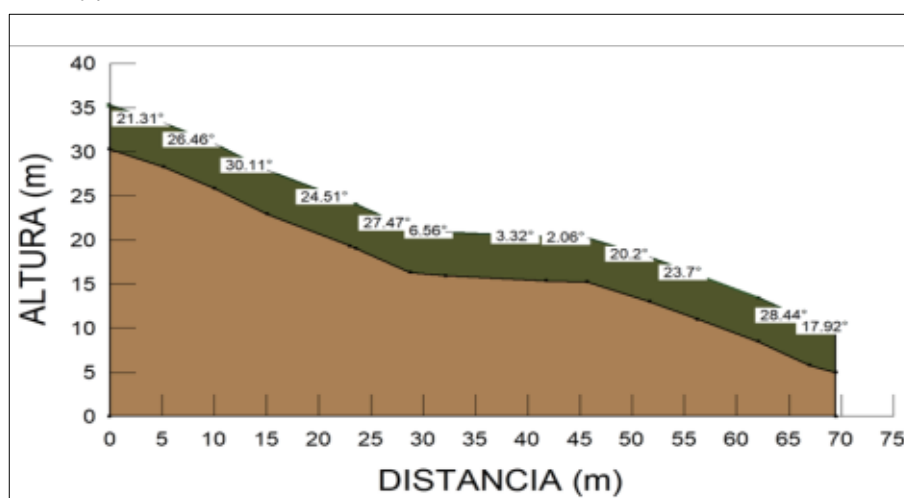
Se muestra que la sección S3 presenta los factores de seguridad obtenidos con los métodos propuestos, con un factor de seguridad mínimo de 1.235625, y un factor de seguridad máximo de 1.401099.

4.1.2. Análisis de Estabilidad de las Secciones del Área Delimitada Con la Influencia del Sistema Vetiver.

– En las **Figuras 46 – 51** se describe la pendiente y los factores de seguridad obtenidos con los parámetros de resistencia del suelo con influencia del sistema vetiver en la sección trazada S1 mostrada en la Figura 26. Mediante los métodos Ordinario, Janbu, Spencer, Morgenstern & Price, y Sarma.

Figura 46

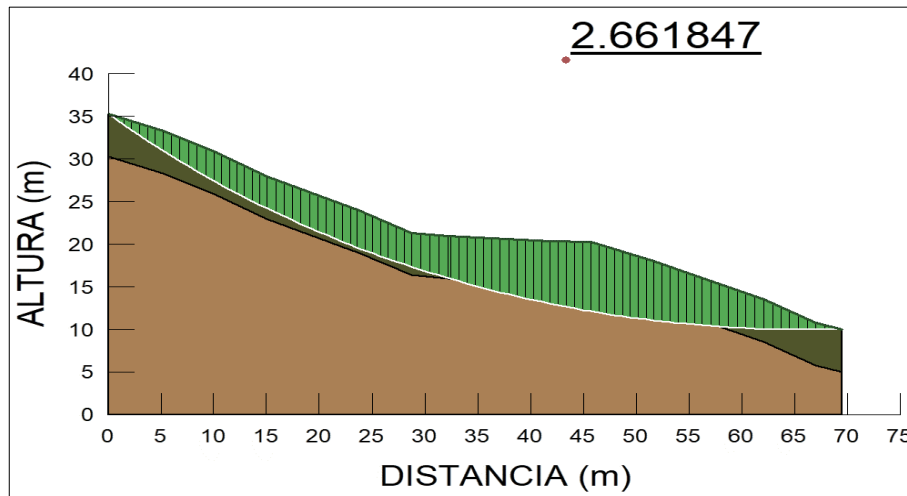
Diseño y pendientes de la Sección S1 con influencia del sistema vetiver.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 47

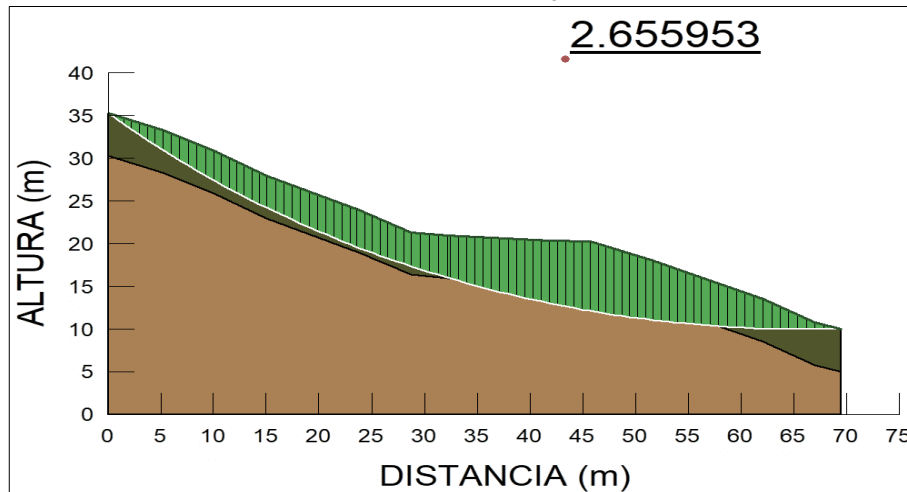
FS con influencia del sistema vetiver de la Sección S1 según el Método Ordinario.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 48

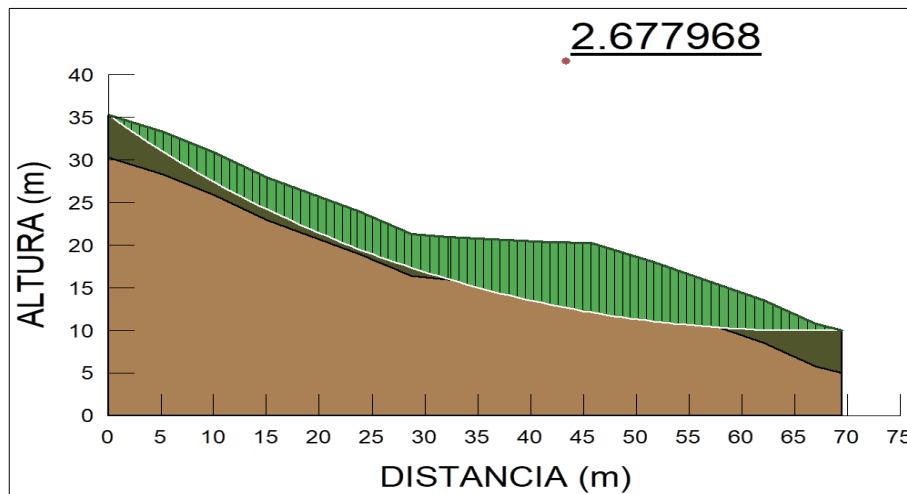
FS con influencia del sistema vetiver de la Sección S1 según el Método Jambu.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 49

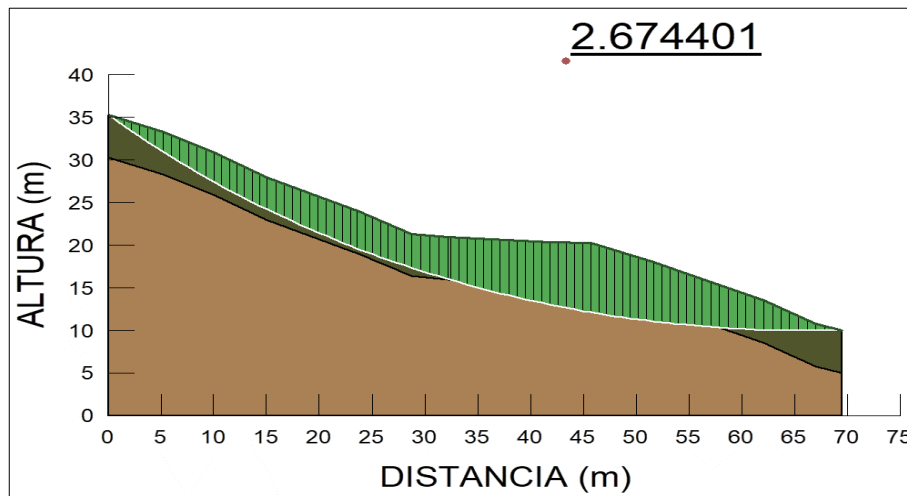
FS con influencia del sistema vetiver de la Sección S1 según el Método Spencer.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 50

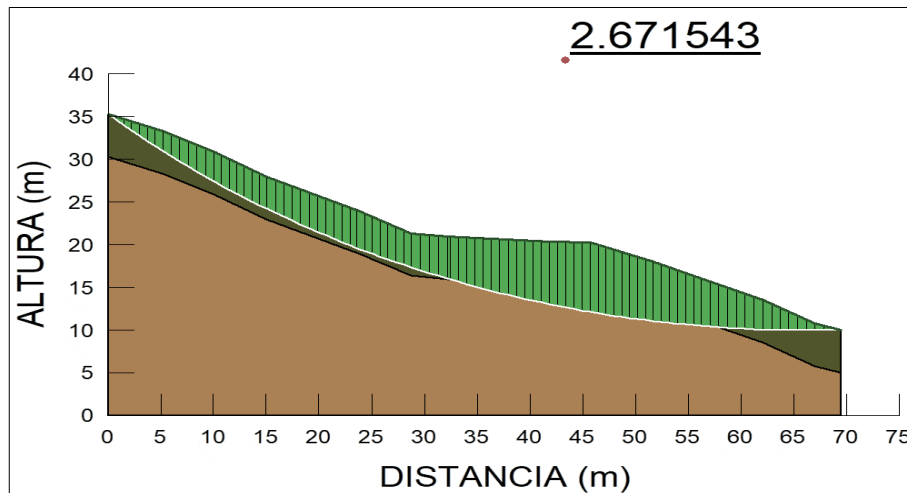
FS con influencia del sistema vetiver de la Sección S1 según el Método Morgenstern & Price.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 51

FS con influencia del sistema vetiver de la Sección S1 según el Método Sarma.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Interpretación:

En las figuras se muestra una capa de suelo con influencia del sistema vetiver de 5m de profundidad, sobre el suelo sin influencia del sistema vetiver con una pendiente que varía desde los 2.06° hasta 30.11° según la dirección y sentido de la sección S1; en donde se define la masa que podría desplazarse sobre la superficie de rotura curva.

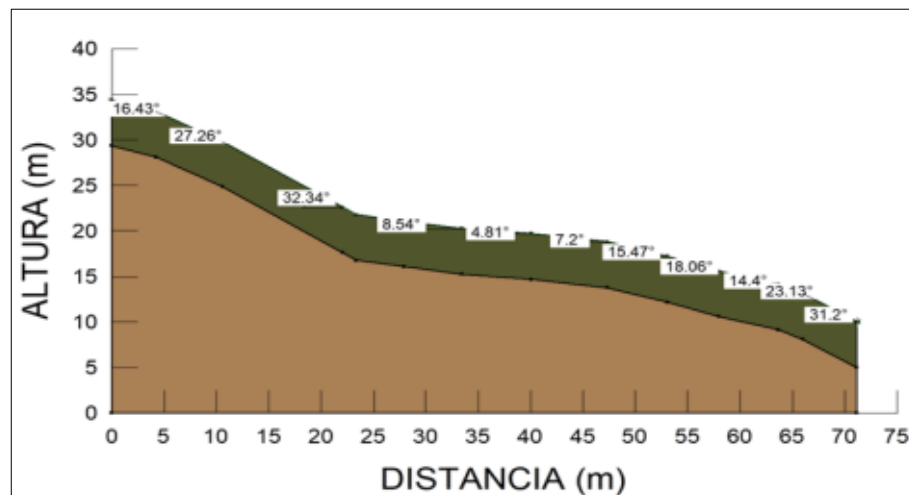
La masa a desplazarse se divide en 90 rebanadas, con alturas máximas o profundidades máximas de rotura de 8 m aproximadamente, para su análisis y cálculo con los métodos respectivos.

Se determina un factor de seguridad de 2.661847 según el método Ordinario; un factor de seguridad de 2.655953 según el método Janbu; un factor de seguridad de 2.677968 según el método Spencer; un factor de seguridad de 2.674401 según el método Morgenstern & Price; y un factor de seguridad de 2.671543 según el método Sarma.

– En las **Figuras 52 – 57** se describe la pendiente y los factores de seguridad obtenidos con los parámetros de resistencia del suelo con influencia del sistema vetiver en la sección trazada S2 mostrada en la Figura 26. Mediante los métodos Ordinario, Janbu, Spencer, Morgenstern & Price, y Sarma.

Figura 52

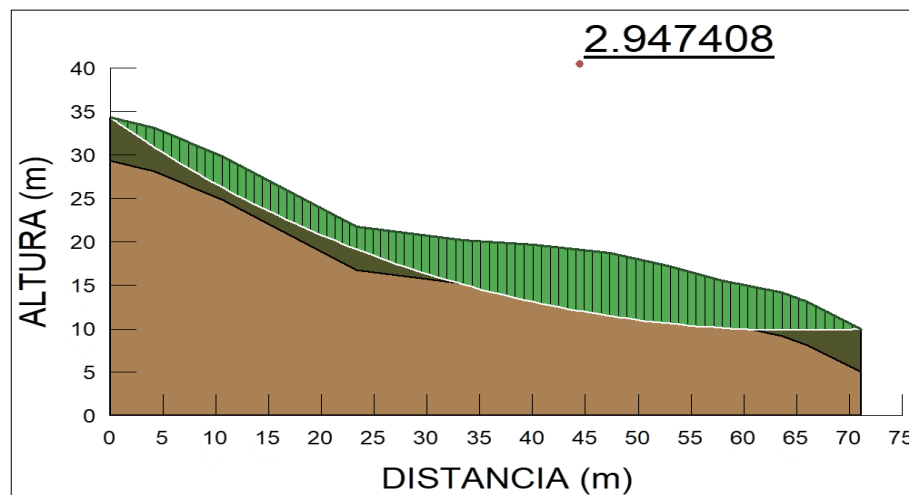
Diseño y pendientes de la Sección S2 con influencia del sistema vetiver.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 53

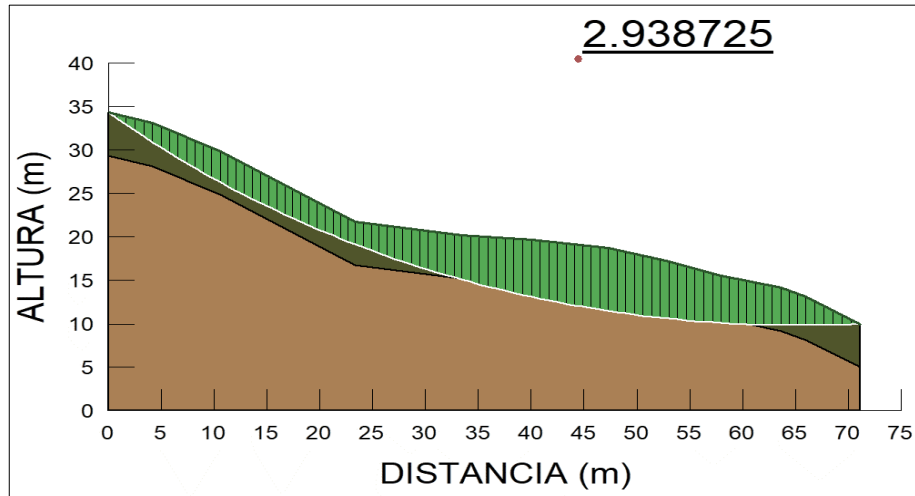
FS con influencia del sistema vetiver de la Sección S2 según el Método Ordinario.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 54

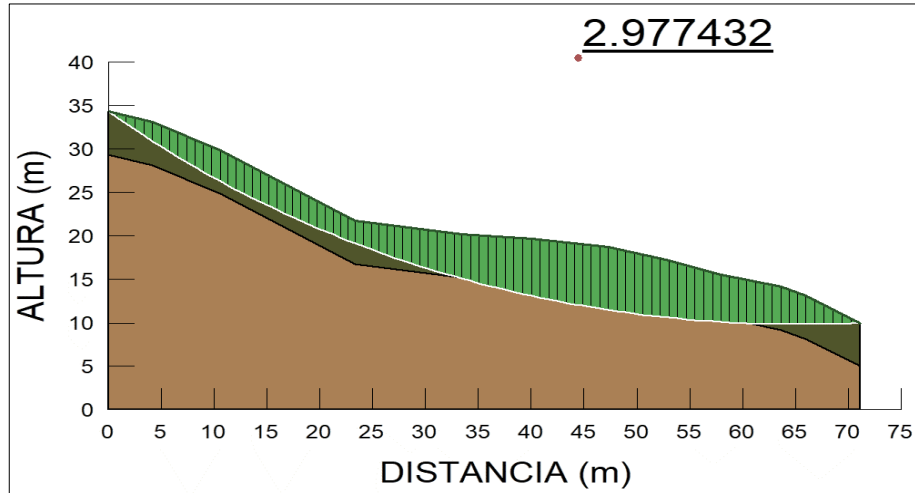
FS con influencia del sistema vetiver de la Sección S2 según el Método Jambu.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 55

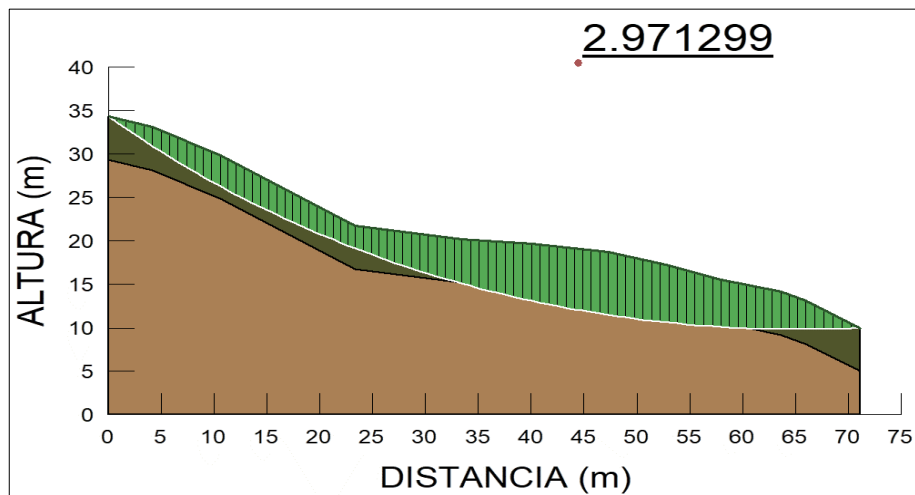
FS con influencia del sistema vetiver de la Sección S2 según el Método Spencer.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 56

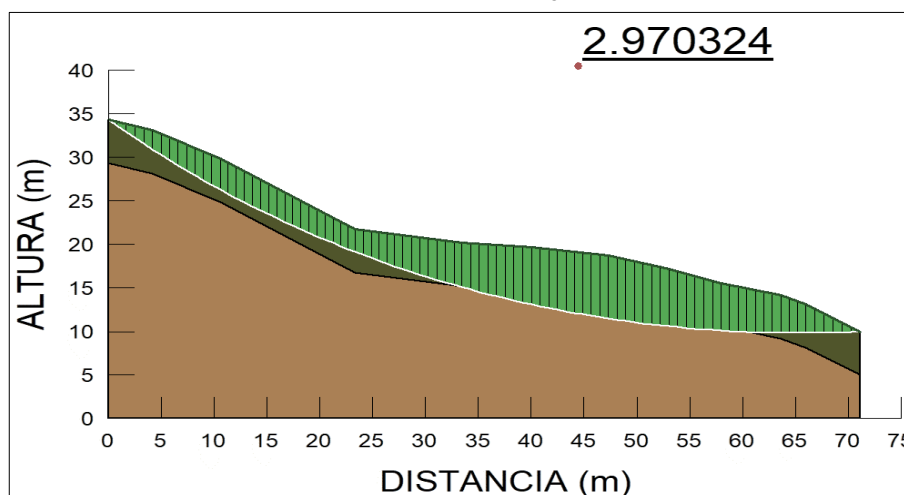
FS con influencia del sistema vetiver de la Sección S2 según el Método Morgenstern & Price.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 57

FS con influencia del sistema vetiver de la Sección S2 según el Método Sarma.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Interpretación:

En las figuras se muestra una capa de suelo con influencia del sistema vetiver de 5m de profundidad, sobre el suelo sin influencia del sistema vetiver con una pendiente que varía desde los 4.81° hasta 32.34° según la dirección y sentido de la sección S2; en donde se define la masa que podría desplazarse sobre la superficie de rotura curva.

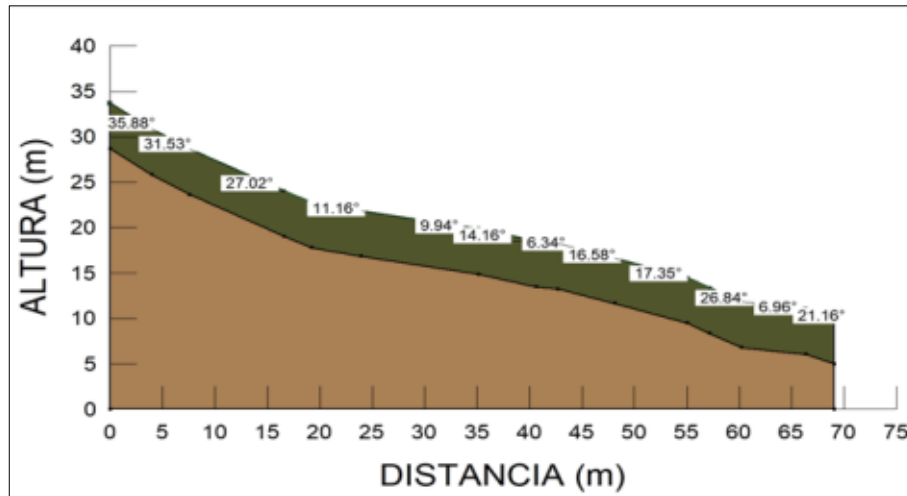
La masa a desplazarse se divide en 90 rebanadas, con alturas máximas o profundidades máximas de rotura de 7 m aproximadamente, para su análisis y cálculo con los métodos respectivos.

Se determina un factor de seguridad de 2.947408 según el método Ordinario; un factor de seguridad de 2.938725 según el método Janbu; un factor de seguridad de 2.977432 según el método Spencer; un factor de seguridad de 2.971299 según el método Morgenstern & Price; y un factor de seguridad de 2.970324 según el método Sarma.

– En las **Figuras 58 – 63** se describe la pendiente y los factores de seguridad obtenidos con los parámetros de resistencia del suelo con influencia del sistema vetiver en la sección trazada S3 mostrada en la Figura 26. Mediante los métodos Ordinario, Janbu, Spencer, Morgenstern & Price, y Sarma.

Figura 58

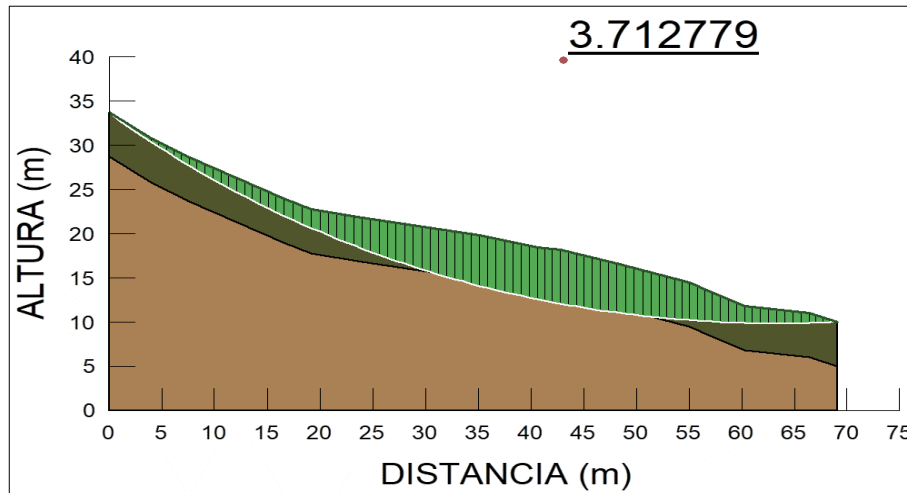
Diseño y pendientes de la Sección S3 con influencia del sistema vetiver.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 59

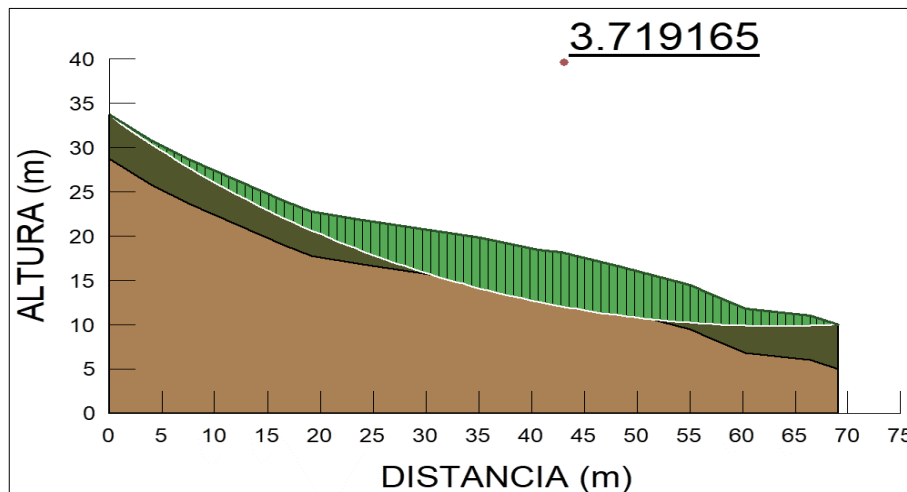
FS con influencia del sistema vetiver de la Sección S3 según el Método Ordinario.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 60

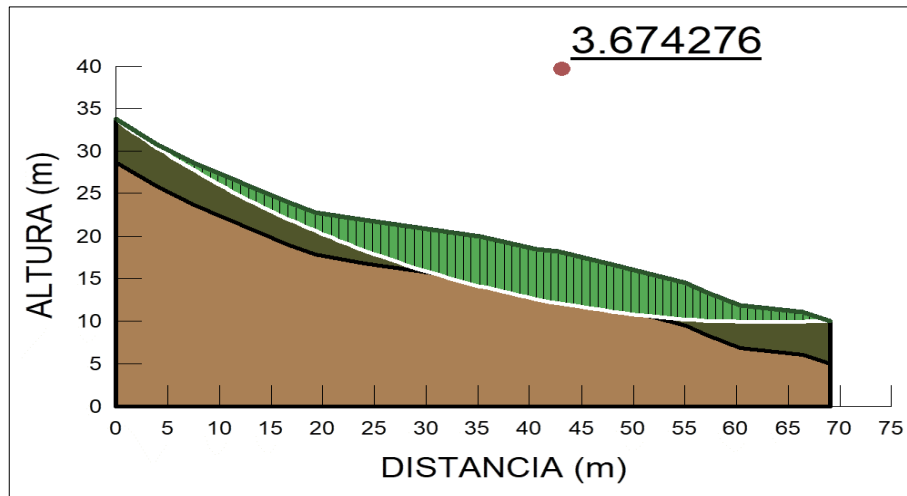
FS con influencia del sistema vetiver de la Sección S3 según el Método Jambu.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 61

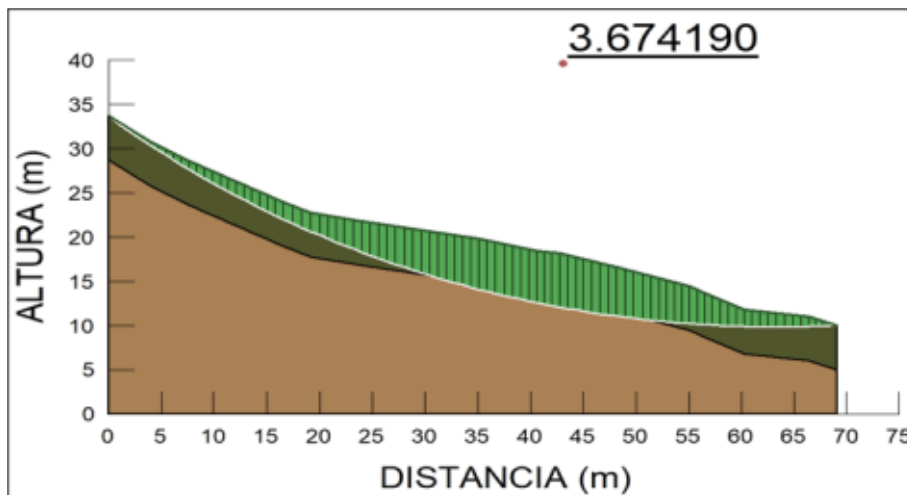
FS con influencia del sistema vetiver de la Sección S3 según el Método Spencer.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 62

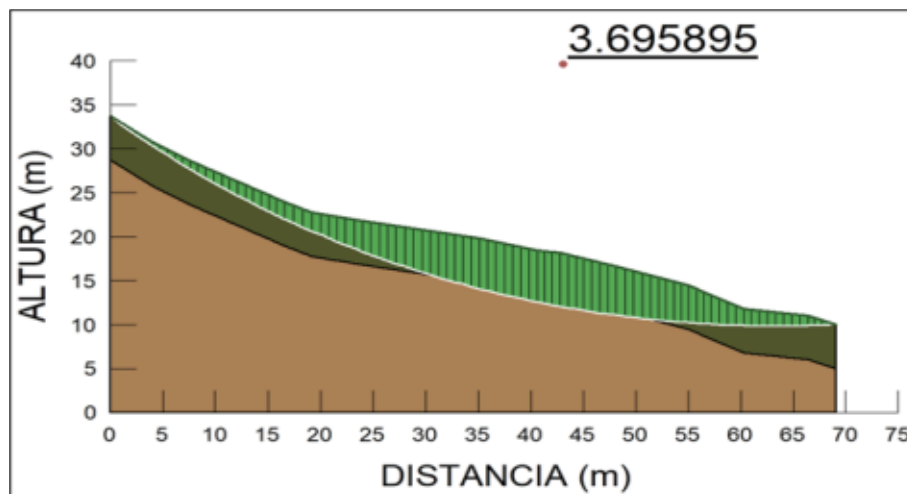
FS con influencia del sistema vetiver de la Sección S3 según el Método Morgenstern & Price.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Figura 63

FS con influencia del sistema vetiver de la Sección S3 según el Método Sarma.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software GeoSlope v.2018 R2.

Interpretación:

En las figuras se muestra una capa de suelo con influencia del sistema vetiver de 5m de profundidad, sobre el suelo sin influencia del sistema vetiver con una pendiente que varia desde los 6.34° hasta 35.88° según la dirección y sentido de la sección S3; en donde se define la masa que podría desplazarse sobre la superficie de rotura curva.

La masa a desplazarse se divide en 90 rebanadas, con alturas máximas o profundidades máximas de rotura de 6 m aproximadamente, para su análisis y cálculo con los métodos respectivos.

Se determina un factor de seguridad de 3.712779 según el método Ordinario; un factor de seguridad de 3.719165 según el método Janbu; un factor de seguridad de 3.674276 según el método Spencer; un factor de seguridad de 3.674190 según el método Morgenstern & Price; y un factor de seguridad de 3.695895 según el método Sarma.

– En la **Tabla 18** se muestra los factores de seguridad obtenidos en el análisis de estabilidad del suelo con la influencia del sistema vetiver, en las 3 secciones trazadas

Tabla 18

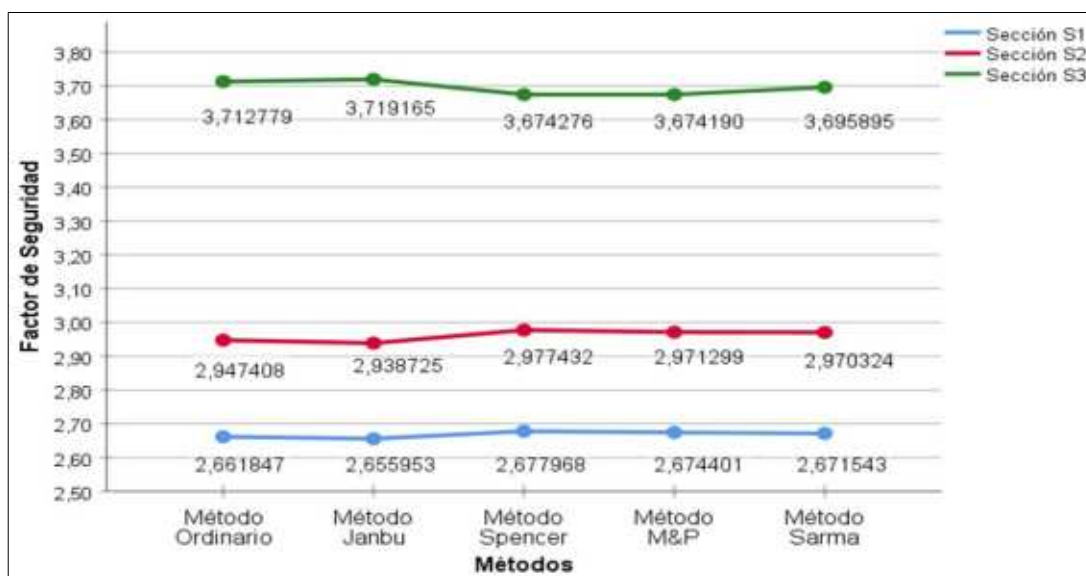
Descripción de los FS con la influencia del sistema vetiver con los métodos propuestos.

Secciones	Fs	Fs Mínimo	Fs Máximo
Sección S1	2.661847		
	2.655953		
	2.677968	2.655953	2677968
	2.674401		
	2.671543		
Sección S2	2.947408		
	2.938725		
	2.977432	2.938725	2.977432
	2.971299		
	2.970324		
Sección S3	3.712779		
	3.719165		
	3.674276	3.674190	3.719165
	3.674190		
	3.695895		

Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software IBM SPSS Statics v.25.

Figura 64

Descripción de los FS con la influencia del sistema vetiver con los métodos propuestos.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software IBM SPSS Statics v.25.

Interpretación:

Se muestra que la sección S1 presenta los factores de seguridad obtenidos con los métodos propuestos, con un factor de seguridad mínimo de 2.655953, y un factor de seguridad máximo de 2.677968.

Se muestra que la sección S2 presenta los factores de seguridad obtenidos con los métodos propuestos, con un factor de seguridad mínimo de 2.938725, y un factor de seguridad máximo de 2.977432.

Se muestra que la sección S3 presenta los factores de seguridad obtenidos con los métodos propuestos, con un factor de seguridad mínimo de 3.674190, y un factor de seguridad máximo de 3.719165.

4.2. Contrastación y Prueba de Hipótesis.

4.2.1. Prueba de Hipótesis.

– Se realiza la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, con los 15 factores de seguridad obtenidos de las 3 secciones o grupos en el análisis de estabilidad sin influencia del sistema vetiver. Para determinar si los datos tienen o no tienen una distribución normal se define las hipótesis del criterio de normalidad de datos:

H₀: Si $p\text{-valor} \geq 0.05$, entonces los datos tienen una distribución normal.

H₁: Si $p\text{-valor} < 0.05$, entonces los datos No tienen una distribución normal.

Tabla 19

Prueba de normalidad de los datos del análisis de estabilidad sin influencia del sistema vetiver.

Variable	Shapiro-Wilk			Estadísticos Descriptivos		
	Estadístico	gl	Sig.	Media	Mediana	Desviación Estándar
FS sin vetiver	0.909	15	0.129	1.29	1.28	0.09236

a. Corrección de significación de Lilliefors.

Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software IBM SPSS Statics v.25.

Interpretación:

Se muestra que los datos son asimétricos, ya que la media de 1.29 es mayor que la mediana de 1.28. Además, se muestra que la prueba de normalidad Shapiro-Wilk presenta un p-valor de $0.129 > 0.05$, es decir que muestra un valor mayor al nivel de significancia de 0.05; entonces se acepta la hipótesis nula "**H₀**" en donde se define que los datos del análisis de estabilidad sin influencia del sistema vetiver tienen una distribución normal. Por consiguiente, se realizará la contrastación de su hipótesis específica mediante la prueba de t-student de una muestra, que es considerada una prueba Paramétrica para datos asimétricos que tienen una distribución normal.

– Se realiza la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, con los 15 factores de seguridad obtenidos de las 3 secciones o grupos en el análisis de estabilidad con influencia del sistema vetiver. Para determinar si los datos tienen o no tienen una distribución normal se define las hipótesis del criterio de normalidad de datos:

H₀: Si p-valor ≥ 0.05 , entonces los datos tienen una distribución normal.

H₁: Si p-valor < 0.05 , entonces los datos No tienen una distribución normal.

Tabla 20

Prueba de normalidad de los datos del análisis de estabilidad con influencia del vetiver.

Variable	Shapiro-Wilk			Estadísticos Descriptivos		
	Estadístico	gl	Sig.	Media	Mediana	Desviación Estándar
FS con vetiver	0.282	15	0.002	3.11	2.97	0.44738

a. Corrección de significación de Lilliefors.

Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software IBM SPSS Statics v.25.

Interpretación:

Se muestra que los datos son asimétricos, ya que la media de 3.11 es mayor que la mediana de 2.97. Además, se muestra que la prueba de normalidad Shapiro-Wilk presenta un p-valor de $0.002 < 0.05$, es decir que muestra un valor menor al nivel de significancia de 0.05; entonces se rechaza la hipótesis nula " H_0 " y se acepta la hipótesis alterna " H_1 " en donde se define que los datos del análisis de estabilidad con influencia del vetiver No tienen una distribución normal. Por consiguiente, se realizará la contrastación de su hipótesis específica mediante la prueba de Wilcoxon de una muestra, que es considerada una prueba No Paramétrica para datos asimétricos que no tienen una distribución normal.

4.2.2. Contrastación de Hipótesis.

– Se realiza la prueba de t-student de una muestra para evaluar la Hipótesis Específica 1:

Método:

μ : media del factor de seguridad sin influencia del vetiver.

Planteo de Hipótesis.

H₀: No se determina la inestabilidad del suelo mediante el factor de seguridad sin influencia de la propuesta del sistema vetiver como control de deslizamiento de suelos en la parte alta del A.A.H.H. la Florida en la ciudad de Huánuco 2019.

$$H_0: \mu \geq 1.5$$

H₂: Se determina la inestabilidad del suelo mediante el factor de seguridad sin influencia de la propuesta del sistema vetiver como control de deslizamiento de suelos en la parte alta del A.A.H.H. la Florida en la ciudad de Huánuco 2019.

$$H_2: \mu < 1.5$$

Prueba:

Si p-valor ≥ 0.05 , entonces se acepta la H_0

Si p-valor < 0.05 , entonces se rechaza la H_0

Tabla 21

Prueba de t-Student de una muestra, de la Hipótesis específica 1.

Muestra	t	gl	p-valor	Media	Desviación Estándar	Límite superior al 95% del intervalo de confianza
FS sin vetiver	- 8.935	14	0.000	1.2869	0.0924	1.3289

Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software Minitab v.18.

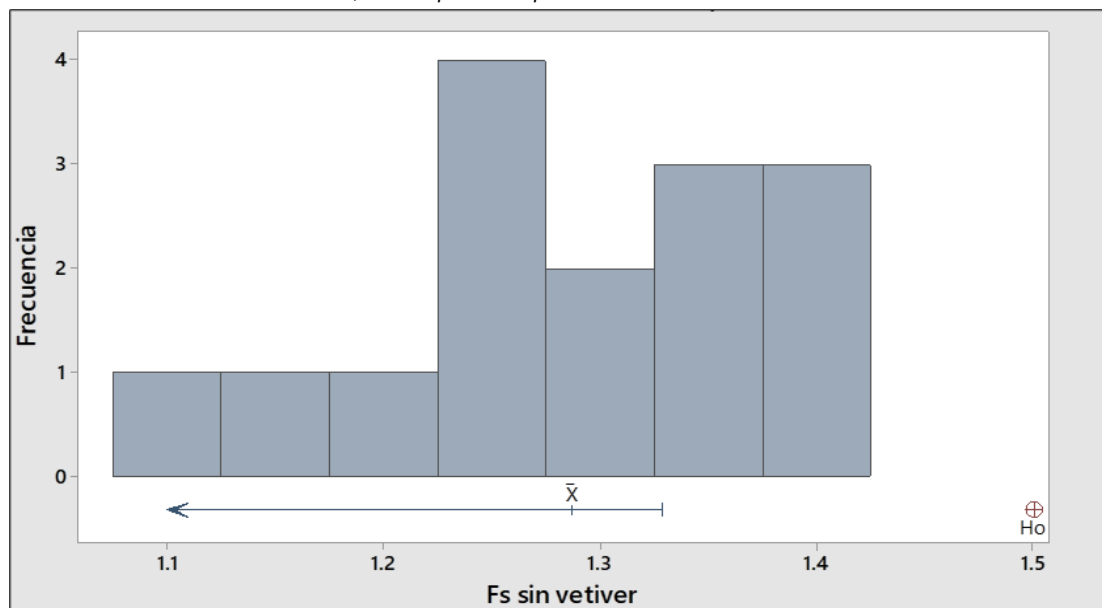
Resultado:

(p-valor = 0.000) < ($\alpha = 0.05$), entonces se rechaza la H_0

∴ Se Acepta la Hipótesis Especifica 1

Figura 65

Prueba de t-Student de una muestra, de la Hipótesis específica 1.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software Minitab v.18.

Interpretación:

Se muestra según la prueba de t-Student que la media observada de 1.2869 no es mayor o igual que la media hipotética de 1.50; y además se observa gráficamente que toda la frecuencia de datos se muestra en un intervalo menor al valor de 1.50. Por consiguiente, se afirma en un nivel de confianza del 95 % que el factor de seguridad sin influencia del vetiver se encuentra por debajo del factor de seguridad de 1.50 establecido por el RNE CE.020. Concluyendo que el área delimitada sin influencia del sistema vetiver presentaría inestabilidad no siendo apto para el uso urbano.

– Se realiza la prueba de Wilcoxon de una muestra para evaluar la Hipótesis Específica 2:

Método:

η : mediana del factor de seguridad con influencia del vetiver.

Planteo de Hipótesis.

H₀: No se determina la estabilidad del suelo mediante el factor de seguridad con la influencia de la propuesta del sistema vetiver como control de deslizamiento de suelos en la parte alta del A.A.H.H. la Florida en la ciudad de Huánuco 2019.

$$H_0: \eta < 1.5$$

H₁: Se determina la estabilidad del suelo mediante el factor de seguridad con influencia de la propuesta del sistema vetiver como control de deslizamiento de suelos en la parte alta del A.A.H.H. la Florida en la ciudad de Huánuco 2019.

$$H_2: \eta \geq 1.5$$

Prueba:

Si p-valor ≥ 0.05 , entonces se acepta la H₀

Si p-valor < 0.05 , entonces se rechaza la H₀

Tabla 22

Prueba de Wilcoxon de una muestra, de la Hipótesis específica 2.

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión	N	Estadísticos de Contraste
La mediana de FS con vetiver es menor a 1.5	Prueba de rasgos con signo de Wilcoxon para una muestra	0.001	Rechazar la hipótesis nula.	15	120.0

Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software IBM SPSS Statics v.25.

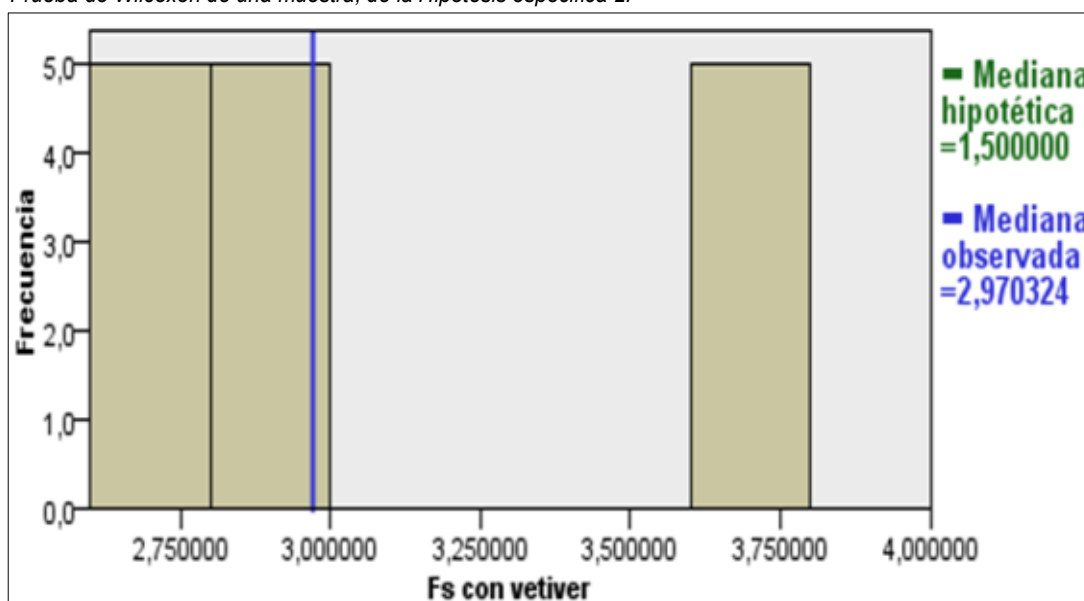
Resultado:

(p-valor = 0.001) $<$ ($\alpha = 0.05$), entonces se rechaza la H₀

\therefore Se Acepta la Hipótesis Específica 2

Figura 66

Prueba de Wilcoxon de una muestra, de la Hipótesis específica 2.



Fuente: Elaboración propia (2019), procesado con el software IBM SPSS Statics v.25.

Interpretación:

Se muestra según la prueba de Wilcoxon que la mediana observada de 2.970324 no es menor que la mediana hipotética de 1.50; y además se observa gráficamente que la frecuencia de datos se muestra en un intervalo mayor al valor de 1.50. Por consiguiente, se afirma en un nivel de confianza del 95 % que el factor de seguridad con influencia del vetiver se encuentra muy por encima del factor de seguridad de 1.50 establecido por el RNE CE.020. Concluyendo que el área delimitada con influencia del sistema vetiver presentaría estabilidad siendo apto para el uso urbano.

– Finalmente como las hipótesis específicas, 1, 2, son aceptadas; por consiguiente, es también aceptada la hipótesis general concluyendo que “La propuesta del sistema vetiver es una alternativa de control del deslizamiento de suelos en la parte alta del A.A.H.H. la Florida en la ciudad de Huánuco 2019”.

Capítulo V

Discusión de Resultados

5.1. Contrastación de Resultados del Trabajo de Investigación.

Se realiza la contrastación de los resultados obtenidos en la presente investigación con respecto a otras investigaciones:

El Instituto Nacional de Defensa Civil de Huánuco (2011). En la ejecución del proyecto, “Mapa de Peligros, Plan de Usos del Suelo Ante Desastres y Medidas de Mitigación de la Ciudad de Huánuco”. Determina y clasifica los peligros naturales geotécnicos existentes en los márgenes de la ciudad de Huánuco, de entre los cuales definen que en la parte alta del A.A.H.H. la Florida existe el peligro de deslizamiento de taludes y derrumbes.

En efecto en la presente investigación se comprueba que el área de estudio es inestable a consecuencia de los deslizamientos de suelos y derrumbes; por medio de los factores de seguridad obtenidos, desde un mínimo de 1.12 hasta un máximo de 1.40; valores que se encuentran por debajo del 1.5 establecido por el RNE CE.020 mediante el cual se determina la inestabilidad de un talud.

Tardío Cerrillo, Guillermo G. (2016). En su tesis de posgrado, “New Tools and Routines for Ecotechnological Slope Stability Analysis”. Realiza el análisis de estabilidad en taludes con 45° de pendiente, por medio de muestras de suelos preparadas con la planta vetiver y muestras de suelos con siembra vetiver; de esa manera obtiene como resultados factores de seguridad de 0.89 para las muestras preparadas, y 1.01 para las muestras con siembra del vetiver. Demostrando que el factor de seguridad es mayor cuando la planta del sistema vetiver es sembrada y presenta un desarrollo natural.

Mientras que en la presente investigación se realiza el análisis de estabilidad en secciones con pendientes variadas, y de manera similar solamente por medio de muestras preparadas con las raíces del vetiver. De esta manera presentando factores de seguridad con un mínimo de 2.656 y un

máximo de 3.719; que en efecto pueden llegar a alcanzar valores mucho mayores al aplicar el sistema vetiver de manera natural.

Rufino Barbosa, Michele C. (2012). En su tesis posgrado, “Estudo da Aplicação do Vetiver na Melhoria dos Parâmetros de Resistência ao Cisalhamento de Solos em Taludes”. Pone a prueba la resistencia del suelo mediante ensayos de corte, con muestras de suelos y taludes con siembra vetiver, en periodos de 1 a 3 años y de 7 años respectivamente. Determinando así que los parámetros de resistencia al corte presentan un incremento proporcional; es decir a mayor periodo de siembra es mayor el incremento de los parámetros de resistencia.

De manera similar en la presente investigación se pone a prueba la resistencia del suelo mediante ensayos de corte, con muestras preparadas con las raíces de una planta crecida de 4 años de edad aproximadamente; y en efecto también se incrementan los parámetros de resistencia al corte como son el peso específico, cohesión y ángulo de fricción.

Rufino Barbosa, Michele C. y Mota de Lima, Hernani (2013). En su investigación desarrollada, “Resistência ao Cisalhamento de Solos e Taludes Vegetados com capim vetiver”. Realizan el análisis de estabilidad mediante los métodos Morgenster & Price, Bishop, y Janbu, en una sola sección de talud con pendiente de 45 grados; y con una cobertura de siembra vetiver de 7 años. Determinando así que la media del factor de seguridad se incrementa en un 267.09% aproximadamente.

Mientras que en la presente investigación se analiza la estabilidad con los métodos Ordinario, Janbu, Spencer, Morgenstern & Price, y Sarma; en 3 secciones de talud con pendientes que varían, de 2.06° a 30.11° en la sección S1, de 4.81° a 32.34° en la sección S2, de 6.34° a 35.88° en la sección S3; y además considerando una cobertura de vetiver de 4 años para todas las secciones. De esta manera determinando de forma similar que la media del factor de seguridad también se incrementa, en un 223.24% en la sección S1, en un 224.54% en la sección S2, y en un 274.39% en la sección S3.

CONCLUSIONES

- ✓ Se demuestra la inestabilidad del área de investigación, mediante los factores de seguridad de las secciones trazadas en el área de deslizamiento, los cuales presentan (tabla 17) un valor mínimo de 1.117 y máximo de 1.233 en la sección S1, un valor mínimo de 1.217 y máximo de 1.367 en la sección S2, y un valor mínimo de 1.236 y máximo de 1.401 en la sección S3; valores que se encuentran por debajo del 1.50 establecido por el RNE.CE.020.
- ✓ Se demuestra que el sistema vetiver puede estabilizar el área de investigación, mediante los factores de seguridad con influencia del sistema vetiver de las secciones trazadas en el área de deslizamiento; los cuales presentan (tabla 18) un valor mínimo de 2.656 y máximo de 2.6778 en la sección S1, un valor mínimo de 2.939 y máximo de 2.977 en la sección S2, y un valor mínimo de 3.674 y máximo de 3.719 en la sección S3; valores que se encuentran por encima del 1.50 establecido por el RNE.CE.020.
- ✓ De acuerdo a las especificaciones técnicas para la aplicación del sistema vetiver el talud no debe de superar los 45° de pendiente; determinando que se puede estabilizar el área de investigación debido a que las secciones trazadas para el análisis de estabilidad presentan pendientes que varían de 2.06° a 30.11° en la sección S1 (gráfica 26), de 4.81° a 32.34° en la sección S2 (gráfica 32), y de 6.34 a 35.88 en la sección S3 (gráfica 38).
- ✓ Se demuestra por medio de los ensayos mecánicos que las raíces de la planta vetiver incrementan los parámetros resistencia como el peso específico, cohesión y ángulo de fricción (tablas 13 – 16); mediante los cuales se logra el incremento del factor de seguridad, parámetro que determina que el sistema vetiver puede estabilizar el área de investigación.

- ✓ Mediante los antecedentes de la investigación, en donde se reafirma que al utilizar muestras preparadas del suelo con planta vetiver se obtiene factores de seguridad menores en caso que se utilizaría muestras naturales con siembra vetiver. Está claro que los factores de seguridad que varían desde un mínimo de 2.656 hasta un máximo de 3.719 (tabla 18); pueden presentar valores mayores al estabilizar el área de investigación con el sistema vetiver.
- ✓ Mediante los antecedentes de la investigación, en donde se reafirma que la planta vetiver se adapta a climas templados y áridos con temperaturas desde los -9°C hasta los 44°C. Se demuestra que el sistema vetiver puede establecerse y adaptarse en el área de investigación ubicada en la ciudad de Huánuco, el cual presenta un clima templado árido, con temperaturas desde los 12.4°C hasta 26.4°C (Subdirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrosfera – Instituto Geofísico del Perú, 2019).
- ✓ Se demuestra por medio de los análisis de estabilidad en las secciones trazadas S1, S2, S3, mediante los métodos Ordinario, Janbu, Spencer, Morgenstern & Price, y Sarma; que las medias del factor de seguridad se incrementen, en un 223.24% en la sección S1, en un 224.54% en la sección S2, y en un 274.39% en la sección S3.

RECOMENDACIONES

- ✓ Fomentar la instalación de invernaderos en la ciudad de Huánuco, sobre todo dedicados a la siembra del vetiver, que contemplen todos los tipos de especies y variación de esta planta. Para poder determinar que tanto pueden desarrollarse las raíces de la planta en determinados climas de la región Huánuco.
- ✓ Investigar las raíces de la planta vetiver, en cuanto a su supervivencia en profundidades mucho mayores de los 5m, de esta manera poder considerarlas como elementos de reforzamiento de suelos de una manera independiente, y de esta manera poder contar con una alternativa de estabilización de suelos en superficies de fallas mucho más profundas.
- ✓ Aplicar del sistema vetiver en el área de investigación, y dar seguimiento a la adaptación climática de la planta, para dentro de un periodo determinado poder contrastar los resultados de la propuesta de control desarrollada en la presente investigación
- ✓ Analizar el costo-tiempo, de la aplicación del sistema vetiver con otras técnicas de estabilización de suelos y taludes; de esta manera poder determinar y considerar el beneficio económico y temporal al aplicar el sistema vetiver como control de deslizamiento de suelos o derrumbes
- ✓ Incentivar la investigación y aplicación del sistema vetiver como elementos de contención, ya que se las teorías referentes al tema son muy pocas y además se encuentran desactualizadas.
- ✓ Investigar las raíces de la planta vetiver como materiales de agregados y rellenos; ya que podrían mejora la resistencia de suelos, como la subrasante y rasante de pistas y carreteras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ Tardío Cerrillo, Guillermo G. (2016). *New Tools and Routines for Ecotechnological Slope Stability Analysis*. España: E.T.S.I. Montes, Forestal y del Medio Natural (UPM).
- ✓ Universidad De Córdoba (2014). *Manual de Técnicas de Estabilización Biotécnica en Taludes de Infraestructuras de Obra Civil* (1ra Ed.). España: Andalucía Editorial.
- ✓ Hernández Sampieri, R. & Fernández Collado, C. & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta Ed.). México: McGraw-Hill / Interamericana Editores.
- ✓ Braja M. Das (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica* (4ta Ed.). México: Cengage Learning Editores.
- ✓ Rufino & Motta (2013). *Resistência ao Cisalhamento de Solos e Taludes Vegetados com Capim Vetiver*. Brasil: Revista Brasileira de Ciência do Solo.
- ✓ Rufino, M. (2012). *Estudo da Aplicação do Vetiver na Melhoria dos Parâmetros de Resistência ao Cisalhamento de Solos em Taludes*. Brasil: Programa de Pós-Graduação em Geotecnia da UFOP.
- ✓ Borja Suarez, Manuel (2012), *Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros*. Perú.
- ✓ C. Sanhueza Plaza & L. Rodríguez Cifuentes (2012). *Análisis Comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales*. Chile: Revista de la construcción.
- ✓ Departamento de Mecánica y Geotecnia (2012). *Introducción al uso del programa SLOPE/W versión 2012-Student*. España: Universidad de Córdoba
- ✓ INDECI (2011). *Mapa de Peligros, Plan de Usos del Suelo Ante Desastres y Medidas de Mitigación de la Ciudad de Huánuco*. Perú: Programa de Las Naciones Unidas para el Desarrollo.

- ✓ Muñoz Razo, Carlos (2011). *Como elaborar y asesorar una investigación de tesis* (2da Ed.). México: Pearson Educación.
- ✓ Truong, P. & Van, T. & Pinnars, E. (2008). *Vetiver System Applications: A Technical Reference Manual* (1ra Ed). Tailandia: Red International Vetiver.
- ✓ Sangalli, P. (2008). *Bioingeniería o Ingeniería Biológicas. Introducción a la Bioingeniería o Ingeniería Biológica*. España: AEIP Asociación Española de Ingeniería del Paisaje.
- ✓ Alianza Oxean Gb & Esfra & Ismugua (2007). *Estabilización de Laderas en Ambientes Urbanos de Guatemala, Centro América* (1ra Ed). Guatemala.
- ✓ Reglamento Nacional de Edificaciones (2006). CE.020 – E.050. Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG).
- ✓ Crespo Villalaz, Carlos (2004), *Mecánica de Suelos y Cimentaciones* (5ta Ed). México: Limusa.
- ✓ Truong, P., & Hart, B. (2001). *Vetiver System for Wastewater Treatment*. Bangkok, Thailand: Office of the Royal Development Projects Board.
- ✓ Corominas y García Yagüe (1997). *Terminología de los Movimientos de Ladera (II Congreso Geológico de España)*. España: Universidad de Granada.
- ✓ Gray, D., & Sotir, R. (1996). *Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization*. Londres: John Wiley.
- ✓ Terzaghi, K. (1948). *Soil Mechanics in Engineering Practice* (1ra Ed.). New York: by John Wiley & Sons, Inc.
- ✓ Terzaghi, K. (1925). *Theoretical Soil Mechanics*. New York: by John Wiley & Sons, Inc.

Anexos

Anexo 1
Resolución de Aprobación del Proyecto del Trabajo
de Investigación.

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 463-2018-CF-FI-UDH

Huánuco, 14 de junio del 2018

Visto, el Oficio N° 261-C-EAPIC-FI-UDH-2018, del Coordinador Académico de Ingeniería Civil, referente al bachiller Carlos Vladimir, POZO SEGUIL, del Programa Académico Ingeniería Civil Facultad de Ingeniería, quien solicita Aprobación del Proyecto de Investigación;

CONSIDERANDO:

Que, según Resolución N° 560-99-CO-UH, de fecha 06.09.99, se aprueba el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería, vigente;

Que, según el Expediente 1080-18, del Programa Académico de, Ingeniería Civil, Informa que el Proyecto de Investigación Presentado por el bachiller Carlos Vladimir, POZO SEGUIL ha sido aprobado, y

Que, según Oficio N° 261-C-EAPIC-FI-UDH-2018, del Presidente de la Comisión de Grados y Títulos del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Informa que el recurrente ha cumplido con levantar las observaciones hechas por la Comisión de Grados y Títulos, respecto al Proyecto de Investigación; y

Estando a lo acordado por el Consejo de Facultad de fecha 14 de junio del 2018 y normado en el Estatuto de la Universidad, Art. N° 44 inc.r);

SE RESUELVE:

Artículo Primero.- APROBAR, el Proyecto de Investigación y su ejecución intitulado:

“PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO MEDIO DE CONTROL DEL DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUANUCO - 2017” representado por el bachiller Carlos Vladimir, POZO SEGUIL, del Programa Académico de Ingeniería Civil

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE, ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CONSEJO DE FACULTAD

Ing. JOHNNY P. JACHA ROJAS
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Mg. Ricardo Sachun Garcia
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

Distribución:

Fac. de Ingeniería - D PIA - CGT - Asesor - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.
RSG/GLT.

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería
RESOLUCIÓN N° 1365-2019-CF-FI-UDH

Huánuco, 06 de Diciembre de 2019

Visto, el expediente N° 3808-19, del Coordinador Académico de Ingeniería Civil, referente el(la) bachiller Carlos Vladimir POZO SEGUIL, del Programa Académico Ingeniería Civil Facultad de Ingeniería, quien solicita modificación del título del Proyecto de Investigación;

CONSIDERANDO:

Que, según Resolución N° 560-99-CO-UH, de fecha 06/09/99, se aprueba el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería, vigente;

Que, según el Expediente 3808-19, del Programa Académico de, Ingeniería Civil, Informa que el Proyecto de Investigación Presentado por el(la) bachiller Carlos Vladimir POZO SEGUIL, ha sido aprobado, y

Que según Resolución N° 463-2018-CF-FI-UDH, se aprueba el proyecto de "PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO MEDIO DE CONTROL DEL DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2017" presentado por el bachiller Carlos Vladimir POZO SEGUIL, el mismo que solicita el cambio de título del proyecto de investigación por recomendación de sus jurados; y

Estando a lo acordado por el Consejo de Facultad de fecha 06 de diciembre 2019 y normado en el Estatuto de la Universidad, Art. N° 44 inc.r);

SE RESUELVE:

Artículo Único. -APROBAR, la modificación del título del Proyecto de Investigación siendo el correcto: "PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DEL DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2019" presentado por el(la) bachiller Carlos Vladimir POZO SEGUIL, para optar el Título de Ingeniera Civil del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE, ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Mg. Johnny P. Jaicha Rojas
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Mg. Bertha Campos Rios
DECANA (S) DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería - PIAC - CGT - Asesor - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.
BCR/JJR.

Anexo 2
Resolución del Nombramiento de Asesor.

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN Nº 396-2017-D-FI-UDH

Huánuco, 07 de julio de 2017

Visto, el Expediente Nº 1132-17, presentado por el alumno **Carlos Vladimir, POZO SEGUIL** del Programa Académico de Ingeniería Civil, quién desarrollará el proyecto de Tesis, solicita Asesor de Tesis.

CONSIDERANDO:

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

Que, según el Expediente Nº 1132-17, del alumno **Carlos Vladimir, POZO SEGUIL**, quién desarrollará el proyecto de Tesis, solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación, el mismo que propone al Ing. Earle Tangoa Bernardo, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27º y 28º 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 del alumno **Carlos Vladimir, POZO SEGUIL** al Ing. Earle Tangoa Bernardo, Docente del Curso de Asesoramiento de Tesis Profesional del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Regístrese, comuníquese, archívese



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CONSEJO DE FACULTAD

Ing. JOHNNY P. JACHA ROJAS
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Mg. Ricardo Sachun Garcia
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

Distribución:

Fac. de Ingeniería - EAPIC - Asesor - Exp. Graduando - Mat. y Reg.Acad. - File Personal - Interesado - Archivo.
RSG/PPR/nto

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 116-2021-D-FI-UDH

Huánuco, 03 de febrero de 2021

Visto, el Oficio N° 064-2021-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente S/N, del Bach. **Carlos Vladimir, POZO SEGUIL**, quién solicita cambio de Asesor de Tesis.

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 S/N, presentado por el (la) Bach. **Carlos Vladimir, POZO SEGUIL**, quién solicita cambio de Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación, y;

Que, con Resolución N° 396-2017-D-FI-UDH, de fecha 07 de julio de 2017, en la cual se designa como Asesor de Tesis del Bach. **Carlos Vladimir, POZO SEGUIL** al Mg. Earle Tango Bernardo; el mismo que no tiene vínculo laboral con la Universidad de Huánuco, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 31 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 Primero. - **DEJAR SIN EFECTO**, la Resolución N° 396-2017-D-FI-UDH, de fecha 07 de julio de 2017.

Artículo Segundo.- DESIGNAR, como nuevo Asesor de Tesis del Bach. **Carlos Vladimir, POZO SEGUIL** a la Mg. Yelen Lisseth Trujillo Ariza, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Regístrese, comuníquese, archívese

 UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
SECRETARÍA DOCENTE

Mg. Johnny S. Tacha Rojas
SECRETARIO DOCENTE

 FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
DECANO

Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

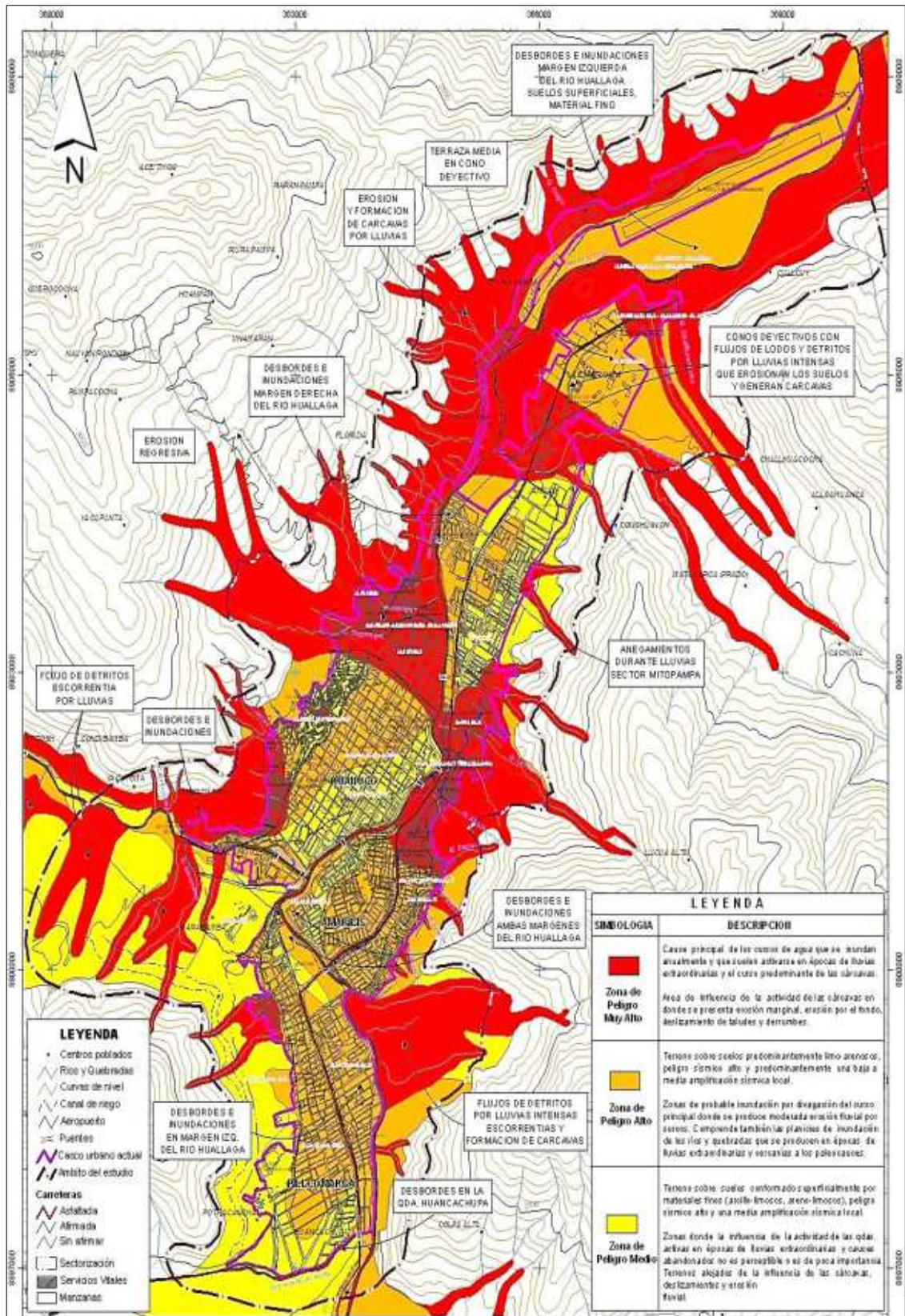
Anexo 3
Matriz de Consistencia.

Matriz de Consistencia de la Tesis “Propuesta del Sistema Vetiver Como Control de Deslizamiento de Suelos en la Parte Alta del A.A.H.H. La Florida en la Ciudad de Huánuco – 2019”

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología	Población y Muestra
<p><u>Problema General</u> ✓ ¿De qué manera considerar la propuesta del sistema vetiver como control de deslizamiento de suelos en la parte alta del A.A.H.H. la Florida en la ciudad de Huánuco 2019?</p> <p><u>Problemas Específicos</u> ✓ ¿Cómo determinar la inestabilidad del área delimitada sin la influencia de la propuesta del sistema vetiver como control de deslizamiento de suelos en la parte alta del A.A.H.H. la Florida en la ciudad de Huánuco 2019? ✓ ¿Cómo determinar la estabilidad del área delimitada con la influencia de la propuesta del sistema vetiver como control de deslizamiento de suelos en la parte alta del A.A.H.H. la Florida en la ciudad de Huánuco 2019?</p>	<p><u>Objetivo General</u> ✓ Proponer el sistema vetiver como control de deslizamiento de suelos en la parte alta del A.A.H.H. La Florida en la ciudad de Huánuco 2019.</p> <p><u>Objetivos Específicos</u> ✓ Determinar la inestabilidad del área delimitada sin la influencia de la propuesta del sistema vetiver como control de deslizamiento de suelos en la parte alta del A.A.H.H. la Florida en la ciudad de Huánuco 2019. ✓ Determinar la estabilidad del área delimitada con la influencia de la propuesta del sistema vetiver como control de deslizamiento de suelos en la parte alta del A.A.H.H. la Florida en la ciudad de Huánuco 2019.</p>	<p><u>Hipótesis General</u> ✓ La propuesta del sistema Vetiver es una alternativa de control de deslizamiento de suelos en la parte alta del A.A.H.H. la Florida en la ciudad de Huánuco 2019.</p> <p><u>Hipótesis Específicas</u> ✓ Se determina la inestabilidad del suelo mediante el factor de seguridad sin influencia de la propuesta del sistema vetiver como control de deslizamiento de suelos en la parte alta del A.A.H.H. la Florida en la ciudad de Huánuco 2019. ✓ Se determina la estabilidad del suelo mediante el factor de seguridad con influencia de la propuesta del sistema vetiver como control de deslizamiento de suelos en la parte alta del A.A.H.H. la Florida en la ciudad de Huánuco 2019.</p>	<p><u>Variable Independiente</u> Deslizamiento de suelos.</p> <p><u>Variable Dependiente</u> Sistema vetiver.</p>	<p><u>Enfoque Cuantitativo</u> Utiliza datos numéricos; de las secciones del levantamiento topográfico, y de los ensayos sin influencia y con influencia del vetiver.</p> <p><u>Alcance Correlacional – Descriptivo.</u> Presenta valor comparativo de los factores de seguridad sin influencia y con influencia del vetiver. Presenta un valor representativo al describir de forma teórica – metódica la aplicación del sistema vetiver.</p> <p><u>Diseño Cuasiexperimento</u> Presenta grupos de control como las secciones del deslizamiento de suelos, a las cuales se les realiza pruebas antes de la influencia del vetiver y pospruebas después de la influencia del vetiver</p>	<p><u>Población</u> Área de deslizamiento de suelos delimitada con 3576.52 m2, ubicada en la parte alta del A.A.H.H. La Florida al lado norte del margen de la ciudad de Huánuco.</p> <p><u>Muestra.</u> 3 secciones del área de deslizamiento de suelos delimitada en la población. Definidas mediante un muestreo no probabilístico.</p>

Anexo 4

Mapa de Peligros Naturales de la Ciudad de Huánuco.



LEYENDA

- Centros poblados
- ~ Riegos y Quebradas
- ~ Curvas de nivel
- ~ Canal de riego
- ~ Aerodromo
- ~ Puentes
- ~ Casco urbano actual
- ~ Anillo del estudio

Carreteras

- ~ Asfaltada
- ~ Alameda
- ~ Sin asfaltar

Servicios Vitales

- ~ Sectorización
- ~ Servicios Vitales
- ~ Manzanas

LEYENDA

SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
	Curso principal de los cursos de agua que se inundan avanzando y que suelen avanzar en épocas de lluvias extraordinarias y el curso predominante de las cárcavas.
Zona de Peligro Muy Alto	Área de influencia de la actividad de las cárcavas en donde se presenta erosión marginal, erosión por el fondo, deslizamiento de taludes y derrumbes.
	Terrazas sobre suelos predominantemente limo arenosos, peligro climático alto y predominantemente una baja a media amplificación sísmica local.
Zona de Peligro Alto	Zonas de probable inundación por desborde del curso principal donde se produce moderada erosión lateral por cursos. Comprende también las planicies de inundación de los ríos y quebradas que se producen en épocas de lluvias extraordinarias y vertientes a los paleocanales.
	Terrazas sobre suelos uniformados superficialmente por materiales limo (suele limoso), arena limoso), peligro climático alto y una media amplificación sísmica local.
Zona de Peligro Medio	Zonas donde la influencia de la actividad de las cárcavas avanza en épocas de lluvias extraordinarias y cursos abandonados no es perceptible o es de poca importancia. Terrazas aljadas de la influencia de las cárcavas, deslizamientos y erosión lateral.



INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

PROYECTO IN-DECI - PHUD PERIODOS 100014025 PROGRAMA CIUDADES SOSTENIBLES CIUDAD DE HUÁNUCO

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO

MAPA DE PELIGROS, PLAN DE USOS DEL SUELO ANTE DESASTRES Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN

PELIGROS NATURALES

- G. INGERBOT
- INGENIERO EN INGENIERIA DE OBRAS DE OBRAS
- OBRAS DE OBRAS

36

Anexo 5
Compromiso de Alquiler y Certificado de Calibración de
los Instrumentos Topográficos.

COMPROMISO DE ALQUILER

El que suscribe el Sr. **PERCY N. CHUQUIYAURI CAMPOS** identificado con **DNI N° 72884603**, Gerente general de la empresa **ICONSEM**, a quien en lo sucesivo se le denominara **EL PROPIETARIO**, se compromete alquilar un **ESTACION TOTAL, MARCA TOPCON ES-105 CON NUMERO DE SERIE GZ4030**, y un **GPS MANUAL, MARCA GARMIN, MODELO GPSMAP 62SC**; al **BACH. CARLOS VLADIMIR POZO SEGUIL**, identificado con DNI: 41648495 con domicilio en Av. Perú Mz C3 Lt 2, Amarilis – Huánuco – Huánuco, con la finalidad de Elaborar el **PROYECTO DE TESIS: "PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DEL DESLIZAMIENTO DE SUELOS DE LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUANUCO-2019"**

Siendo las siguientes características:

CANT.	EQUIPO	MARCA	SERIE
1	Estación Total	TOPCON - es 105	GZ4030
1	GPS Manual	GARMIN	284025093

Los equipos se encuentran en perfectas condiciones de funcionamiento, con su respectivo mantenimiento y calibración, se entrega el equipo a disposición del **BACH. CARLOS VLADIMIR POZO SEGUIL** después de la firma de este Contrato de Alquiler hasta el término de su **PROYECTO DE TESIS** Mencionado.

Huánuco, 11 de Octubre del 2019.

Atentamente;



Percy N. ChuquiyaURI Campos
DNI: 72884603



GEOINSO
Geomatic Instruments Solutions

Gerente General	Enrique Montero
Jefe Técnico	Alberto Narvaez

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE

N°	30011/EM
-----------	-----------------

Nuevo **Calibración** *Mantenimiento* *Reparación* *Garantía*

IDENTIFICACION DEL CLIENTE

Señores : CHUQUIYURI CAMPOS PERCY NILO
Ruc ó Dni : 10728846033



IDENTIFICACION DEL INSTRUMENTO

Instrumento : ESTACION TOTAL
Marca : TOPCON Modelo : ES-105 Serie : GZ4030
Código de Cliente : ET-04

CONDICIONES DE VERIFICACION Y CONDICIONES AMBIENTALES

Lugar de Calibracion : Talleres de mecanica de Precisión y Óptica GEOINSO S.A.C
Vencimiento de Garantía : 12 de Febrero de 2020
Temperatura :

ESPECIFICACIONES DE FABRICACIÓN DEL INSTRUMENTO

Lectura en pantalla : 5"
Incertidumbre estandar según DIN 18723 : 1"
Precisión del distanciometro : ±(3+2ppm x D)mm

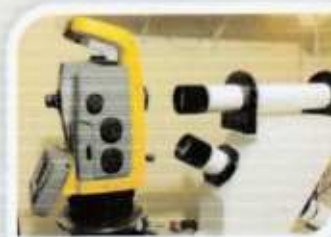
TRAZABILIDAD DE LA VERIFICACION

Equipo patrón utilizado : Set Colimador Marca SOUTH, Modelo #420-3, con Certificado de Calibración N° 433-09-2019

RESULTADOS DEL AJUSTE Y VERIFICACION

VERIFICACION DE ESTACION TOTAL

Error vertical : (**OK** / Ajustado _____)
Verticalidad del telescopio : (**OK** / Ajustado _____)
Doble centro : (**OK** / Ajustado _____)
Plomada óptica : (**OK** / Ajustado _____)



Excentricidad círculo vertical y horizontal

Lecturas

Ang. Vertical

Izquierda

Derecha

Ang. Hz.

Izq.

Der.

90°	89°	59'	60"
+30°	60°	8'	27"
+30°	299°	51'	33"
	359°	59'	60"
	0°	00'	00"

270°	270°	00'	00"
-30°	120°	8'	30"
-30°	239°	51'	30"
	359°	59'	60"
	180°	00'	00"

Vertical (OK / 5 err. centrado) Horizontal (OK / 6 err. centrado)

VERIFICACION DEL DISTANCIOMETRO

Medida Inicial (metros)	Diferencia Medida Patron Medida Inicial	Medida patrón (metros)	Medida Corregida (metros)	Diferencia Medida Patron Medida Corregida
4.7926	0	4.7926	-	-
9.3626	0.0002	9.3628	-	-
13.5553	0.0001	13.5554	-	-

Observaciones:

1. Antes del ajuste el instrumento indicaba : Ang. Vertical 5° Ang. Horizontal 5°

El cliente es responsable de recalibrar el instrumento a intervalos que estime apropiados

Este documento no puede ser reproducido en forma parcial ni total sin la autorización de GEOINSO S.A.C.

Dpto. de Servicio Técnico	Gerencia	Fecha de Calibracion	Central Lima
		12 de Agosto de 2019	Jr. Geminis 706, Urb. Mercurio, Los Olivos
ALBERTO NARVAEZ JEFE TÉCNICO	ENRIQUE MONTERO GERENTE GENERAL	Fecha de Vencimiento	
		12 de Febrero de 2020	Email: Geoinso@gmail.com

Este documento solo certifica y ofrece garantía por la calibración de el equipo.

GEOINSO S.A.C.
20603134681

SOMOS ESPECIALISTAS EN



Anexo 6
Constancia de Uso del Laboratorio de Suelos de la
Universidad de Huánuco.



"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

Huánuco, 9 de diciembre del 2019

LABORATORIO DE MECÁNICA Y SUELOS
FACULTAD DE INGENIERÍA-E.A.P. ING. CIVIL

HACE CONSTAR:

Que, el Tesista **Bach. POZO SEGUIL, CARLOS VLADIMIR** identificado con **DNI N° 41648495**, Código del alumno N°0200621215, Por referencia, de la Facultad de Ingeniería de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil de la UDH-Huánuco da conformidad a sus ensayos para fines de optar el título profesional de ingeniero civil, realizados en el laboratorio de mecánica de suelos los mismos que a continuación detallo:

- Análisis Granulométrico
- Contenido de Humedad
- Plasticidad
- Clasificación Sucs
- Peso Especifico
- Corte Directo

Adjunto los formatos de los ensayos realizados.

Atte.



ERIC REM KOVÓN DAVILA
M. INGENIERÍA ESTRUCTURAL
Y GEOTECNIA
Reg. CIR. 140450


UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Bach./Inga. Civil Noelia H. Gutierrez Vargas
JEFE DE LABORATORIO
DNI 455430

Anexo 7
Certificado de Adquisición de las Raíces de la Planta
Vetiver.



EMPRESA DE IMPLEMENTOS
PARA EL DESARROLLO RURAL
Y LA ECOLOGIA URBANA,
SERVICIOS Y ASESORIA TECNICA

Certificado de Adquisición:

Certifico en representación de la Empresa ALKE E.I.R.L. Se ha vendido el día 18 de noviembre 2019, un corte de raíces (30cm longitud) de una planta de Vetiver (Chrysopogon Zizanioides) crecido 48 meses aproximados en un terreno arenoso de la Zona sur de Lima, al Sr. Carlos Vladimir Pozo Seguil.

El Vetiver - Chrysopogon es promovida en mas de 100 países entre ellos Perú.

Lima 18 de noviembre 2019



MSc. Ing. Alois Kennerknecht
CE 000393480

"Somos parte del Medio Ambiente. Cuidémoslo"

Anexo 8
Ensayos Mecánicos de Suelos.



ENSAYO 1: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO – E1

TESIS:	PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2019.
TESISTA:	BACH. POZO SEGUIL, CARLOS VLADIMIR.
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2019.

1.- REFERENCIA:

ASTM D - 422, Standard Test Method for Particle - Size Analysis of Soils.

AASHTO T - 88, Standard Method of Test Particle Size Analysis os Soils.

NTP 339.128, Método de prueba estándar para el análisis de las partículas de suelo.

2.- OBJETIVO:

Determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo.

3.- MATERIALES:

Tamices ASTM E-11, Balanza digital, Horno, Taras.

4.- MUESTRAS:

CALICATA	C01	ESTRATO	E01
MUESTRA	ALTERADA - M1	ALTURA	0.50 m
COORDENADAS UTM	363478.000 E	8904008.000 N	2093.500 msnm

5.- GRANULOMETRÍA:

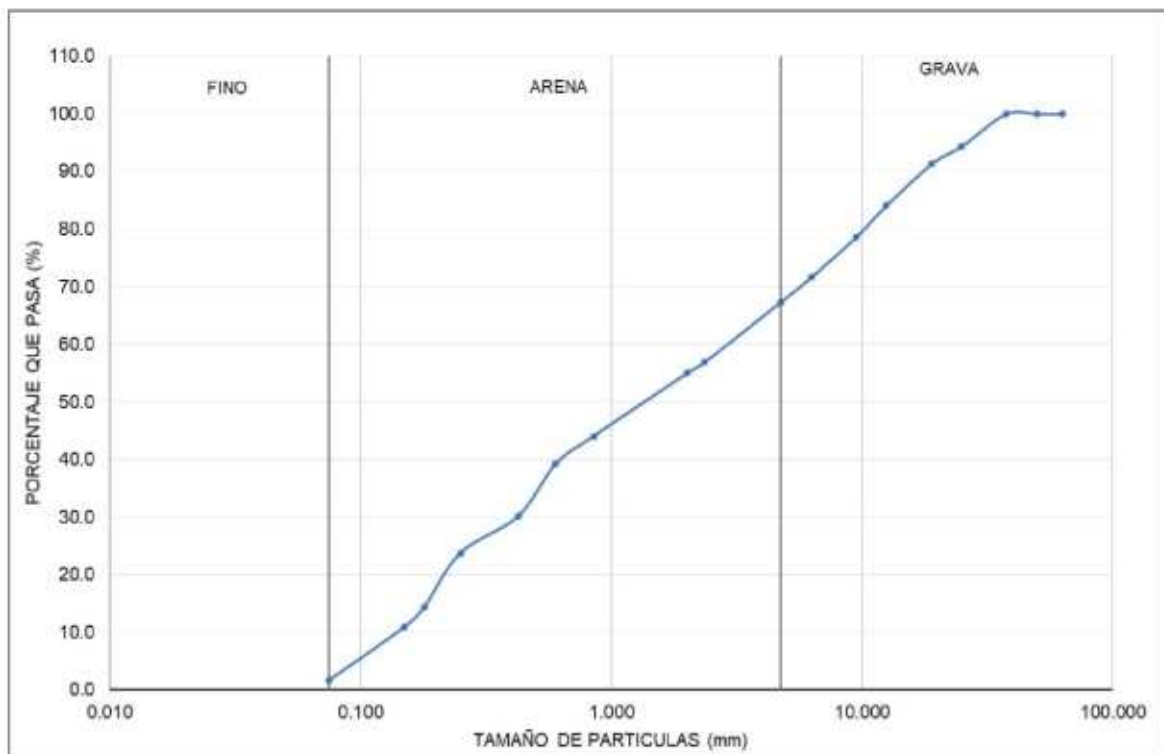
TIPO SUELO	TAMIZ		PESO (g) Retenido	% Retenido	PESO ACUMULADO (g)		% ACUMULADO		% SUELO
	Pulg.	mm.			Retenido	Pasa	Retenido	Pasa	
GRAVA	2_1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	2321.7	0.0	100.0	32.6
	2"	50.000	0.0	0.0	0.0	2321.7	0.0	100.0	
	1_1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	2321.7	0.0	100.0	
	1"	25.000	129.9	5.6	129.9	2191.8	5.6	94.4	
	3/4"	19.000	70.8	3.0	200.7	2121.0	8.6	91.4	
	1/2"	12.500	169.4	7.3	370.1	1951.6	15.9	84.1	
	3/8"	9.500	125.0	5.4	495.1	1826.6	21.3	78.7	
	1/4"	6.300	162.4	7.0	657.5	1664.2	28.3	71.7	
ARENA	# 4	4.750	100.5	4.3	758.0	1563.7	32.6	67.4	65.7
	# 8	2.360	242.7	10.5	1000.7	1321.0	43.1	56.9	
	# 10	2.000	45.7	2.0	1046.4	1275.3	45.1	54.9	
	# 20	0.850	252.4	10.9	1298.8	1022.9	55.9	44.1	
	# 30	0.600	111.6	4.8	1410.4	911.3	60.7	39.3	
	# 40	0.425	211.6	9.1	1622.0	699.7	69.9	30.1	
	# 60	0.250	148.4	6.4	1770.4	551.3	76.3	23.7	
	# 80	0.180	215.8	9.3	1986.2	335.5	85.5	14.5	
FINO	# 100	0.150	81.5	3.5	2067.7	254.0	89.1	10.9	1.6
	# 200	0.075	216.0	9.3	2283.7	38.0	98.4	1.6	
PESO TOTAL DE MUESTRA			2321.7				100.0		100.0



ENSAYO 1: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO – E1

TESIS:	PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2019.
TESISTA:	BACH. POZO SEGUIL, CARLOS VLADIMIR.
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2019.

6.- CURVA GRANULOMÉTRICA:



7.- RESULTADOS:

mm	% Pasa	mm	% Pasa	mm	% Pasa
D10 =	0.145	D30 =	0.422	D60 =	3.066

Cu =	21.1
Cc =	0.4

GRAVAS (%)	32.6
ARENAS (%)	65.7
FINOS (%)	1.6



ENSAYO 2: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO – E2

TESIS:	PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2019.
TESISTA:	BACH. POZO SEGUIL, CARLOS VLADIMIR.
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2019.

1.- REFERENCIA:

ASTM D - 422, Standard Test Method for Particle - Size Analysis of Soils.

AASHTO T - 88, Standard Method of Test Particle Size Analysis os Soils.

NTP 339.128, Método de prueba estándar para el análisis de las partículas de suelo.

2.- OBJETIVO:

Determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo.

3.- MATERIALES:

Tamices ASTM E-11, Balanza digital, Horno, Taras.

4.- MUESTRAS:

CALICATA	C1	ESTRATO	E2
MUESTRA	ALTERADA - M1	ALTURA	6.00 m
COORDENADAS UTM	363478.000 E	8904008.000 N	2093.500 msnm

5.- GRANULOMETRÍA:

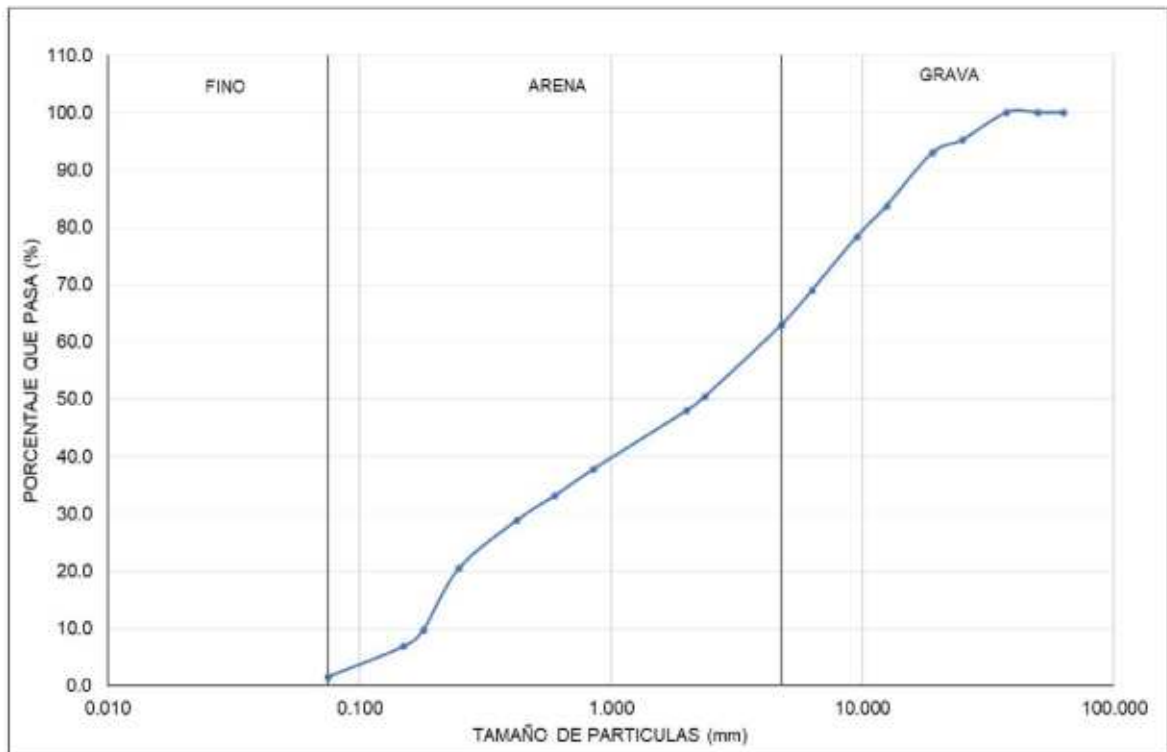
TIPO SUELO	TAMIZ		PESO (g) Retenido	% Retenido	PESO ACUMULADO (g)		% ACUMULADO		% SUELO
	Pulg.	mm.			Retenido	Pasa	Retenido	Pasa	
GRAVA	2_1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	2247.0	0.0	100.0	37.1
	2"	50.000	0.0	0.0	0.0	2247.0	0.0	100.0	
	1_1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	2247.0	0.0	100.0	
	1"	25.000	107.5	4.8	107.5	2139.5	4.8	95.2	
	3/4"	19.000	50.6	2.3	158.1	2088.9	7.0	93.0	
	1/2"	12.500	207.7	9.2	365.8	1881.2	16.3	83.7	
	3/8"	9.500	122.1	5.4	487.9	1759.1	21.7	78.3	
	1/4"	6.300	209.3	9.3	697.2	1549.8	31.0	69.0	
ARENA	# 4	4.750	137.2	6.1	834.4	1412.6	37.1	62.9	61.4
	# 8	2.360	280.9	12.5	1115.3	1131.7	49.6	50.4	
	# 10	2.000	53.8	2.4	1169.1	1077.9	52.0	48.0	
	# 20	0.850	231.3	10.3	1400.4	846.6	62.3	37.7	
	# 30	0.600	102.2	4.5	1502.6	744.4	66.9	33.1	
	# 40	0.425	95.7	4.3	1598.3	648.7	71.1	28.9	
	# 60	0.250	188.5	8.4	1786.8	460.2	79.5	20.5	
	# 80	0.180	241.7	10.8	2028.5	218.5	90.3	9.7	
FINO	# 100	0.150	65.8	2.9	2094.3	152.7	93.2	6.8	1.5
	# 200	0.075	119.5	5.3	2213.8	33.2	98.5	1.5	
PESO TOTAL DE MUESTRA			2247.0						100.0



ENSAYO 2: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO – E2

TESIS:	PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2019.
TESISTA:	BACH. POZO SEGUIL, CARLOS VLADIMIR.
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2019.

6.- CURVA GRANULOMÉTRICA:



7.- RESULTADOS:

mm	% Pasa	mm	% Pasa	mm	% Pasa
D10 =	0.182	D30 =	0.471	D60 =	4.196

Cu =	23.1
Cc =	0.3

GRAVAS (%)	37.1
ARENAS (%)	61.4
FINOS (%)	1.5



ENSAYO 3: CONTENIDO DE HUMEDAD – E1

TESIS:	PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2019.
TESISTA:	BACH. POZO SEGUIL, CARLOS VLADIMIR.
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2019.

1.- REFERENCIA:

ASTM D - 2216, Standard Test Method for Laboratory Determination of Water content of Soil and Rock by Mass.

ASTM D - 4643, Standard Test Method for Determination of Water content of Soil by the Microwave Oven Heating.

AASHTO T - 265, Laboratory Dertermination of Moisture Content of Soils.

NTP 339.127, Método de prueba estándar para la determinación del contenido de humedad de las masas de suelos y rocas.

2.- OBJETIVO:

Determinar los el contenido de humedad de masas de suelo.

3.- MATERIALES:

Balanza digital, Homo, Taras.

4.- MUESTRAS:

CALICATA	C1	ESTRATO	E1
MUESTRA	INALTERADA - M1, M2, M3	ALTURA	0.50 m
COORDENADAS UTM	363478.000 E	8904008.000 N	2093.500 msnm

5.- CÁLCULOS:

CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	M1	M2	M3
PESO SUELO HÚMEDO + TARA (gr)	442.2	486.9	418.3
PESO SUELO SECO + TARA (gr)	427.6	471.9	406.3
PESO DEL AGUA CONTENIDA (gr)	14.6	15.0	12.0
PESO TARA (gr)	31.1	31.8	31.2
PESO SUELO SECO (gr)	396.5	440.1	375.1
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.682	3.408	3.199

6.- RESULTADOS:

CONTENIDO DE HUMEDAD (%) 3.430



ENSAYO 4: CONTENIDO DE HUMEDAD – E2

TESIS:	PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2019.
TESISTA:	BACH. POZO SEGUIL, CARLOS VLADIMIR.
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2019.

1.- REFERENCIA:

ASTM D - 2216, Standard Test Method for Laboratory Determination of Water content of Soil and Rock by Mass.

ASTM D - 4643, Standard Test Method for Determination of Water content of Soil by the Microwave Oven Heating.

AASHTO T - 265, Laboratory Dertermination of Moisture Content of Soils.

NTP 339.127, Método de prueba estándar para la determinación del contenido de humedad de las masas de suelos y rocas.

2.- OBJETIVO:

Determinar los el contenido de humedad de masas de suelo.

3.- MATERIALES:

Balanza digital, Horno, Taras.

4.- MUESTRAS:

CALICATA	C01	ESTRATO	E02
MUESTRA	INALTERADA - M1, M2, M3	ALTURA	6.00 m
COORDENADAS UTM	363478.000 E	8904008.000 N	2093.500 msnm

5.- CÁLCULOS:

CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	M1	M2	M3
PESO SUELO HÚMEDO + TARA (gr)	415.2	435.8	436.0
PESO SUELO SECO + TARA (gr)	403.7	422.0	421.8
PESO DEL AGUA CONTENIDA (gr)	11.5	13.8	14.2
PESO TARA (gr)	30.6	29.9	35.6
PESO SUELO SECO (gr)	373.1	392.1	386.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.082	3.520	3.677

6.- RESULTADOS:

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.426
--------------------------	-------



ENSAYO 5: PLASTICIDAD – E1

TESIS:	PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2019.
TESISTA:	BACH. POZO SEGUIL, CARLOS VLADIMIR.
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2019.

1.- REFERENCIA:

ASTM D - 4318, Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.

AASHTO T - 89, Standard Method of Test for Determining the Liquid Limit of Soils.

AASHTO T - 90, Standard Method of Test for Determining the Plastic Limit and Plasticity Index of Soils.

NTP 339.129, Método de prueba estándar para limite líquido, limite plástico, e índice de plasticidad de los suelos.

2.- OBJETIVO:

Determinar los límites de Atterberg en los suelos.

3.- MATERIALES:

Tamiz No. 4 ASTM E-11, Balanza digital, Horno, Vidrio templado de superficie lisa, Agua destilada, Taras.

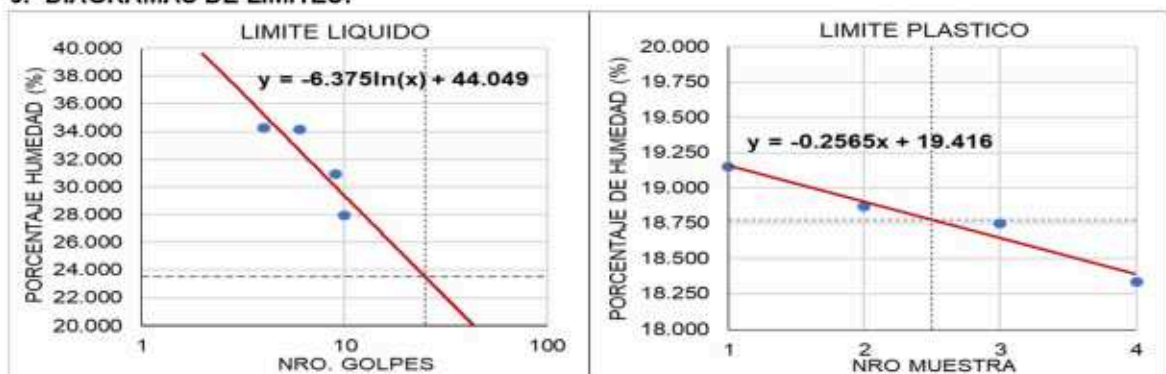
4.- MUESTRAS:

CALICATA	C1	ESTRATO	E1
MUESTRA	ALTERADA - M1, M2, M3, M4	ALTURA	0.50 m
COORDENADAS UTM	363478.000 E	8904008.000 N	2093.500 msnm

5.- CÁLCULOS:

ENSAYO DE PLASTICIDAD	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLÁSTICO			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
PESO SUELO HÚMEDO + TARA (gr)	60.4	53.4	43.8	51.4	34.1	31.1	33.4	31.8
PESO SUELO SECO + TARA (gr)	51.8	46.4	39.1	45.9	33.2	30.1	32.5	30.7
PESO DEL AGUA CONTENIDA (gr)	8.6	7.0	4.7	5.5	0.9	1.0	0.9	1.1
PESO TARA (gr)	26.7	25.9	23.9	26.2	28.5	24.8	27.7	24.7
PESO SUELO SECO (gr)	25.1	20.5	15.2	19.7	4.7	5.3	4.8	6.0
% DE HUMEDAD	34.263	34.146	30.921	27.919	19.149	18.868	18.750	18.333
NRO. DE GOLPES	4	6	9	10				

6.- DIAGRAMAS DE LIMITES:





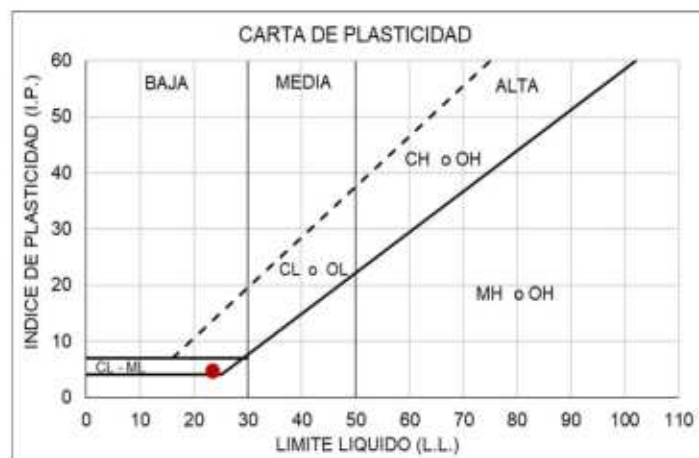
ENSAYO 5: PLASTICIDAD – E1

TESIS:	PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2019.
TESISTA:	BACH. POZO SEGUIL, CARLOS VLADIMIR.
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2019.

7.- RESULTADOS:

L.L. (%)	23.525
L.P. (%)	18.775

I.P. (%)	4.750
----------	-------





ENSAYO 6: PLASTICIDAD – E2

TESIS:	PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2019.
TESISTA:	BACH. POZO SEGUIL, CARLOS VLADIMIR.
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2019.

1.- REFERENCIA:

ASTM D - 4318, Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.

AASHTO T - 89, Standard Method of Test for Determining the Liquid Limit of Soils.

AASHTO T - 90, Standard Method of Test for Determining the Plastic Limit and Plasticity Index of Soils.

NTP 339.129, Método de prueba estándar para límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de los suelos.

2.- OBJETIVO:

Determinar los límites de Atterberg en los suelos.

3.- MATERIALES:

Tamiz Nro. 4 ASTM E-11, Balanza digital, Horno, Vidrio templado de superficie lisa, Agua destilada, Taras.

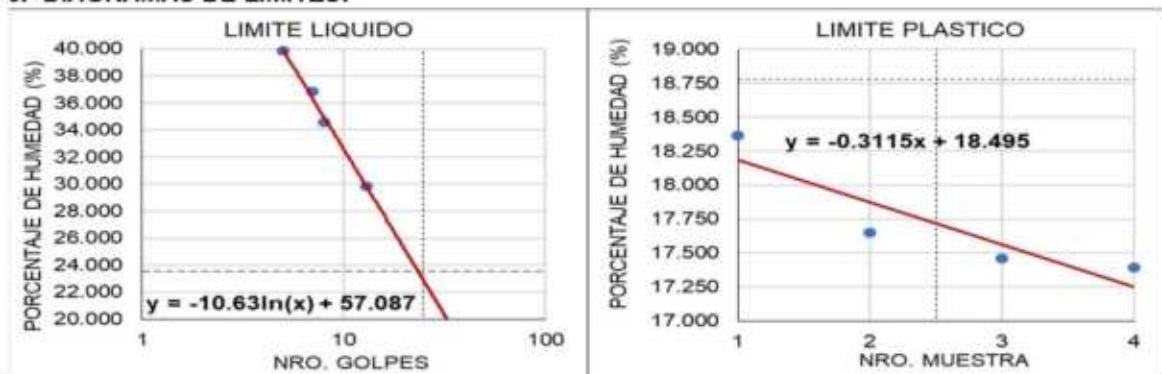
4.- MUESTRAS:

CALICATA	C1	ESTRATO	E2
MUESTRA	ALTERADA - M1, M2, M3, M4	ALTURA	6.00 m
COORDENADAS UTM	363478.000 E	8904008.000 N	2093.500 msnm

5.- CÁLCULOS:

ENSAYO DE PLASTICIDAD	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLÁSTICO			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
NRO. DE ENSAYOS								
PESO SUELO HÚMEDO + TARA (gr)	48.3	47.4	52.4	59.2	33.3	30.7	32.2	33.9
PESO SUELO SECO + TARA (gr)	42.0	41.1	45.1	51.8	32.4	29.8	31.1	33.1
PESO DEL AGUA CONTENIDA (gr)	6.3	6.3	7.3	7.4	0.9	0.9	1.1	0.8
PESO TARA (gr)	26.2	24.0	24.0	27.0	27.5	24.7	24.8	28.5
PESO SUELO SECO (gr)	15.8	17.1	21.1	24.8	4.9	5.1	6.3	4.6
% DE HUMEDAD	39.873	36.842	34.597	29.839	18.367	17.647	17.460	17.391
NRO. DE GOLPES	5	7	8	13				

6.- DIAGRAMAS DE LIMITES:





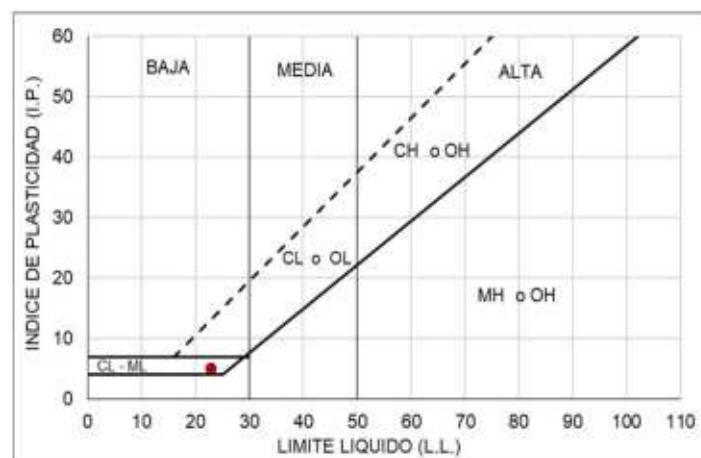
ENSAYO 6: PLASTICIDAD – E2

TESIS:	PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2019.
TESISTA:	BACH. POZO SEGUIL, CARLOS VLADIMIR.
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2019.

7.- RESULTADOS:

L.L. (%)	22.870
L.P. (%)	17.717

I.P. (%)	5.154
----------	-------





ENSAYO 7: CLASIFICACIÓN SUCS – E1

TESIS:	PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2019.
TESISTA:	BACH. POZO SEGUIL, CARLOS VLADIMIR.
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2019.

1.- REFERENCIA:

ASTM D - 2487, Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes USCS (Unified Soils Classification System).

AASHTO M - 145, Standard Specification for Classification of Soils an Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purpose.

NTP 339.134, Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería SUCS (Sistema unificado de Clasificación de Suelos).

2.- OBJETIVO:

Determinar la clasificación de suelos para propósitos de ingeniería.

3.- MUESTRAS:

CALICATA	C1	ESTRATO	E1
MUESTRA	ALTERADA	ALTURA	0.50 m
COORDENADAS UTM	363478.000 E	8904008.000 N	2093.500 msnm

4.- CLASIFICACIÓN SUCS:

TIPO SUELO	TAMIZ		% ACUMULADO		% SUELO	SUCS
	Pulg.	mm.	Retenido	Pasa		
GRAVA	# 4	4.75	32.6	67.4	32.6	< 50 % RETENIDA # 4
ARENA	# 200	0.075	98.4	1.6	65.7	> 50 % PASA # 4
FINO	Cazoleta		100	0	1.6	< 5% DE FINOS

COEFICIENTE	VALOR	SUCS
Cu	21.1	≥ 6
Cc	0.4	< 1

LIMITES	HUMEDAD	SUCS
L.L. (%)	23.525	> 0.075
I.P. (%)	4.750	4 < IP < 7

5.- RESULTADO:

SUELO	ARENA POBREMENTE GRADUADA CON GRAVA (SP)
--------------	--



ENSAYO 8: CLASIFICACIÓN SUCS – E2	
TESIS:	PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2019.
TESISTA:	BACH. POZO SEGUIL, CARLOS VLADIMIR.
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2019.

1.- REFERENCIA:

ASTM D - 2487, Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes USCS (Unified Soil Classification System).

AASHTO M - 145, Standard Specification for Classification of Soils an Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purpose.

NTP 339.134, Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería SUCS (Sistema unificado de Clasificación de Suelos).

2.- OBJETIVO:

Determinar la clasificación de suelos para propósitos de ingeniería.

3.- MUESTRAS:

CALICATA	C1	ESTRATO	E2
MUESTRA	ALTERADA	ALTURA	6.00 m
COORDENADAS UTM	363478.000 E	8904008.000 N	2093.500 msnm

4.- CLASIFICACIÓN SUCS:

TIPO	TAMIZ		% ACUMULADO		% SUELO	SUCS
	Pulg.	mm.	Retenido	Pasa		
GRAVA	# 4	4.750	37.1	62.9	37.1	< 50 % RETENIDA # 4
ARENA	# 200	0.075	98.5	1.5	61.4	> 50 % PASA # 4
FINO	Cazoleta		100.0	0.0	1.5	< 5% DE FINOS

COEFICIENTE	VALOR	SUCS
Cu	23.1	≥ 6
Cc	0.3	< 1

LIMITES	HUMEDAD	SUCS
L.L. (%)	22.870	> 0.075
I.P. (%)	5.154	4 < IP < 7

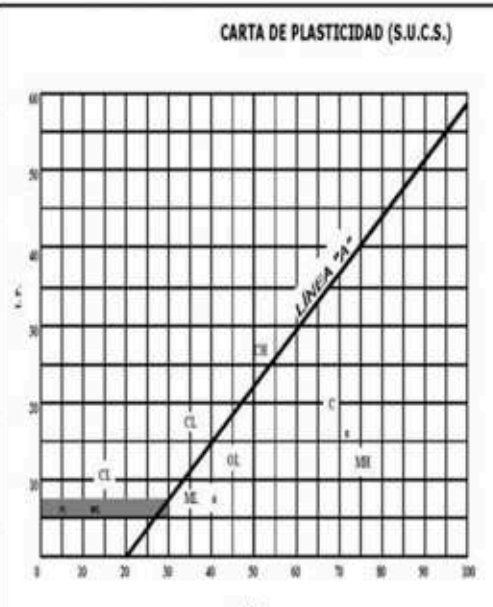
5.- RESULTADOS:

SUELO	ARENA POBREMENTE GRADUADA CON GRAVA (SP)
--------------	--

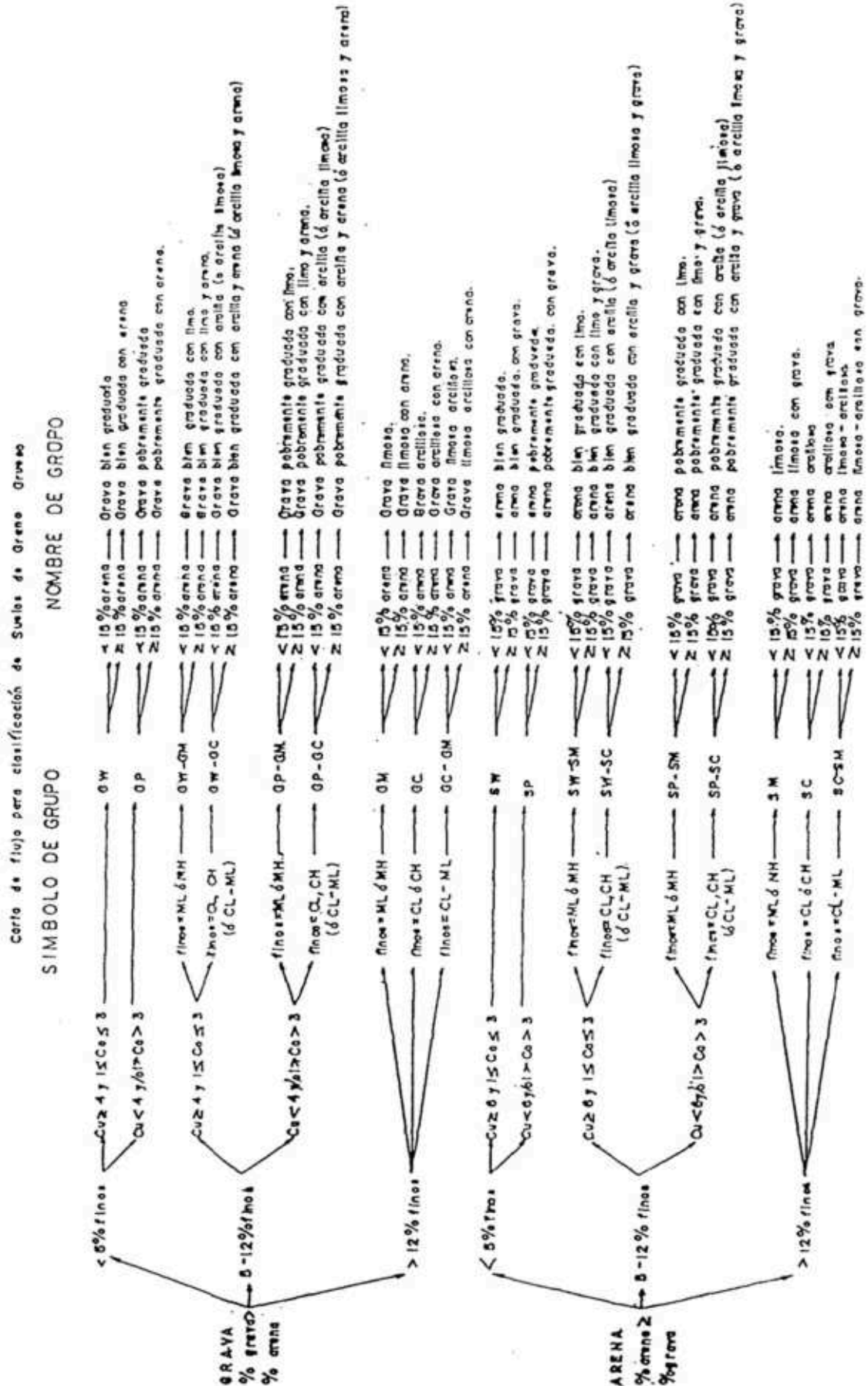


SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)
 INCLUYENDO IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN

DIVISIÓN MAYOR		SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO			
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 @ Más de la mitad de las partículas más pequeñas (la malla No. 200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4 PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE 1/2 cm. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	GW Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poca o nada de finos	GP Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos.	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD C_u : mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA C_c : entre 1 y 3. $C_u = D_{60} / D_{10}$ $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW.			
					* d GM Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo	GC Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla	
		SW Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.	SP Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.		$C_u = D_{60} / D_{10}$ mayor de 6 ; $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ entre 1 y 3. No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW		
						* d SM Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	SC Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.
		ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4 PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE 1/2 cm. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	ARENA LIMPIA Poco o nada de partículas finas		SW Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.	SP Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.	
							ARENA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas
	ML Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.		CL Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.				
				LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor de 50	OL Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.	MH Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos.	CH Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.
	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50		OH Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.				
				SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	P Turbas y otros suelos altamente orgánicos.	P Turbas y otros suelos altamente orgánicos.	



** CLASIFICACIÓN DE FRONTERA- LOS SUELOS QUE POSEAN LAS CARACTERÍSTICAS DE DOS GRUPOS SE DESIGNAN CON LA COMBINACIÓN DE LOS DOS SÍMBOLOS; POR EJEMPLO GW-GC, MEZCLA DE ARENA Y GRAVA BIEN GRADUADAS CON CEMENTANTE ARCILLOSO.
 @ TODOS LOS TAMAÑOS DE LAS MALLAS EN ESTA CARTA SON LOS U.S. STANDARD.
 * LA DIVISIÓN DE LOS GRUPOS GM Y SM EN SUBDIVISIONES d Y u SON PARA CAMINOS Y AEROPUERTOS ÚNICAMENTE. LA SUB-DIVISIÓN ESTA BASADA EN LOS LÍMITES DE ATTERBERG EL SUFJO d SE USA CUANDO EL L.L. ES DE 28 O MENOS Y EL L.P. ES DE 6 O MENOS. EL SUFJO u ES USADO CUANDO EL L.L. ES MAYOR QUE 28.





ENSAYO 9: PESO ESPECIFICO – E2

TESIS:	PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2019.
TESISTA:	BACH. POZO SEGUIL, CARLOS VLADIMIR.
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2019.

1.- REFERENCIA:

ASTM D - 854, Standard Test Method for Specific Gravity of Soil Solids by Water Picnómetro.

AASHTO T - 100, Estándar Method of Test for Specific Gravity of Soils.

NTP 339.131, Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo por agua y picnómetro.

2.- OBJETIVO:

Determinar los el contenido de humedad de masas de suelo.

3.- MATERIALES:

Tamiz Nro. 4, Picnómetro 500 ml, Balanza digital, Termómetro, Agua destilada, Taras.

4.- MUESTRAS:

CALICATA	C1	ESTRATO	E2
MUESTRA	INALTERADA - M1	ALTURA	6.00 m
COORDENADAS UTM	363478.000 E	8904008.000 N	2093.500 msnm

5.- CÁLCULOS:

CALCULO DE LA DENSIDAD DEL SUELO	M1
PESO SUELO HÚMEDO NATURAL + TARA (gr)	135.3
PESO TARA (gr)	35.3
PESO SUELO HÚMEDO NATURAL (gr)	100
PESO FIOLA DE 500 ml (gr)	142.5
PESO FIOLA DE 500 ml + AGUA (gr)	639
PESO DEL AGUA (gr)	496.5
PESO FIOLA DE 500 ml + AGUA MEZCLADA CON EL SUELO HÚMEDO NATURAL (gr)	701.6
PESO AGUA MEZCLADA CON EL SUELO HÚMEDO NATURAL (gr)	559.1
TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	27.4
DENSIDAD DE AGUA A TEMPERATURA 27.4 °C (gr/cm3)	0.99641
DENSIDAD DEL SUELO NATURAL (gr/cm3)	2.664197861

6.- RESULTADOS:

DENSIDAD DEL SUELO NATURAL (kg/m3)	2664.197861
GRAVEDAD LOCAL (m/seg2)	9.775018
PESO ESPECIFICO (kN/m3)	26.04258205



ENSAYO 10: PESO ESPECIFICO – E2 & VETIVER

TESIS:	PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2019.
TESISTA:	BACH. POZO SEGUIL, CARLOS VLADIMIR.
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2019.

1.- REFERENCIA:

ASTM D - 854, Standard Test Method for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer.

AASHTO T - 100, Estándar Method of Test for Specific Gravity of Soils.

NTP 339.131, Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo por agua y picnómetro.

2.- OBJETIVO:

Determinar los el contenido de humedad de masas de suelo.

3.- MATERIALES:

Tamiz Nro. 4, Picnómetro 500 ml, Balanza digital, Termómetro, Agua destilada, Taras.

4.- MUESTRAS:

CALICATA	C01	ESTRATO	E2 + VETIVER
MUESTRA	INALTERADA - M1	ALTURA	5.00 m
COORDENADAS UTM	363478.000 E	8904008.000 N	2093.500 msnm

5.- CÁLCULOS:

CALCULO DE LA DENSIDAD DEL SUELO	M1+VETIVER
PESO SUELO HÚMEDO NATURAL + TARA (gr)	135.3
PESO TARA (gr)	35.3
PESO SUELO HÚMEDO NATURAL (gr)	100
PESO FIOLA DE 500 ml (gr)	142.5
PESO FIOLA DE 500 ml + AGUA (gr)	639
PESO DEL AGUA (gr)	496.5
PESO FIOLA DE 500 ml + AGUA MEZCLADA CON EL SUELO HÚMEDO NATURAL (gr)	702.3
PESO AGUA MEZCLADA CON EL SUELO HÚMEDO NATURAL (gr)	559.8
TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	27.8
DENSIDAD DE AGUA A TEMPERATURA 27.4 °C (gr/cm3)	0.99632
DENSIDAD DEL SUELO NATURAL (gr/cm3)	2.714768392

6.- RESULTADOS:

DENSIDAD DEL SUELO NATURAL (kg/m3)	2714.768392
GRAVEDAD LOCAL (m/seg2)	9.775018
PESO ESPECIFICO (kN/m3)	26.5369099



D 854

TABLE 2 Density of Water and Temperature Coefficient (K) for Various Temperatures^A

Temperature (°C)	Density (g/mL) [#]	Temperature Coefficient (K)	Temperature (°C)	Density (g/mL) [#]	Temperature Coefficient (K)	Temperature (°C)	Density (g/mL) [#]	Temperature Coefficient (K)	Temperature (°C)	Density (g/mL) [#]	Temperature Coefficient (K)
15.0	0.99910	1.00090	16.0	0.99895	1.00074	17.0	0.99878	1.00057	18.0	0.99860	1.00039
.1	0.99909	1.00088	.1	0.99893	1.00072	.1	0.99876	1.00055	.1	0.99858	1.00037
.2	0.99907	1.00087	.2	0.99891	1.00071	.2	0.99874	1.00054	.2	0.99856	1.00035
.3	0.99906	1.00085	.3	0.99890	1.00069	.3	0.99872	1.00052	.3	0.99854	1.00034
.4	0.99904	1.00084	.4	0.99888	1.00067	.4	0.99871	1.00050	.4	0.99852	1.00032
.5	0.99902	1.00082	.5	0.99886	1.00066	.5	0.99869	1.00048	.5	0.99850	1.00030
.6	0.99901	1.00080	.6	0.99885	1.00064	.6	0.99867	1.00047	.6	0.99848	1.00028
.7	0.99899	1.00079	.7	0.99883	1.00062	.7	0.99865	1.00045	.7	0.99847	1.00026
.8	0.99898	1.00077	.8	0.99881	1.00061	.8	0.99863	1.00043	.8	0.99845	1.00024
.9	0.99896	1.00076	.9	0.99879	1.00059	.9	0.99862	1.00041	.9	0.99843	1.00022
19.0	0.99841	1.00020	20.0	0.99821	1.00000	21.0	0.99799	0.99979	22.0	0.99777	0.99957
.1	0.99839	1.00018	.1	0.99819	0.99998	.1	0.99797	0.99977	.1	0.99775	0.99954
.2	0.99837	1.00016	.2	0.99816	0.99996	.2	0.99795	0.99974	.2	0.99773	0.99952
.3	0.99835	1.00014	.3	0.99814	0.99994	.3	0.99793	0.99972	.3	0.99770	0.99950
.4	0.99833	1.00012	.4	0.99812	0.99992	.4	0.99791	0.99970	.4	0.99768	0.99947
.5	0.99831	1.00010	.5	0.99810	0.99990	.5	0.99789	0.99968	.5	0.99766	0.99945
.6	0.99829	1.00008	.6	0.99808	0.99987	.6	0.99786	0.99966	.6	0.99764	0.99943
.7	0.99827	1.00006	.7	0.99806	0.99985	.7	0.99784	0.99963	.7	0.99761	0.99940
.8	0.99825	1.00004	.8	0.99804	0.99983	.8	0.99782	0.99961	.8	0.99759	0.99938
.9	0.99823	1.00002	.9	0.99802	0.99981	.9	0.99780	0.99959	.9	0.99756	0.99936
23.0	0.99754	0.99933	24.0	0.99730	0.99909	25.0	0.99705	0.99884	26.0	0.99679	0.99858
.1	0.99752	0.99931	.1	0.99727	0.99907	.1	0.99702	0.99881	.1	0.99676	0.99855
.2	0.99749	0.99929	.2	0.99725	0.99904	.2	0.99700	0.99879	.2	0.99673	0.99852
.3	0.99747	0.99926	.3	0.99723	0.99902	.3	0.99697	0.99876	.3	0.99671	0.99850
.4	0.99745	0.99924	.4	0.99720	0.99899	.4	0.99694	0.99874	.4	0.99666	0.99847
.5	0.99742	0.99921	.5	0.99717	0.99897	.5	0.99692	0.99871	.5	0.99665	0.99844
.6	0.99740	0.99919	.6	0.99715	0.99894	.6	0.99689	0.99868	.6	0.99663	0.99842
.7	0.99737	0.99917	.7	0.99712	0.99892	.7	0.99687	0.99866	.7	0.99660	0.99839
.8	0.99735	0.99914	.8	0.99710	0.99889	.8	0.99684	0.99863	.8	0.99657	0.99836
.9	0.99732	0.99912	.9	0.98707	0.99887	.9	0.99681	0.99860	.9	0.99654	0.99833
27.0	0.99652	0.99831	28.0	0.99624	0.99803	29.0	0.99595	0.99774	30.0	0.99585	0.99744
.1	0.99649	0.99828	.1	0.99621	0.99800	.1	0.99592	0.99771	.1	0.99562	0.99741
.2	0.99646	0.99825	.2	0.99618	0.99797	.2	0.99589	0.99768	.2	0.99559	0.99738
.3	0.99643	0.99822	.3	0.99615	0.99794	.3	0.99586	0.99765	.3	0.99556	0.99735
.4	0.99641	0.99820	.4	0.99612	0.99791	.4	0.99583	0.99762	.4	0.99553	0.99732
.5	0.99638	0.99817	.5	0.99609	0.99788	.5	0.99580	0.99759	.5	0.99550	0.99729
.6	0.99635	0.99814	.6	0.99607	0.99785	.6	0.99577	0.99756	.6	0.99547	0.99726
.7	0.99632	0.99811	.7	0.99604	0.99782	.7	0.99574	0.99753	.7	0.99544	0.99723
.8	0.99629	0.99808	.8	0.99601	0.99780	.8	0.99571	0.99750	.8	0.99541	0.99720
.9	0.99627	0.99806	.9	0.99598	0.99777	.9	0.99568	0.99747	.9	0.99538	0.99716

^AReference: CRC Handbook of Chemistry and Physics, David R. Lide, Editor-in-Chief, 74th Edition, 1993–1994.
[#]mL = cm³.



ENSAYO 11: CORTE DIRECTO – E2

TESIS:	PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2019.
TESISTA:	BACH. POZO SEGUIL, CARLOS VLADIMIR.
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2019.

1.- REFERENCIA:

ASTM D - 3080, Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.

AASHTO T - 236, Standard Method for Direct Shear Test of Soils.

NTP 339.171, Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas.

2.- OBJETIVO:

Determinar los parámetros de Resistencia del suelo bajo pruebas de corte directo.

3.- MATERIALES:

Máquina de corte directo, Caja de corte, Anillo de corte, Balanza digital, Agua destilada, Taras.

4.- MUESTRAS:

CALICATA	C1	ESTRATO	E2
MUESTRA	ALTERADA - M1, M2, M3	ALTURA	6.00 m
COORDENADAS UTM	363478.000 E	8904008.000 N	2093.500 msnm

5.- PREPARACIÓN DE MUESTRAS:

MUESTRAS DE CORTE	LADO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)	TIPO DE ENSAYO
M1	6.00	19.00	36.00	684.00	CD
M2	6.00	19.00	36.00	684.00	CD
M3	6.00	19.00	36.00	684.00	CD

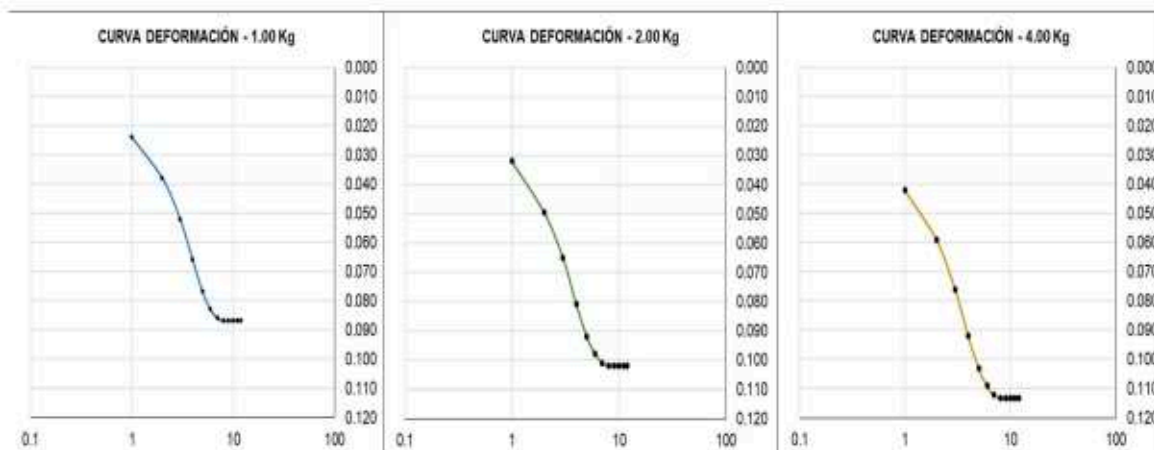
6.- CONSOLIDACIÓN DE MUESTRAS:

CONSOLIDACIÓN CON 1 kg – M1				CONSOLIDACIÓN CON 2 kg – M2				CONSOLIDACIÓN CON 4 kg – M3			
ty (min)	Log.ty (Seg)	dy (mm)	h (mm)	ty (min)	Log.ty (Seg)	dy (mm)	h (mm)	ty (min)	Log.ty (Seg)	dy (mm)	h (mm)
0			19.000	0			19.000	0			19.000
0.1	0.77815125	0.024	18.976	0.1	0.77815125	0.032	18.968	0.1	0.77815125	0.042	18.958
0.25	1.176091259	0.038	18.962	0.25	1.176091259	0.050	18.951	0.25	1.176091259	0.059	18.941
0.5	1.477121255	0.052	18.948	0.5	1.477121255	0.065	18.935	0.5	1.477121255	0.076	18.924
1	1.77815125	0.066	18.934	1	1.77815125	0.081	18.919	1	1.77815125	0.092	18.908
2	2.079181246	0.077	18.923	2	2.079181246	0.092	18.908	2	2.079181246	0.103	18.897
4	2.380211242	0.083	18.917	4	2.380211242	0.098	18.902	4	2.380211242	0.109	18.891
8	2.681241237	0.086	18.914	8	2.681241237	0.101	18.899	8	2.681241237	0.112	18.888
15	2.954242509	0.087	18.913	15	2.954242509	0.102	18.898	15	2.954242509	0.113	18.887
30	3.255272505	0.087	18.913	30	3.255272505	0.102	18.898	30	3.255272505	0.113	18.887
60	3.556302501	0.087	18.913	60	3.556302501	0.102	18.898	60	3.556302501	0.113	18.887
120	3.857332496	0.087	18.913	120	3.857332496	0.102	18.898	120	3.857332496	0.113	18.887
240	4.158362492	0.087	18.913	240	4.158362492	0.102	18.898	240	4.158362492	0.113	18.887



ENSAYO 11: CORTE DIRECTO – E2

TESIS:	PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2019.
TESISTA:	BACH. POZO SEGUIL, CARLOS VLADIMIR.
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2019.



d.f = 0.1 x L (mm)	6.00	d.f = 0.1 x L (mm)	6.00	d.f = 0.1 x L (mm)	6.00
t.50 (min)	0.32367	t.50 (min)	0.26384	t.50 (min)	0.2143
t.f = 50 x t.50 (min)	16.1835	t.f = 50 x t.50 (min)	13.192	t.f = 50 x t.50 (min)	10.715
V.c. = d.f / t.f (mm/min)	0.370747984	V.c. = d.f / t.f (mm/min)	0.454821104	V.c. = d.f / t.f (mm/min)	0.559962669

7.- CORTE DE MUESTRAS:

GRAVED. (m/seg ²)	9.775018	COEF_REGRES_A =	0.00689455 kN	COEF_REGRES_B =	0.00391074 kN
FUERZA DE CORTE =	(DIAL_CORTE x COEF_REGRES_B) + COEF_REGRES_A				

M1						
DIAL DEFORM. (mm)	DIAL CORTE (mm)	ÁREA CORR. (m ²)	FZA. CORTE (kN)	FZA. NORMAL (kN)	ESFZ. CORTE (kN/m ²)	ESFZ. NORMAL (kN/m ²)
0.000	0.000	0.003600	0.0000	0.1075252	0.000	29.868
0.250	6.300	0.003585	0.0315	0.1075252	8.796	29.993
0.500	9.000	0.003570	0.0421	0.1075252	11.790	30.119
0.750	11.000	0.003555	0.0499	0.1075252	14.040	30.246
1.000	13.500	0.003540	0.0597	0.1075252	16.861	30.374
1.250	14.600	0.003525	0.0640	0.1075252	18.154	30.504
1.500	15.600	0.003510	0.0679	0.1075252	19.345	30.634
1.750	15.800	0.003495	0.0687	0.1075252	19.652	30.765
2.000	16.200	0.003480	0.0702	0.1075252	20.186	30.898
2.250	16.900	0.003465	0.0730	0.1075252	21.064	31.032
2.500	17.800	0.003450	0.0765	0.1075252	22.176	31.167
2.750	18.200	0.003435	0.0781	0.1075252	22.728	31.303
3.000	18.500	0.003420	0.0792	0.1075252	23.171	31.440
3.250	19.900	0.003405	0.0847	0.1075252	24.881	31.579
3.500	20.000	0.003390	0.0851	0.1075252	25.106	31.718
3.750	20.500	0.003375	0.0871	0.1075252	25.797	31.859
4.000	20.700	0.003360	0.0878	0.1075252	26.145	32.002
4.250	20.900	0.003345	0.0886	0.1075252	26.496	32.145
4.500	20.900	0.003330	0.0886	0.1075252	26.615	32.290



ENSAYO 11: CORTE DIRECTO – E2

TESIS:	PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2019.
TESISTA:	BACH. POZO SEGUIL, CARLOS VLADIMIR.
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2019.

4.750	21.000	0.003315	0.0890	0.1075252	26.854	32.436
5.000	21.100	0.003300	0.0894	0.1075252	27.094	32.583
5.250	21.300	0.003285	0.0902	0.1075252	27.456	32.732
5.500	21.600	0.003270	0.0914	0.1075252	27.941	32.882
5.750	21.700	0.003255	0.0918	0.1075252	28.190	33.034
6.000	21.800	0.003240	0.0921	0.1075252	28.441	33.187
6.250	21.500	0.003225	0.0910	0.1075252	28.209	33.341
6.500	21.400	0.003210	0.0906	0.1075252	28.219	33.497
6.750	21.700	0.003195	0.0918	0.1075252	28.719	33.654
7.000	20.600	0.003180	0.0875	0.1075252	27.502	33.813
7.000	20.600	0.003180	0.0875	0.1075252	27.502	33.813
7.000	20.600	0.003180	0.0875	0.1075252	27.502	33.813

M2						
DIAL DEFORM. (mm)	DIAL CORTE (mm)	ÁREA CORR. (m ²)	FZA. CORTE (kN)	FZA. NORMAL (kN)	ESFZ. CORTE (kN/m ²)	ESFZ. NORMAL (kN/m ²)
0.000	0.000	0.003600	0.0000	0.215050396	0.000	59.736
0.250	11.100	0.003585	0.0503	0.215050396	14.032	59.986
0.500	14.000	0.003570	0.0616	0.215050396	17.267	60.238
0.750	15.400	0.003555	0.0671	0.215050396	18.880	60.492
1.000	16.500	0.003540	0.0714	0.215050396	20.176	60.749
1.250	16.700	0.003525	0.0722	0.215050396	20.483	61.007
1.500	17.800	0.003510	0.0765	0.215050396	21.797	61.268
1.750	18.400	0.003495	0.0789	0.215050396	22.561	61.531
2.000	19.100	0.003480	0.0816	0.215050396	23.445	61.796
2.250	20.000	0.003465	0.0851	0.215050396	24.563	62.064
2.500	21.000	0.003450	0.0890	0.215050396	25.803	62.333
2.750	21.600	0.003435	0.0914	0.215050396	26.599	62.606
3.000	22.300	0.003420	0.0941	0.215050396	27.516	62.880
3.250	22.800	0.003405	0.0961	0.215050396	28.211	63.157
3.500	23.400	0.003390	0.0984	0.215050396	29.028	63.437
3.750	23.900	0.003375	0.1004	0.215050396	29.737	63.719
4.000	24.500	0.003360	0.1027	0.215050396	30.568	64.003
4.250	25.200	0.003345	0.1054	0.215050396	31.523	64.290
4.500	25.800	0.003330	0.1078	0.215050396	32.370	64.580
4.750	26.700	0.003315	0.1113	0.215050396	33.578	64.872
5.000	26.500	0.003300	0.1105	0.215050396	33.494	65.167
5.250	26.800	0.003285	0.1117	0.215050396	34.004	65.464
5.500	26.900	0.003270	0.1121	0.215050396	34.279	65.765
5.750	26.600	0.003255	0.1109	0.215050396	34.077	66.068
6.000	26.500	0.003240	0.1105	0.215050396	34.114	66.374
6.250	26.400	0.003225	0.1101	0.215050396	34.151	66.682
6.250	26.400	0.003225	0.1101	0.215050396	34.151	66.682
6.250	26.400	0.003225	0.1101	0.215050396	34.151	66.682
6.250	26.400	0.003225	0.1101	0.215050396	34.151	66.682
6.250	26.400	0.003225	0.1101	0.215050396	34.151	66.682
6.250	26.400	0.003225	0.1101	0.215050396	34.151	66.682



ENSAYO 11: CORTE DIRECTO – E2

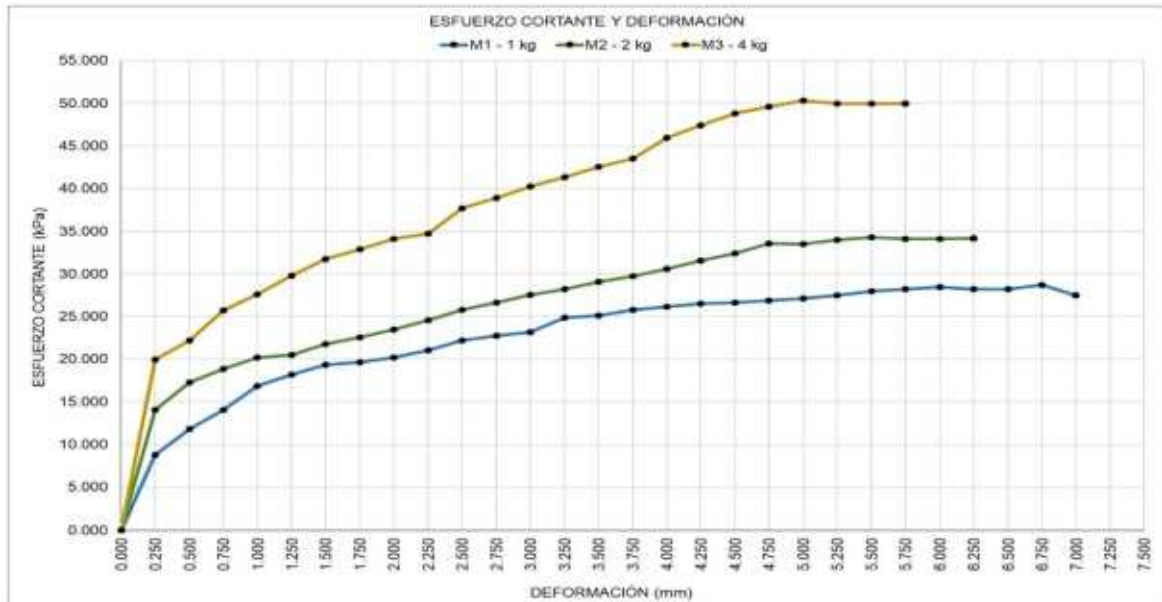
TESIS:	PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2019.
TESISTA:	BACH. POZO SEGUIL, CARLOS VLADIMIR.
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2019.

M3						
DIAL DEFORM. (mm)	DIAL CORTE (mm)	ÁREA CORRIG. (m ²)	FZA. CORTE (kN)	FZA. NORMAL (kN)	ESFZ. CORTE (kN/m ²)	ESFZ. NORMAL (kN/m ²)
0.000	0.000	0.003600	0.0000	0.43010079	0.000	119.472
0.250	16.500	0.003585	0.0714	0.43010079	19.922	119.972
0.500	18.500	0.003570	0.0792	0.43010079	22.197	120.476
0.750	21.600	0.003555	0.0914	0.43010079	25.701	120.985
1.000	23.200	0.003540	0.0976	0.43010079	27.577	121.497
1.250	25.100	0.003525	0.1051	0.43010079	29.803	122.014
1.500	26.700	0.003510	0.1113	0.43010079	31.713	122.536
1.750	27.600	0.003495	0.1148	0.43010079	32.856	123.062
2.000	28.600	0.003480	0.1187	0.43010079	34.121	123.592
2.250	29.000	0.003465	0.1203	0.43010079	34.720	124.127
2.500	31.500	0.003450	0.1301	0.43010079	37.705	124.667
2.750	32.400	0.003435	0.1336	0.43010079	38.894	125.211
3.000	33.400	0.003420	0.1375	0.43010079	40.209	125.760
3.250	34.200	0.003405	0.1406	0.43010079	41.305	126.314
3.500	35.100	0.003390	0.1442	0.43010079	42.526	126.873
3.750	35.800	0.003375	0.1469	0.43010079	43.526	127.437
4.000	37.700	0.003360	0.1543	0.43010079	45.931	128.006
4.250	38.800	0.003345	0.1586	0.43010079	47.423	128.580
4.500	39.800	0.003330	0.1625	0.43010079	48.811	129.159
4.750	40.300	0.003315	0.1645	0.43010079	49.622	129.744
5.000	40.700	0.003300	0.1661	0.43010079	50.322	130.334
5.250	40.200	0.003285	0.1641	0.43010079	49.956	130.929
5.500	40.000	0.003270	0.1633	0.43010079	49.946	131.529
5.750	39.800	0.003255	0.1625	0.43010079	49.936	132.135
5.750	39.800	0.003255	0.1625	0.43010079	49.936	132.135
5.750	39.800	0.003255	0.1625	0.43010079	49.936	132.135
5.750	39.800	0.003255	0.1625	0.43010079	49.936	132.135
5.750	39.800	0.003255	0.1625	0.43010079	49.936	132.135
5.750	39.800	0.003255	0.1625	0.43010079	49.936	132.135
5.750	39.800	0.003255	0.1625	0.43010079	49.936	132.135
5.750	39.800	0.003255	0.1625	0.43010079	49.936	132.135
5.750	39.800	0.003255	0.1625	0.43010079	49.936	132.135



ENSAYO 11: CORTE DIRECTO – E2

TESIS:	PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2019.
TESISTA:	BACH. POZO SEGUIL, CARLOS VLADIMIR.
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2019.



8.- RESULTADOS:

ESFUERZOS CORTANTES MÁXIMOS		
MUESTRA	τ (kN/m ²)	σ (kN/m ²)
M1	28.71913	33.65421
M2	34.27934	65.76465
M3	50.32172	130.33357



COHESIÓN (kPa)	20.38507
ANGULO DE FRICCIÓN (°)	12.792131



ENSAYO 12: CORTE DIRECTO – E2 & VETIVER

TESIS:	PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2019.
TESISTA:	BACH. POZO SEGUIL, CARLOS VLADIMIR.
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2019.

1.- REFERENCIA:

ASTM D - 3080, Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.

AASHTO T - 236, Standard Method for Direct Shear Test of Soils.

NTP 339.171, Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas.

2.- OBJETIVO:

Determinar los parámetros de Resistencia del suelo bajo pruebas de corte directo.

3.- MATERIALES:

Máquina de corte directo, Caja de corte, Anillo de corte, Balanza digital, Agua destilada, Taras.

4.- MUESTRAS:

CALICATA	C1	ESTRATO	E2 + VETIVER
MUESTRA	ALTERADA - M1, M2, M3	ALTURA	5.00 m
COORDENADAS UTM	363478.000 E	8904008.000 N	2093.500 msnm

5.- PREPARACIÓN DE MUESTRAS:

MUESTRAS DE CORTE	LADO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)	TIPO DE ENSAYO
M1	6.00	19.00	36.00	684.00	CD
M2	6.00	19.00	36.00	684.00	CD
M3	6.00	19.00	36.00	684.00	CD

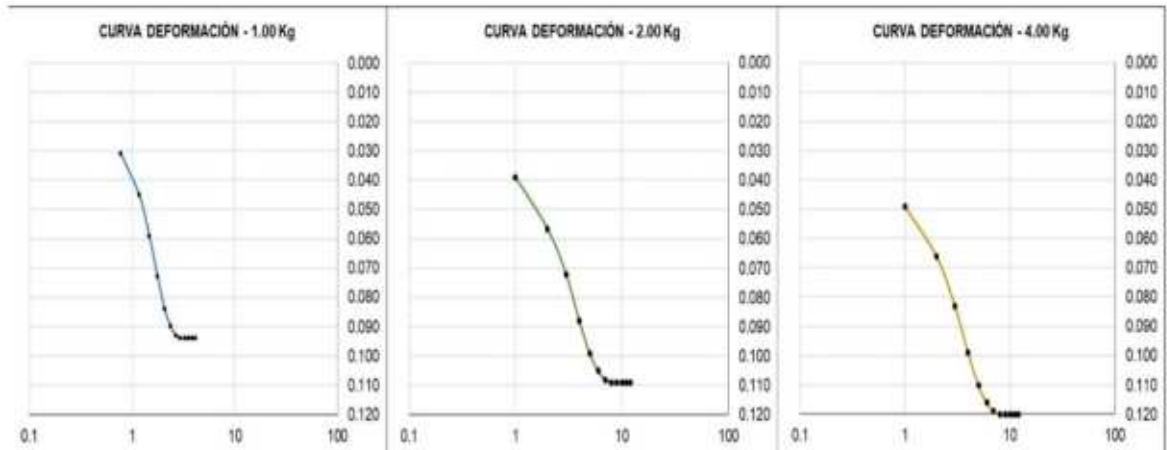
6.- CONSOLIDACIÓN DE MUESTRAS:

CONSOLIDACIÓN CON 1 kg – M1				CONSOLIDACIÓN CON 2 kg – M2				CONSOLIDACIÓN CON 4 kg – M3			
ty (min)	Log.ty (Seg)	dy (mm)	h (mm)	ty (min)	Log.ty (Seg)	dy (mm)	h (mm)	ty (min)	Log.ty (Seg)	dy (mm)	h (mm)
0		0.000	19.000	0		0.000	19.000	0		0.000	19.000
0.1	0.77815125	0.031	18.969	0.1	0.77815125	0.039	18.961	0.1	0.77815125	0.049	18.951
0.25	1.176091259	0.045	18.955	0.25	1.176091259	0.057	18.944	0.25	1.176091259	0.066	18.934
0.5	1.477121255	0.059	18.941	0.5	1.477121255	0.072	18.928	0.5	1.477121255	0.083	18.917
1	1.77815125	0.073	18.927	1	1.77815125	0.088	18.912	1	1.77815125	0.099	18.901
2	2.079181246	0.084	18.916	2	2.079181246	0.099	18.901	2	2.079181246	0.110	18.890
4	2.380211242	0.090	18.910	4	2.380211242	0.105	18.895	4	2.380211242	0.116	18.884
8	2.681241237	0.093	18.907	8	2.681241237	0.108	18.892	8	2.681241237	0.119	18.881
15	2.954242509	0.094	18.906	15	2.954242509	0.109	18.891	15	2.954242509	0.120	18.880
30	3.255272505	0.094	18.906	30	3.255272505	0.109	18.891	30	3.255272505	0.120	18.880
60	3.556302501	0.094	18.906	60	3.556302501	0.109	18.891	60	3.556302501	0.120	18.880
120	3.857332496	0.094	18.906	120	3.857332496	0.109	18.891	120	3.857332496	0.120	18.880
240	4.158362492	0.094	18.906	240	4.158362492	0.109	18.891	240	4.158362492	0.120	18.880



ENSAYO 12: CORTE DIRECTO – E2 & VETIVER

TESIS:	PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2019.
TESISTA:	BACH. POZO SEGUIL, CARLOS VLADIMIR.
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2019.



d.f = 0.1 x L (mm)	6.00
1.50 (min)	0.28694
t.f = 50 x t.50 (min)	14.347
V.c. = d.f / t.f (mm/min)	0.418205897

d.f = 0.1 x L (mm)	6.00
1.50 (min)	0.23442
t.f = 50 x t.50 (min)	11.721
V.c. = d.f / t.f (mm/min)	0.511901715

d.f = 0.1 x L (mm)	6.00
1.50 (min)	0.18071
t.f = 50 x t.50 (min)	9.036
V.c. = d.f / t.f (mm/min)	0.664047369

7.- CORTE DE MUESTRAS:

GRAVED. (m/seg ²)	9.775018	COEF_REGRES_A =	0.00689455 kN	COEF_REGRES_B =	0.00391074 kN
FUERZA DE CORTE =	(DIAL_CORTE x COEF_REGRES_B) + COEF_REGRES_A				

M1						
DIAL DEFORM. (mm)	DIAL CORTE (mm)	ÁREA CORRIG. (m ²)	FZA. CORTE (kN)	FZA. NORMAL (kN)	ESFZ. CORTE (kN/m ²)	ESFZ. NORMAL (kN/m ²)
0.000	0.000	0.003600	0.0000	0.1075252	0.000	29.868
0.250	14.400	0.003585	0.0632	0.1075252	17.632	29.993
0.500	17.200	0.003570	0.0742	0.1075252	20.773	30.119
0.750	18.800	0.003555	0.0804	0.1075252	22.621	30.246
1.000	20.500	0.003540	0.0871	0.1075252	24.595	30.374
1.250	24.800	0.003525	0.1039	0.1075252	29.470	30.504
1.500	27.400	0.003510	0.1140	0.1075252	32.493	30.634
1.750	30.300	0.003495	0.1254	0.1075252	35.877	30.765
2.000	32.200	0.003480	0.1328	0.1075252	38.167	30.898
2.250	34.100	0.003465	0.1403	0.1075252	40.476	31.032
2.500	36.700	0.003450	0.1504	0.1075252	43.600	31.167
2.750	38.200	0.003435	0.1563	0.1075252	45.498	31.303
3.000	40.900	0.003420	0.1668	0.1075252	48.785	31.440
3.250	42.300	0.003405	0.1723	0.1075252	50.608	31.579
3.500	44.800	0.003390	0.1821	0.1075252	53.716	31.718
3.750	46.500	0.003375	0.1887	0.1075252	55.924	31.859
4.000	48.400	0.003360	0.1962	0.1075252	58.385	32.002
4.250	51.800	0.003345	0.2095	0.1075252	62.622	32.145
4.500	53.100	0.003330	0.2146	0.1075252	64.431	32.290



ENSAYO 12: CORTE DIRECTO – E2 & VETIVER

TESIS:	PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2019.
TESISTA:	BACH. POZO SEGUIL, CARLOS VLADIMIR.
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2019.

4.750	55.400	0.003315	0.2235	0.1075252	67.436	32.436
5.000	56.100	0.003300	0.2263	0.1075252	68.572	32.583
5.250	57.400	0.003285	0.2314	0.1075252	70.433	32.732
5.500	58.600	0.003270	0.2361	0.1075252	72.191	32.882
5.750	59.700	0.003255	0.2404	0.1075252	73.845	33.034
6.000	60.900	0.003240	0.2451	0.1075252	75.635	33.187
6.250	61.000	0.003225	0.2454	0.1075252	76.108	33.341
6.500	57.500	0.003210	0.2318	0.1075252	72.200	33.497
6.750	55.700	0.003195	0.2247	0.1075252	70.336	33.654
7.000	55.000	0.003180	0.2220	0.1075252	69.807	33.813
7.000	55.000	0.003180	0.2220	0.1075252	69.807	33.813
7.000	55.000	0.003180	0.2220	0.1075252	69.807	33.813

M2						
DIAL DEFORM. (mm)	DIAL CORTE (mm)	ÁREA CORR. (m2)	FZA. CORTE (kN)	FZA. NORMAL (kN)	ESFZ. CORTE (kN/m2)	ESFZ. NORMAL (kN/m2)
0.000	0.000	0.003600	0.0000	0.215050396	0.000	59.736
0.250	22.400	0.003585	0.0945	0.215050396	26.358	59.986
0.500	25.200	0.003570	0.1054	0.215050396	29.536	60.238
0.750	28.000	0.003555	0.1164	0.215050396	32.741	60.492
1.000	31.300	0.003540	0.1293	0.215050396	36.526	60.749
1.250	34.500	0.003525	0.1418	0.215050396	40.231	61.007
1.500	37.100	0.003510	0.1520	0.215050396	43.300	61.268
1.750	40.400	0.003495	0.1649	0.215050396	47.178	61.531
2.000	42.000	0.003480	0.1711	0.215050396	49.180	61.796
2.250	45.200	0.003465	0.1837	0.215050396	53.004	62.064
2.500	47.500	0.003450	0.1927	0.215050396	55.842	62.333
2.750	50.400	0.003435	0.2040	0.215050396	59.387	62.606
3.000	54.500	0.003420	0.2200	0.215050396	64.336	62.880
3.250	59.600	0.003405	0.2400	0.215050396	70.477	63.157
3.500	63.300	0.003390	0.2544	0.215050396	75.057	63.437
3.750	64.200	0.003375	0.2580	0.215050396	76.434	63.719
4.000	65.800	0.003360	0.2642	0.215050396	78.637	64.003
4.250	66.400	0.003345	0.2666	0.215050396	79.691	64.290
4.500	67.200	0.003330	0.2697	0.215050396	80.990	64.580
4.750	70.000	0.003315	0.2806	0.215050396	84.660	64.872
5.000	72.200	0.003300	0.2892	0.215050396	87.652	65.167
5.250	74.900	0.003285	0.2998	0.215050396	91.266	65.464
5.500	76.300	0.003270	0.3053	0.215050396	93.359	65.765
5.750	77.800	0.003255	0.3112	0.215050396	95.591	66.068
6.000	78.200	0.003240	0.3127	0.215050396	96.517	66.374
6.250	79.700	0.003225	0.3186	0.215050396	98.785	66.682
6.500	79.000	0.003210	0.3158	0.215050396	98.393	66.994
6.750	77.600	0.003195	0.3104	0.215050396	97.142	67.308
6.750	77.600	0.003195	0.3104	0.215050396	97.142	67.308
6.750	77.600	0.003195	0.3104	0.215050396	97.142	67.308
6.750	77.600	0.003195	0.3104	0.215050396	97.142	67.308



ENSAYO 12: CORTE DIRECTO – E2 & VETIVER

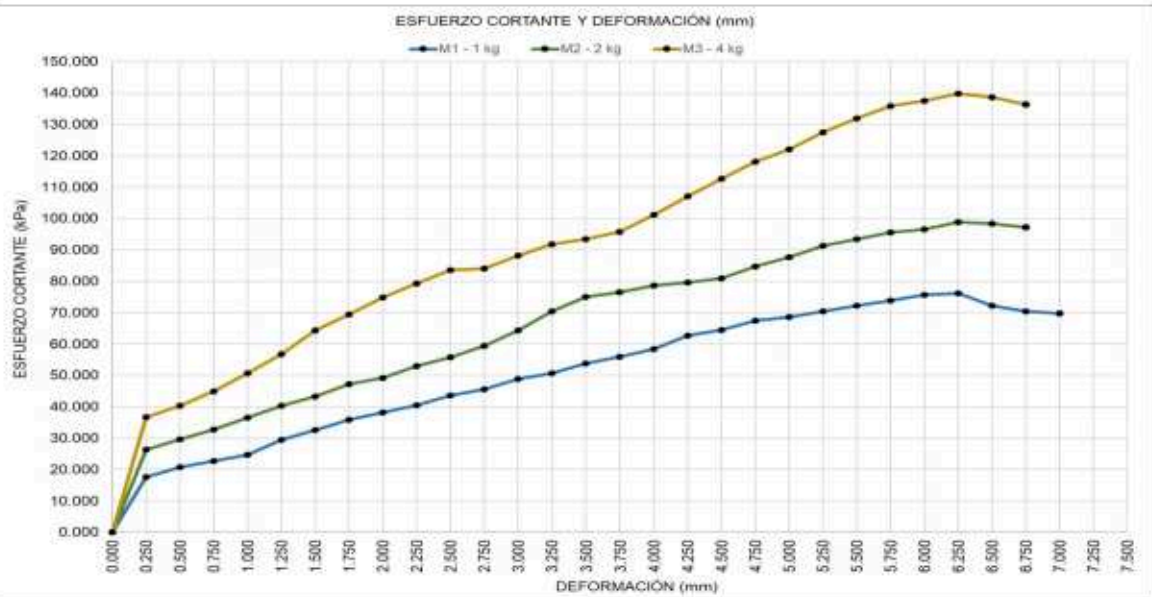
TESIS:	PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2019.
TESISTA:	BACH. POZO SEGUIL, CARLOS VLADIMIR.
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2019.

M3						
DIAL DEFORM. (mm)	DIAL CORTE (mm)	ÁREA CORRIG. (m ²)	FZA. CORTE (kN)	FZA. NORMAL (kN)	ESFZ. CORTE (kN/m ²)	ESFZ. NORMAL (kN/m ²)
0.000	0.000	0.003600	0.0000	0.43010079	0.000	119.472
0.250	31.800	0.003585	0.1313	0.43010079	36.613	119.972
0.500	35.000	0.003570	0.1438	0.43010079	40.272	120.476
0.750	39.100	0.003555	0.1598	0.43010079	44.952	120.985
1.000	44.100	0.003540	0.1794	0.43010079	50.666	121.497
1.250	49.400	0.003525	0.2001	0.43010079	56.762	122.014
1.500	55.900	0.003510	0.2255	0.43010079	64.246	122.536
1.750	60.300	0.003495	0.2427	0.43010079	69.446	123.062
2.000	64.900	0.003480	0.2607	0.43010079	74.914	123.592
2.250	68.500	0.003465	0.2748	0.43010079	79.302	124.127
2.500	71.900	0.003450	0.2881	0.43010079	83.501	124.667
2.750	72.100	0.003435	0.2889	0.43010079	84.093	125.211
3.000	75.300	0.003420	0.3014	0.43010079	88.121	125.760
3.250	78.100	0.003405	0.3123	0.43010079	91.725	126.314
3.500	79.200	0.003390	0.3166	0.43010079	93.400	126.873
3.750	80.900	0.003375	0.3233	0.43010079	95.785	127.437
4.000	85.100	0.003360	0.3397	0.43010079	101.101	128.006
4.250	89.900	0.003345	0.3585	0.43010079	107.166	128.580
4.500	94.200	0.003330	0.3753	0.43010079	112.699	129.159
4.750	98.400	0.003315	0.3917	0.43010079	118.163	129.744
5.000	101.200	0.003300	0.4027	0.43010079	122.019	130.334
5.250	105.300	0.003285	0.4187	0.43010079	127.457	130.929
5.500	108.500	0.003270	0.4312	0.43010079	131.868	131.529
5.750	111.300	0.003255	0.4422	0.43010079	135.840	132.135
6.000	112.200	0.003240	0.4457	0.43010079	137.555	132.747
6.250	113.600	0.003225	0.4512	0.43010079	139.893	133.365
6.500	112.000	0.003210	0.4449	0.43010079	138.597	133.988
6.750	109.700	0.003195	0.4359	0.43010079	136.433	134.617
6.750	109.700	0.003195	0.4359	0.43010079	136.433	134.617
6.750	109.700	0.003195	0.4359	0.43010079	136.433	134.617
6.750	109.700	0.003195	0.4359	0.43010079	136.433	134.617



ENSAYO 12: CORTE DIRECTO – E2 & VETIVER

TESIS:	PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2019.
TESISTA:	BACH. POZO SEGUIL, CARLOS VLADIMIR.
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2019.



8.- RESULTADOS:

ESFUERZOS CORTANTES MÁXIMOS		
MUESTRA	τ (kN/m ²)	σ (kN/m ²)
M1	76.10843	33.34115
M2	98.78466	66.68229
M3	139.89290	133.36459



COHESIÓN (kPa)	55.55431
ANGULO DE FRICCIÓN (°)	32.401662

Anexo 9
Panel Fotográfico.



Fotografía 1: Reconocimiento de terreno y deslizamiento de suelo en la parte alta del A.A.H.H. La Florida – Huánuco.



Fotografía 2: Levantamiento topográfico del área de terreno delimita en la parte alta del A.A.H.H. la Florida – Huánuco.



Fotografía 3: Extracción de muestras de suelo alteradas e inalteradas del punto de exploración del área delimita en la parte alta del A.A.H.H. la Florida – Huánuco.



Fotografía 4: Cuartero de muestras las de suelo en el laboratorio de suelos de la Universidad de Huánuco.



Fotografía 5: Ensayos Análisis Granulométrico de los Estratos E1, E2.



Fotografía 6: Ensayos de Plasticidad de suelos y contenido de humedad de los Estratos E1, E2.



Fotografía 7: Ensayo de peso específico del Estrato E2.



Fotografía 8: Ensayo de peso específico del Estrato E2 con las raíces del vetiver.



Fotografía 9: Ensayo de corte directo del Estrato E2.



Fotografía 10: Ensayo de corte directo del Estrato E2 con las raíces del vetiver.

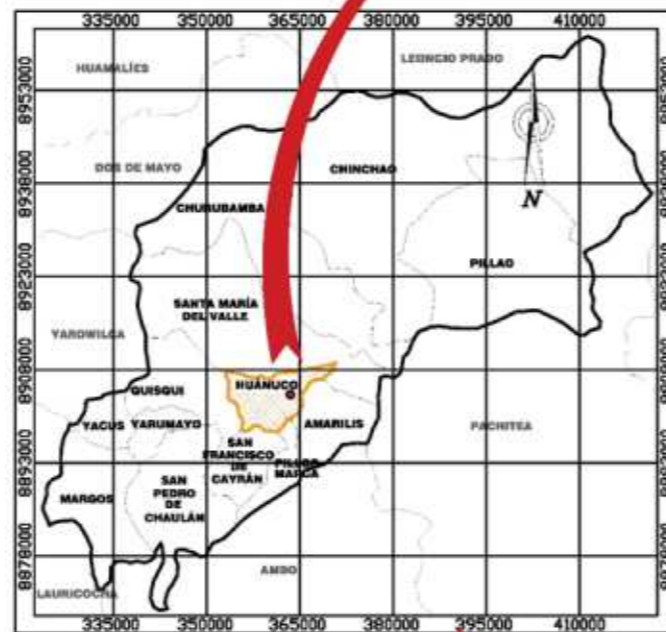
Anexo 10
Plano de Ubicación y Localización del Área de
Investigación



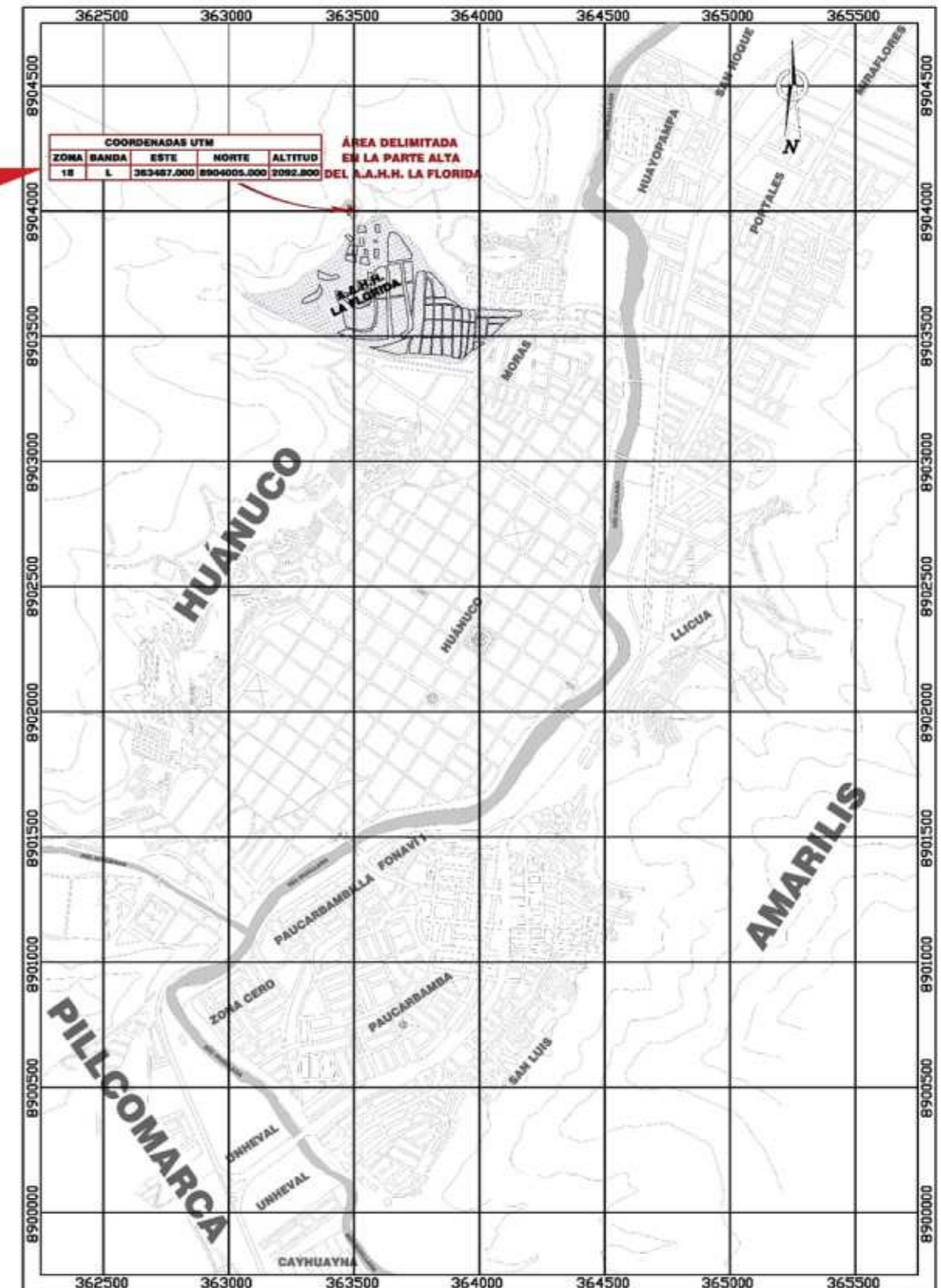
REGIÓN HUÁNUCO
ESCALA 1/20'000,000



PROVINCIA HUÁNUCO
ESCALA 1/3'000,000



DISTRITO HUÁNUCO
ESCALA 1/1'250,000



A.A.H.H. LA FLORIDA
ESCALA 1/25,000

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

TEMA:
"PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DEL DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2019"

Ubicación:
REGIÓN : HUÁNUCO
PROVINCIA : HUÁNUCO
DISTRITO : HUÁNUCO

Título:
UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN

Lamina:
UL - 01

Elaborado por:
Bach. Carlos Vladimir, POZO SEGUIL

Fecha:
OCTUBRE 2019

Estado:
INDICADA

Anexo 11
Plano Topográfico y Secciones del Área de
Investigación

PTOS TOPOGRÁFICOS DE LA SECCIÓN S3			
PTO	ESTE (m)	NORTE (m)	Z (msnm)
64	363472.3806	8904046.4787	2109.2210
65	363475.3772	8904043.8595	2106.3420
66	363478.0857	8904041.4921	2104.1350
67	363486.8322	8904033.8472	2098.2920
68	363498.8368	8904023.3546	2095.3920
69	363502.9922	8904019.7225	2094.0000
70	363504.5680	8904018.3452	2093.7680
71	363513.8396	8904010.2413	2090.0000
72	363517.7634	8904006.8117	2087.3260
73	363522.3619	8904002.7924	2086.5810
74	363524.3995	8904001.0114	2085.5530

PTOS TOPOGRÁFICOS DE LA CALICATA			
PTO	ESTE (m)	NORTE (m)	Z (msnm)
C01	363478.000	8904008.000	2093.500

PTOS TOPOGRÁFICOS DEL ÁREA DELIMITADA			
PTO	ESTE (m)	NORTE (m)	Z (msnm)
1	363474.4663	8904048.9152	2109.500
2	363466.6689	8904039.8063	2108.000
3	363455.4415	8904023.7209	2107.000
4	363447.6529	8904010.3813	2104.500
5	363451.3160	8904005.6138	2102.000
6	363461.2685	8904019.9827	2105.000
7	363474.9608	8904039.4558	2104.000
8	363485.1281	8904043.0327	2103.000
9	363495.1066	8904034.5825	2098.000
10	363484.3644	8904032.0158	2098.000
11	363477.7622	8904028.6077	2100.000
12	363458.2190	8904002.1275	2098.500
13	363457.9184	8903998.6996	2097.000
14	363469.5469	8903989.1682	2091.000
15	363472.9872	8903995.4690	2091.500
16	363467.3227	8903998.0230	2094.000
17	363476.4848	8904011.8630	2094.500
18	363489.4345	8904012.8110	2094.000
19	363502.9415	8904027.9577	2096.000
20	363505.4525	8904020.9768	2094.000
21	363511.7635	8904019.5063	2092.000
22	363501.6469	8904009.6547	2093.000
23	363491.6668	8903992.0460	2091.000
24	363475.5063	8903982.8034	2090.000
25	363481.0394	8903977.1540	2089.000
26	363499.4624	8903989.2550	2089.000
27	363512.3690	8904007.5346	2090.000
28	363520.6256	8904011.0166	2087.000
29	363526.6652	8904004.7077	2086.000
30	363511.8396	8903998.1091	2088.000
31	363516.9588	8903988.8727	2084.000
32	363507.2581	8903986.4640	2087.000
33	363497.3022	8903981.7214	2086.000
34	363501.8106	8903973.4617	2082.000
35	363506.6472	8903972.2856	2081.000
36	363498.0829	8903964.0500	2079.500

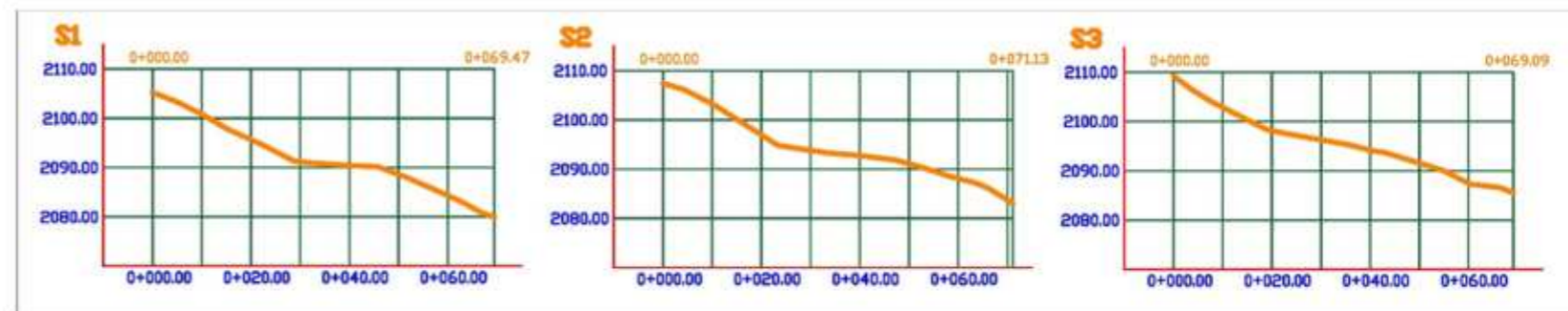
PTOS TOPOGRÁFICOS DE LA SECCIÓN S1			
PTO	ESTE (m)	NORTE (m)	Z (msnm)
37	363449.4254	8904013.4170	2105.2580
38	363453.3325	8904010.0019	2103.2330
39	363456.9945	8904006.8012	2100.8120
40	363460.7800	8904003.4925	2097.8970
41	363466.7339	8903998.2884	2094.2910
42	363471.0904	8903994.4806	2091.2830
43	363473.6243	8903992.2658	2090.8970
44	363480.9127	8903985.8954	2090.3350
45	363483.8496	8903983.3283	2090.1940
46	363488.3333	8903979.4094	2088.0040
47	363491.7704	8903976.4052	2086.0000
48	363496.1666	8903972.5627	2083.4370
49	363499.8708	8903969.3250	2080.7730
50	363501.7315	8903967.6987	2079.9740

PTOS TOPOGRÁFICOS DE LA SECCIÓN S2			
PTO	ESTE (m)	NORTE (m)	Z (msnm)
51	363460.2104	8904030.5532	2107.4250
52	363463.3909	8904027.7733	2016.1790
53	363468.1731	8904023.5933	2102.9070
54	363477.7861	8904015.1911	2094.8280
55	363481.1989	8904012.2081	2094.1270
56	363485.3892	8904008.5456	2093.3110
57	363490.3601	8904004.2008	2092.7560
58	363495.8407	8903999.4104	2091.8360
59	363500.1469	8903995.6466	2090.2530
60	363503.8602	8903992.4010	2088.6450
61	363508.1267	8903988.6718	2087.1900
62	363509.9017	8903987.1204	2086.1820
63	363513.7684	8903983.7407	2083.0720

DIMENSIONES DE ÁREA TOPOGRÁFICA	
ÁREA	3576.52 m ²
PERÍMETRO	234.53 m
DIMENSIONES SECCIÓN S1	
LONG. HORIZONTAL	69.470 m
LONG. VERTICAL	25.284 m
LONG. SUPERFICIAL	74.913 m
COTA SUPERIOR	2105.258 msnm
COTA INFERIOR	2079.974 msnm
DIMENSIONES DE SECCIÓN S2	
LONG. HORIZONTAL	71.134 m
LONG. VERTICAL	24.353 m
LONG. SUPERFICIAL	76.371 m
COTA SUPERIOR	2107.425 msnm
COTA INFERIOR	2083.072 msnm
DIMENSIONES DE SECCIÓN S3	
LONG. HORIZONTAL	69.089 m
LONG. VERTICAL	23.687 m
LONG. SUPERFICIAL	73.930 m
COTA SUPERIOR	2109.221 msnm
COTA INFERIOR	2085.553 msnm



TOPOGRAFÍA DEL ÁREA DELIMITADA
ESCALA 1/750



SECCIONES DE PENDIENTES TRAZADAS
ESCALA 1/1,500

	UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO		
	TESIS: "PROPUESTA DEL SISTEMA VETIVER COMO CONTROL DEL DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA PARTE ALTA DEL A.A.H.H. LA FLORIDA EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2019"		
Ubicación: REGIÓN: HUÁNUCO PROVINCIA: HUÁNUCO DISTRITO: HUÁNUCO	Plano: TOPOGRÁFICO Y SECCIÓN DE MUESTRA	Fecha: OCTUBRE 2019	Escala: INDICADA
Testista: Bech. Carlos Vladimir, POZO SEGUIL	TS-01		