

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“Estabilidad de laderas y el software Plaxis en el
Asentamiento Humano Leoncio Prado Gutiérrez-Las Moras
de la ciudad de Huánuco 2022”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

AUTORA: Galarza Arana, Flor de María

ASESOR: Segura Ttito, Eric

HUÁNUCO – PERÚ

2024

U

D

H



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 (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería

Sub área: Ingeniería Civil

Disciplina: Ingeniería Civil

DATOS DEL PROGRAMA:

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

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 70110839

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 43453471

Grado/Título: Doctor en ciencias de la educación

Código ORCID: 0000-0002-7706-9722

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible	40895876	0000-0001- 7920-1304
2	García Echevarría, Ericka Selene	Maestro en diseño y construcción de obras viales	23164212	0000-0002- 6375-6855
3	Boyanovich Ordoñez, Lili Tatiana	Maestra en gestión publica	41948561	0000-0003- 1751-1336



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:30 horas del día **viernes 12 de julio de 2024**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

- ❖ DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS - PRESIDENTE
- ❖ MG. ERICKA SELENE GARCÍA ECHEVARRÍA - SECRETARIA
- ❖ MG. LILI TATIANA BOYANOVICH ORDOÑEZ - VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 1518-2024-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "ESTABILIDAD DE LADERAS Y EL SOFTWARE PLAXIS EN EL ASENTAMIENTO HUMANO LEONCIO PRADO GUTIÉRREZ-LAS MORAS DE LA CIUDAD DE HUÁNUCO 2022", presentado por el (la) Bachiller. Bach. Flor De Maria GALARZA ARANA, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

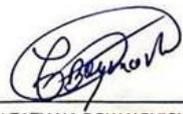
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

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 13 y cualitativo de Suficiente (Art. 47).

Siendo las 16:30 horas del día 12 del mes de julio del año 2024, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS
DNI: 40895876
ORCID: 0000-0001-7920-1304
PRESIDENTE


MG. ERICKA SELENE GARCÍA ECHEVARRÍA
DNI: 23164212
ORCID: 0000-0002-6375-6855
SECRETARIA


MG. LILI TATIANA BOYANOVICH ORDOÑEZ
DNI: 41948561
ORCID: 0000-0003-1751-1336
VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: FLOR DE MARIA GALARZA ARANA, de la investigación titulada "ESTABILIDAD DE LADERAS Y EL SOFTWARE PLAX IS EN EL ASENTAMIENTO HUMANO LEONCIO PRADO GUTIÉRREZ-LAS MORAS DE LA CIUDAD DE HUÁNUCO 2022", con asesor ERIC SEGURA TTITO, designado mediante documento, con RESOLUCIÓN N° 1678-2021-D-FI-UDH del P.A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 18 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

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

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

Huánuco, 26 de junio de 2024



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



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

TURNITIN - FLOR_DE_MARÍA_GALARZA_ARANA.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%	19%	4%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	repositorio.upecen.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	1%



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



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

DEDICATORIA

Con profunda gratitud dedico este trabajo a Dios porque gracias a la Fe que tengo en él, pude cumplir la meta de culminar la carrera, pese a ciertas barreras. Y a mi familia, por su amor incondicional, apoyo constante y por haberme inculcado el valor del esfuerzo y la perseverancia.

AGRADECIMIENTO

A Dios le agradezco su favor de darme salud y energía para poder alcanzar mis metas profesionales. A mi hermosa familia, por su ánimo constante y apoyo inquebrantable durante mis estudios.

Al Ingeniero Eric Segura Tito, mi asesor, mi más profunda gratitud por su invaluable apoyo y guía durante el desarrollo de esta investigación. Sus amplios conocimientos, paciencia y constante motivación fueron pilares fundamentales para la culminación exitosa de esta tesis.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
CAPÍTULO I.....	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	16
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO.....	16
1.3. OBJETIVO GENERAL	16
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.5.1. JUSTIFICACIÓN SOCIAL	17
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	18
CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
2.1.1. INTERNACIONAL	19
2.2.2. NACIONAL	22
2.2.3. LOCAL.....	25
2.2. BASES TEÓRICAS	29
2.2.1. PESO ESPECIFICO	29
2.2.2. COHESIÓN	29
2.2.3. ÁNGULO DE FRICCIÓN	29
2.2.4. TOPOGRAFÍA.....	30
2.2.5. GRANULOMETRÍA	31
2.2.6. CARGAS	32

2.2.7. MÉTODO NUMÉRICO	33
2.2.8. MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS.....	33
2.2.9. ANCLAJE METÁLICO	35
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	41
2.4. HIPÓTESIS.....	43
2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL	43
2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA	43
2.5. VARIABLES	43
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE	43
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE	43
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	44
CAPÍTULO III	46
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	46
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	46
3.1.1. ENFOQUE.....	46
3.1.2. ALCANCE O NIVEL	46
3.1.3. DISEÑO.....	47
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	48
3.2.1. POBLACIÓN	48
3.2.2. MUESTRA.....	48
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	50
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	51
CAPÍTULO IV.....	56
RESULTADOS.....	56
4.1. ESTABILIDAD DE LADERAS CUMPLIENDO EL FACTOR DE SEGURIDAD.....	56
4.1.1. EVIDENCIA DEL PROBLEMA DE ESTABILIDAD DE LADERA A TRAVÉS DEL FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO	56
4.1.2. MEJORAMIENTO DE ESTABILIDAD DE LADERA DE ESTUDIO.	68
4.2. DESPLAZAMIENTO DE LA LADERA EN LA CONDICIÓN FINAL.....	79
4.2.1. PENDIENTE DEL TALUD	79
4.2.2. GRANULOMETRÍA	79

4.3. ASENTAMIENTO DE LADERA EN LA ZONA DE EDIFICACIONES....	94
4.3.1. CARGAS	94
4.4. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	98
4.4.1 ANÁLISIS CORRELACIONAL ANTES DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN DE ESTABILIDAD - FACTOR DE SEGURIDAD	98
4.4.2 ANÁLISIS CORRELACIONAL DE LAS VARIABLES DESPUÉS DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN DE ESTABILIDAD – FACTOR DE SEGURIDAD	101
4.4.3 ANÁLISIS CORRELACIONAL DE VARIABLES CORRESPONDIENTES - DESPLAZAMIENTO	102
4.4.4. ANÁLISIS CORRELACIONAL DE LAS VARIABLES CORRESPONDIENTES - ASENTAMIENTO	104
CAPÍTULO V.....	107
DISCUSIONES	107
CONCLUSIONES	110
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	112
ANEXOS	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ensayo de mecánicas de suelo	32
Tabla 2 Operacionalización de la variable independiente	44
Tabla 3 Operacionalización de la variable dependiente.....	45
Tabla 4 Características físicas y mecánicas del suelo.....	50
Tabla 5 Datos necesarios para especificar las progresivas, secciones y analizar la pendiente de la ladera	56
Tabla 6 Datos de Calicata 01	57
Tabla 7 Datos de Calicata 02.....	57
Tabla 8 Datos de Calicata 03.....	57
Tabla 9 Resultados del estudio de mecánica de suelos – densidad de suelos	59
Tabla 10 Calicata 01 características de los especímenes	60
Tabla 11 Calicata 02. características de los especímenes	61
Tabla 12 Calicata 03 características de los especímenes	62
Tabla 13 Resultados del estudio de mecánica de suelos – cohesión del suelo	63
Tabla 14 Resultados del estudio de mecánica de suelos – fricción interna. 63	
Tabla 15 Resultados de profundidad, esfuerzo vertical, y ángulo de fricción aplicando la fórmula de envolvente máximo (sección 01).....	65
Tabla 16 Resultados de profundidad, esfuerzo vertical, y ángulo de fricción aplicando la fórmula de envolvente máximo (sección 02).....	66
Tabla 17 Resultados de profundidad, esfuerzo vertical, y ángulo de fricción aplicando la fórmula de envolvente máximo (sección 03).....	66
Tabla 18 Factor de seguridad de los 3 taludes sin ninguna solución de estabilización	67
Tabla 19 Factor de seguridad de los 3 taludes sin ninguna solución de estabilización	67
Tabla 20 Factor de seguridad de los 3 taludes sin ninguna solución de estabilización por equilibrio limite (E.L) usando el software SLIDE y por elementos finitos (E.F) usando el software PLAXIS.....	68
Tabla 21 Resultados de Factor de seguridad en la Condición Inicial de los 3 taludes con solicitud de estabilización.....	68
Tabla 22 Resultados de malla de elementos finitos en la Condición final de los 3 taludes con solicitud de estabilización.	70
Tabla 23 Resultados del Factor de seguridad en la Condición inicial, condición final con sobrecarga de los 3 taludes con solicitud de estabilización	78
Tabla 24 Resultados de pendiente e inclinación de talud de las tres secciones.....	79
Tabla 25 Análisis Granulométrico por Tamizado	80
Tabla 26 Distribución Granulométrica.....	80
Tabla 27 Resultados de ensayo de límite de consistencia.....	81

Tabla 28 Calicata 02 Análisis Granulométrico por Tamizado.....	83
Tabla 29 Distribución Granulométrica.....	83
Tabla 30 Resultados de Ensayo de límite de consistencia	83
Tabla 31 Calicata 03 Análisis Granulométrico por Tamizado.....	86
Tabla 32 Calicata 03 Distribución granulométrica.....	86
Tabla 33 Calicata 03 Resultados de Ensayo de Límite de consistencia	86
Tabla 34 Resultados del desplazamiento en la Condición final con sobrecarga de los 3 taludes con solicitud de estabilización	94
Tabla 35 Resultados del asentamiento vertical en la Condición final con sobrecarga de los 3 taludes con solicitud de estabilización	97
Tabla 36 Resultados del supuesto de normalidad de las variables (prueba de Shapiro-Wilk)	98
Tabla 37 Correlación entre el peso específico y el factor de seguridad de la ladera antes de la alternativa de solución de estabilidad	99
Tabla 38 Correlación entre cohesión y el factor de seguridad de la ladera antes de la alternativa de solución de estabilidad.....	100
Tabla 39 Correlación entre el ángulo de fricción y el factor de seguridad de la ladera antes de la alternativa de solución de estabilidad	100
Tabla 40 Correlación entre la carga actual y el factor de seguridad	101
Tabla 41 Correlación entre la sobrecarga y factor de seguridad obtenido con la alternativa de solución de anclajes metálicos	101
Tabla 42 Correlación entre la carga al anclaje y factor de seguridad obtenido con la alternativa de solución de anclajes metálicos.....	102
Tabla 43 Prueba de normalidad de las variables pendiente, granulometría desplazamiento en los taludes (prueba de Shapiro-Wilk)	102
Tabla 44 Correlación entre la pendiente de las laderas y el desplazamiento	103
Tabla 45 Correlación entre la granulometría de las laderas y el desplazamiento.....	103
Tabla 46 Supuesto de normalidad de la variable asentamiento de ladera..	104
Tabla 47 Correlación entre la sobrecarga y asentamiento de las laderas de estudio	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Proceso esquemático de ejecución de un anclaje en talud	36
Figura 2	Anclaje de barra (tomada de DSI).....	38
Figura 3	Tipo de barras usuales	38
Figura 4	Anclaje de cable (tomada de DSI)	39
Figura 5	Geometría básica de las cuñas y portacuñas	40
Figura 6	Anclaje auto perforante.....	40
Figura 7	Esquema de un sistema Swellex	41
Figura 8	Departamento de Huánuco.....	48
Figura 9	Provincia de Huánuco.....	49
Figura 10	Ubicación del AA. HH. Leoncio Prado Gutiérrez.....	49
Figura 11	Plano de zonificación	53
Figura 12	Zonas de reglamentación especial	53
Figura 13	Servicios	54
Figura 14	Vivienda - Equipamientos - Otros usos.....	54
Figura 15	Comercio	55
Figura 16	Calicata N°01: Gráfico de Densidad de cada calicata.....	58
Figura 17	Calicata N°02: Gráfico de Densidad de cada calicata.....	58
Figura 18	Calicata N°03: Gráfico de Densidad de cada calicata.....	59
Figura 19	Calicata 01: Esfuerzo de corte y Deformación Tangencial	60
Figura 20	Calicata 02: Esfuerzo de corte y Deformación Tangencial	61
Figura 21	Calicata 03: Esfuerzo de corte y Deformación Tangencial	62
Figura 22	Ábaco para determinar el ángulo de fricción de suelos granulares gruesos	64
Figura 23	Gráfico de envolvente Leps (1970).....	65
Figura 24	Malla de representación de elementos finitos (Sección N°01).....	69
Figura 25	Malla de representación de elementos finitos (Sección N°02).....	69
Figura 26	Malla de representación de elementos finitos (Sección N°03).....	70
Figura 27	Factor de Seguridad en condición inicial	71
Figura 28	Factor de Seguridad con sobrecarga.....	71
Figura 29	Factor de Seguridad en Condición Inicial + Anclaje.....	72
Figura 30	Factor de Seguridad en Condición Final con sobrecarga	73
Figura 31	Factor de Seguridad en condición inicial	73
Figura 32	Factor de Seguridad con sobrecarga.....	74
Figura 33	Factor de Seguridad en Condición Inicial + Anclaje.....	74
Figura 34	Factor de Seguridad en Condición Final con sobrecarga	75
Figura 35	Factor de Seguridad en condición inicial	76
Figura 36	Factor de Seguridad con sobrecarga.....	76
Figura 37	Factor de Seguridad en Condición Inicial + Anclaje.....	77
Figura 38	Factor de Seguridad en Condición Final con sobrecarga	78
Figura 39	Diagrama de Fluidez.....	81
Figura 40	Curva de Distribución Granulométrica	81
Figura 41	Estratigrafía de la calicata 01.....	82

Figura 42 Diagrama de Fluidez.....	84
Figura 43 Curva de Distribución Granulométrica	84
Figura 44 Estratigrafía de la calicata 02.....	85
Figura 45 Diagrama de Fluidez.....	87
Figura 46 Curva de Distribución Granulométrica	87
Figura 47 Estratigrafía de la calicata 03.....	88
Figura 48 Desplazamiento Total (Condición final. + Anclaje).....	89
Figura 49 Desplazamientos horizontales (C.F.+ANCLAJE).....	90
Figura 50 Desplazamientos verticales (C.F.+ANCLAJE)	90
Figura 51 Desplazamiento Total (C.F.+ANCLAJE)	91
Figura 52 Desplazamientos horizontales (C.F.+ANCLAJE).....	91
Figura 53 Desplazamientos verticales (C.F.+ANCLAJE)	92
Figura 54 Desplazamiento Total (C.F.+ANCLAJE)	92
Figura 55 Desplazamientos horizontales (C.F.+ANCLAJE).....	93
Figura 56 Desplazamientos verticales (C.F.+ANCLAJE)	93

RESUMEN

Esta investigación surgió ante la observación de la posible inestabilidad de laderas del Asentamiento Humano Leoncio Prado Gutiérrez del Centro Poblado Las Moras de la ciudad de Huánuco. Se formuló como el objetivo de la investigación evaluar la estabilidad de las laderas mencionadas verificando el cumplimiento del factor de seguridad mínimo, usando el software Plaxis. La presente investigación se llevó a cabo siguiendo un proceso deductivo (enfoque cuantitativo) en línea con técnicas e instrumentos válidos y confiables para la recolección de datos requeridos. En principio se demostró el problema de estabilidad de las laderas, a través de factores de seguridad (1.24, 1.21 y 1.14) inferiores respecto al valor que exige la norma RNE E.50 (F.S = 1.5). Posteriormente, surgió como alternativa de solución el empleo de anclajes metálicos (carga de 50 KN), considerando sobrecargas de 60 KN, 60KN y 70 KN para tres secciones de talud respectivamente. En esa nueva condición, los taludes se estabilizaron, evidencia de esto son los valores de factores de seguridad obtenidos, valores 1.58, 1.55 y 1.55. En esta última condición también fueron evaluados los desplazamientos, obteniendo valores mínimos aceptables de 0.02498 mm, 0.0006606m y 0.02462m. Finalmente se evaluó los asentamientos de las tres secciones de talud, obteniéndose valores mínimos aceptables de 0.001534m, 0.0006449 m 0.005534 m respectivamente.

Palabras clave: Estabilidad de ladera, software Plaxis, factor de seguridad, desplazamiento, asentamiento.

ABSTRACT

This research arose from the observation of the possible instability of the slopes of the Leoncio Prado Gutiérrez Human Settlement of the Las Moras Town Center of the city of Huánuco. The research objective was to evaluate the stability of the mentioned slopes by verifying compliance with the minimum safety factor, using the Plaxis software. The research was carried out following a deductive process (quantitative approach) in line with valid and reliable techniques and instruments for collecting the required data. Initially, the stability problem of the slopes was demonstrated, through safety factors (1.24, 1.21, and 1.14) that were lower than the value required by the RNE E.50 standard (F.S = 1.5). Then, the use of permanent metal anchors (50 KN load) was proposed as an alternative solution, considering overloads of 60 KN, 60 KN and 70 KN for three slope sections respectively. In this new condition, the slopes were stabilized, evidence of this are the values of safety factors obtained, values of 1.58, 1.55 and 1.55. In this last condition, the displacements were also evaluated, obtaining minimum acceptable values of 0.02498 mm, 0.0006606m and 0.02462m. Finally, the settlements of the three slope sections were evaluated, obtaining minimum acceptable values of 0.001534 m, 0.0006449 m and 0.005534 m respectively.

Keyword: Slope stability, software plaxis, safety factor, displacement, settlement.

INTRODUCCIÓN

La estabilidad de laderas es un problema importante que ocasiona daños materiales, pérdidas de vidas y trastornos económicos. Los deslizamientos de tierra, pueden ocurrir en cualquier lugar, con más frecuencia en áreas con pendientes pronunciadas, sumándole el aumento de construcciones de manera irregular, sin medir los riesgos que esto puede ocasionar.

Los anclajes metálicos son una solución eficaz para mejorar la estabilización de laderas, insertando al suelo las barras de acero y se tensan proporcionando así resistencia a la fuerza del deslizamiento.

En el contexto de La Norma Europea y Española (UNE-EN 1537:2001. Ejecución de trabajos especiales - Anclajes) que establece los lineamientos para la ejecución de trabajos con anclaje metálico, como un ingenioso dispositivo diseñado para la transferir las fuerzas de tracción un terreno resistente.

Un anclaje es un elemento que está diseñado para soportar fuerzas de tracción. Este elemento puede estar hecho de acero, cable o una barra, y se inserta en el terreno a través de un orificio pequeño. El anclaje se fija al terreno y estructura o superficie externa, estableciendo una conexión para la transmisión de la tracción.

Los anclajes se pueden utilizar para estabilizar laderas de cualquier pendiente, pero son especialmente útiles para laderas empinadas o con suelos granulares, ofreciendo ventajas para la construcción de viviendas con una solución flexible que se puede adaptar a la variedad de condiciones del terreno.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En muchas ciudades del mundo se pueden observar problemas ambientales, deterioro de las quebradas o del entorno principalmente en áreas marginales y asentamientos humanos precarios sin los servicios básicos. La vulnerabilidad de las poblaciones de bajo recursos ha aumentado debido a su ubicación en áreas propensas a eventos de lluvias, que conllevan a huacicos, activación de quebradas, deslizamiento de suelo, etc. ya que no tiene los estudios básicos de mecánica de suelo en el área tratada (Cardona et al., 2020).

La inestabilidad de las laderas es un problema que se observa en todo el mundo. En Colombia, por ejemplo, un estudio de Hernández y Ramírez (2016) encontró que en la microcuenca Cay, Ibagué, Tolima, se identificaron 26 taludes y laderas inestables.

En el Perú, Tirado (2020), realizó un estudio para evaluar el riesgo de deslizamiento en el tramo de carretera Cajamarca – Gavilán, donde obtuvo como resultado que existe un 76% de probabilidad que se presente un deslizamiento en el tramo de evaluación, el cual afectaría a la población de dicho lugar, identificando que los factores que influyen a que el lugar de estudio presente una alta posibilidad de riesgo de vulnerabilidad es debido a la construcción de hogares con materiales deficientes y poco criterio estructural.

Los eventos sísmicos producen la pérdida de construcciones y vidas humanas, por tanto, la evaluación del riesgo sísmico a tiempo es la mitigación ante dichos desastres, las zonas pobladas de la ciudad de Huánuco están conformadas en gran parte por edificaciones precarias o con materiales de mala calidad y no cumplen los procesos constructivos correspondiente, por lo que están contruidos de manera negligente y sin un estudio ni asesoramiento técnico.

Las comunidades exteriorizan de manera física la pobreza y la distinción en la región de Huánuco. El aumento de personas migrantes en busca de explorar oportunidades por falta de solidaridad y ausencia de propuestas económicas para la población, además ante la falta de una buena administración política se origina el descenso urbano, el aumento de la población no concuerda a los cambios demográficos, sino también al incremento económico basado en los precios de inmuebles y construcción que actualmente presentan, que sumado a otras situaciones problemáticas como el desempleo hacen de la vivienda un inmueble muy complejo de adquirir.

La vulnerabilidad de las laderas no solo se debe al cambio climático, si no también es debido a los resultados de los procesos sociales y la ocupación indebida del territorio por parte de los ciudadanos en la construcción de sus hogares. Por eso es importante la ordenación del territorio para realizar un análisis de inestabilidad, con el objetivo de negar la ubicación de personas y terrenos en las áreas vulnerables, respetar los regímenes legales de uso de suelo o mejorar su estabilidad, así como establecer medidas preventivas para diversas actividades humana que pueden afectar la estabilidad de las laderas (Pérez, 2019).

En el Asentamiento Humano Leoncio Prado Gutiérrez del Centro Poblado Las Moras, se presenta un vacío significativo en el ámbito del conocimiento relativo a la Estabilidad de Ladera, se presentan taludes impredecibles a causa de las construcciones de viviendas sin un proceso constructivo adecuado, sin medir los daños y desastres que se puedan suscitar en el futuro, ocasionando pérdida de capacidad del terreno, remoción de masa, derrumbes y colapso, esto se debe a que no hacen un estudio previo para la construcción, no realizan lo fundamental como el Estudio de suelos, con el objetivo de evaluar la idoneidad del suelo para la construcción, las viviendas se realizan sin planos, sin evaluación y aprobación Técnica. Por tal efecto dicho trabajo de investigación plantea el Modelamiento del talud con el Software Plaxis con la implementación con anclajes, para asegurar que pese al crecimiento poblacional que se presentara, este talud seguirá siendo

estable y para evaluar los comportamientos de la Ladera y los efectos de las medidas para su estabilización y resulte viable para esta investigación.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿De qué manera el Software Plaxis se relaciona con la estabilidad de Laderas en el Asentamiento Humano Leoncio Prado Gutiérrez-Las Moras de la ciudad de Huánuco 2022?

1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO

¿De qué manera el software Plaxis se relaciona con el cumplimiento del factor de seguridad para la estabilidad de ladera?

¿En qué medida el software Plaxis se relaciona con el desplazamiento para la estabilidad de la ladera?

¿De qué manera el software Plaxis se relaciona con el asentamiento en la zona de carga para la estabilidad de la ladera?

1.3. OBJETIVO GENERAL

Determinar si el software Plaxis se relaciona con la Estabilidad de Laderas en el Asentamiento Humano Leoncio Prado Gutiérrez-Las Moras de la ciudad de Huánuco 2022

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar si el software Plaxis se relaciona con el cumplimiento del factor de seguridad para la estabilidad de ladera
- Verificar si el software Plaxis se relaciona con el desplazamiento para la estabilidad de la ladera
- Examinar si el software Plaxis se relaciona con el asentamiento en la zona de carga para la estabilidad de la ladera

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Los hallazgos de este estudio serán de utilidad para los siguientes grupos:

Ante el crecimiento poblacional acelerado en las laderas del Asentamiento Humano Leoncio Prado Gutiérrez para dar solución reduciendo la vulnerabilidad de los taludes ya que se obtendrá a nivel científico si el tipo de suelo es el adecuado para realizar la construcción de sus viviendas, también tendrían a disposición una alternativa de solución para las viviendas ya construidas y orientación para futuros proyectos.

Los resultados servirán como un pilar fundamental para la toma de decisiones y la emisión de permisos responsables en la ejecución de proyectos futuros. Su carácter fidedigno y preciso permitirá a las autoridades competentes evaluar con rigor las condiciones del terreno y garantizar la seguridad y estabilidad de las obras.

1.5.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Este estudio de investigación de ingeniería civil utiliza datos y análisis cuantitativos para alcanzar su objetivo. En particular, se utilizará herramientas de modelado en el software Plaxis para estudiar el Asentamiento Humano Leoncio Prado Gutiérrez e implementar anclajes en la ladera.

1.5.3. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

En este estudio se busca aportar nuevos conocimientos científicos sobre la estabilidad de laderas en el asentamiento humano Leoncio Prado Gutiérrez. Se utilizará el software Plaxis y la alternativa de uso de anclajes para evaluar la estabilidad de la ladera. Los hallazgos de este estudio de investigación se utilizarán para revisar, desarrollar o apoyar la teoría existente sobre estabilidad de laderas.

1.5.4. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Esta investigación proporcionará evidencia que respalda el uso del Software Plaxis para evaluar la estabilidad de laderas con alternativa de solución con anclajes metálicos. También servirá como guía metodológica para futuros investigadores interesados en el tema.

1.5.5. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

En el Asentamiento Humano Leoncio Prado Gutiérrez, la precariedad impera en las viviendas de la mayoría de los habitantes. Las construcciones se han levantado sin seguir procedimientos adecuados, sin estudios previos de mecánica de suelos, y en ocasiones, con materiales de baja calidad. Esta situación expone a las familias a graves riesgos, especialmente en caso de condiciones climáticas adversas o cortes del terreno.

Sin embargo, los resultados de esta investigación pueden dar la esperanza de un futuro más seguro y resiliente. Abriendo camino hacia la mejora sustancial de las condiciones habitacionales, al adoptar prácticas constructivas adecuadas

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Los recursos financieros disponibles presentan una limitación en un ensayo de laboratorio (SPT), no se podrán realizar por un costo elevado, sin embargo, no afecta la viabilidad y realización de la investigación.

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación es factible, ya que se han garantizado los recursos necesarios para su realización. Como tesista financie la investigación con mis propios recursos, y contrate personal para la toma de muestras, ensayos de laboratorio y transporte.

Se realizó el modelamiento de la ladera utilizando el software Plaxis y a través del software se planteó la estabilidad con anclajes asegurando la estabilidad de laderas pensando en el crecimiento poblacional.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. INTERNACIONAL

Rodríguez (2019), en su investigación que lleva por nombre “Análisis comparativo de la solución de estabilidad de taludes, por medio de software geotécnicos, para el Km 79 + 625 del tramo seis: Ampliación del tercer carril Vía Anapoima – Mosquera Cundinamarca”, tuvo como objetivo el modelado de las soluciones de estabilización de taludes en diferentes programas de análisis, para luego comparar los resultados entre los programas para sugerir qué modelo es el más apropiado y comprensible. Para este estudio se utilizó los siguientes softwares: GEO 5, SLIDE y SLOPE. Se utilizó la metodología de Spencer, Janbu simplificado y Bishop. Luego se realizó un estudio topográfico, hidrológico, geológico de la zona para las condiciones antes de la construcción in situ y laboratorio. Se visualizó que el factor de seguridad registrado en consecuencia antes de la intervención de amplitud vial fue menor a uno (1), el material contenido en el talud fue el material homogéneo LODOLITE. El software SLIDE se considera fácil de usar, fácil de entender para el usuario y permite el modelado de cualquier tipo de pendiente, lo que se puede hacer fácilmente gracias a su sencilla interfaz y una amplia gama de herramientas. Y comprensiblemente, le permite cambiar rápidamente el método utilizado al ejecutar relevantemente el análisis, donde el factor de seguridad calculado en diferentes iteraciones se puede mostrar en varios colores.

En Bogotá, Linares (2020) en su trabajo tuvo como objetivo de hacer un análisis comparativo de estabilidad de taludes con la metodología de cartas graficas de elementos finitos y sobre los métodos de equilibrio límite con el fin de poder analizar cuál de los dos es el método más preciso, para ello se usó las variaciones geométricas con el software Plaxis. También se realizó una recopilación de información de estudios de estabilidad de taludes. En los resultados se logró demostrar

que en ángulos menores de 53° hay fallas que generan inestabilidad del talud superior, mientras que con ángulos mayores de 53° la inestabilidad se presenta en la parte inferior, significando mayor costo. Después del estudio se concluyó que las condiciones del suelo no son adecuadas para construcción y que no se cumple con los factores de seguridad, que es un requerimiento mínimo de la norma NSR-10.

Villalva (2021) en su investigación denominada “Propuesta de ampliación y análisis de la estabilidad de la Vía Ambato-Píllaro, Ecuador. Se propuso analizar los potenciales deslizamientos del talud por la ampliación del tramo PK 6+600 a PK 6+800 de la vía Ambato-Píllaro”, para ello se utilizó información geotécnica del proyecto que se encontraba vigente. También propuso alternativas teniendo en cuenta el costo- beneficio. Se realizó una caracterización geotécnica y se midió la estabilidad con el software Plaxis 2D y en el análisis se utilizó el criterio de Mohr-Coulomb. Entre los resultados se encontró que la variación de inclinación de los ángulos de anclaje afecta a la estabilidad, para superar el valor de estabilidad de 1,5 es necesario instalar triple anclaje bajo la vía. Se concluyó que en ese terreno es necesario instalar un sistema de drenaje e impermeabilización porque el factor de seguridad disminuye en un 27% debido a las fuertes lluvias

En 2021, Kochak y Verma en su investigación científica publicada en la revista international journal for research trends and innovation, que tiene como título “A Review of slope stability study analysis with varying slope angle with slope height using Plaxis Software”, tuvo como propósito determinar el Factor de Seguridad válido para desplazamientos por análisis de estabilidad realizado en forma de Elemento Finito usando PLAXIS - 2D. El trabajo del proyecto se divide a grandes rasgos, específicamente en dos fases. La primera fase fue la de las pruebas, en la que se recogieron muestras de suelo de las zonas seleccionadas. Se analizaron cinco especímenes diferentes, se realizaron pruebas para determinar características de ingeniería como agregación, ángulo de colisión interna, módulo de Young, etc. Así mismo también se determinó parámetros de entrada para el análisis numérico, como el ángulo de la

pendiente y geometría de la zona, esto se obtuvo mediante estudios topográficos. La segunda fase fue aplicando análisis numérico utilizando el software basado en el MEF, Plaxis (2D). Se obtuvo la pendiente y la característica de seguridad de los taludes encontrados. La estabilidad de los taludes del suelo es analizada por algunos autores y se tiene en cuenta que modelaron en forma de elementos finitos utilizando PLAXIS-2D con criterio de falla de Mohr-Coulomb para encontrar el desplazamiento y la Característica de Seguridad y la relación entre estas dos características importantes del conjunto de datos dinámicos. Por otro lado, para los casos de taludes fallidos se realizaron nuevos análisis con geomallas, anclajes, etc. Finalmente, después de abordar el estudio se concluye que, el resultado del factor de seguridad obtenido utilizando el método de la característica estándar es mayor que el método de medición del límite.

Según Belabbaci et al. (2021) en su investigación científica “Experimental and finite element analysis of slope stability treated by lime milk (case of El Amir Abdelkader embankment)”, donde presenta en su artículo un enfoque de estabilización experimental del deslizamiento de tierra que amenaza a un talud situado cerca de la ciudad de El Amir Abdelkader, Ain Temouchent, Argelia. Dicho procedimiento se asegura mediante la adición de lechada de cal, para ello se realiza una validación numérica de los resultados con respecto al coeficiente de seguridad antes y después del tratamiento, para lograrlo se empleó el software Plaxis. La aplicación de la metodología consistió en mezclar el suelo y la lechada de cal en porcentajes específicos (2%,4%, 6%, 8%). Así mismo, las muestras elaboradas se reconstruyeron, y se compactaron en prensa a una velocidad lenta (1,14 mm/min) similar a la de los óptimos del ensayo Proctor. Las muestras se utilizaron después de 7 días de curado. Para estudiar la influencia de la lechada de cal y del método de preparación de las muestras sobre la resistencia al corte, se realizaron ensayos de cizallamiento directo además el autor empleó la aplicación del MEF teniendo como ventaja a la flexibilidad, es decir que no requiere ninguna suposición sobre la forma o la ubicación de la superficie de fallo

de antemano ni sobre las fuerzas entre cortes y sus direcciones. Por consiguiente, los autores concluyen lo siguiente:

- La adición de lechada de cal modifica las características de compactación (compactación del suelo tratado y reduce su capacidad de adsorción).
- El tratamiento aumenta la densidad seca.
- La resistencia máxima al corte, así como la cohesión y el ángulo de fricción, han mostrado una clara mejora con la adición de lechada de cal.
- Un pequeño porcentaje de lechada de cal tiene el efecto de disminuir la amplitud y la presión de hinchamiento.

Además, de los resultados obtenidos del modelamiento en el software PLAXIS se concluye que la cohesión y el ángulo de fricción mejora ante la adición de lechada de cal con factores de seguridad de 0,789 para el suelo no tratado a 2,371 para el suelo tratado con un 8% de lechada de cal.

2.2.2. NACIONAL

Tirado (2020), en su investigación titulado “Evaluación del riesgo asociado a la vulnerabilidad física por laderas inestables en el tramo de carretera Cajamarca – Gavilán, 2018”, su objetivo fue evaluar el riesgo de lesión física por taludes inestables en el tramo de la carretera Cajamarca-Gavilán. En este estudio, los factores de condición tales como la pendiente, la cubierta vegetal, la geología mediante el uso de información espacial y de inventario, y el estudio del suelo se identificaron por primera vez a partir de 5 muestras. Luego se determinó el detonante (precipitación) que permitió determinar el nivel de riesgo y finalmente se encuestó a los habitantes de 100 casas vecinas del área de estudio para describir el nivel de riesgo. Para este estudio se utilizó el software ArcGIS 10.3, que proporciona 5 niveles de riesgo. Al final del estudio, se demostró que había un 76% de posibilidades de que un deslizamiento de tierra en parte del estudio afectará a la población de la zona. Se encontró que los factores que influyeron en el alto riesgo en la

zona de estudio fueron la mala calidad de los materiales y los defectos constructivos de las viviendas en construcción.

Briceño et. al. (2023) en su investigación titulada “Análisis de estabilidad de taludes de secciones típicas en la construcción de carreteras a través de modelos numérico”, cuya finalidad fue analizar la estabilidad de taludes de suelo o macizo rocoso, a lo largo de las secciones transversales de una carretera en construcción. Este estudio se centró en conceptualizar criterios de seguridad correspondientes a la inclinación y altura que debe tener un talud de una carretera. El método empleado fue el del equilibrio límite, este evalúa la estabilidad a partir del factor de seguridad. También se emplearon el método de elementos finitos. Se Empleó los softwares Slide y Plaxis. En los resultados se observó que el factor de seguridad obtenido en cada sección transversal de vía estudiada, permiten identificar que en los taludes donde se implementó el Método de Elementos Finitos y el Método de Equilibrio Límite son criterios de seguridad, dando a entender que los métodos numéricos son herramientas útiles para la estabilidad de los taludes. Mientras que en casos donde el factor de seguridad representa inseguridad en los taludes se disminuyó la inclinación con el fin de mejorar la estabilidad de deslizamiento.

Carpio (2020), en su investigación titulada “Analizar la estabilidad de laderas de los deslizamientos en suelos arcillosos” caso de los poblados de Lutto, Kututo y Llusco, región Cusco”, tuvo como objetivo principal el reducir los impactos poblacionales en áreas de medio y alto riesgo a través de estudios de evaluación de taludes, empleando los recursos disponibles de las autoridades para recomendar soluciones efectivas y monetariamente posible que satisfagan la integridad de la población sin causar daños significativos. La investigación se centró en evaluar la estabilidad a taludes naturales o terraplenes ubicados en el norte del Distrito de Llusco, ya que estudios previos habían observado la presencia de suelos voladizos y formas volcánicas o penachos en el lecho rocoso altamente poroso, dando como resultado un sistema similar al deslizamiento. escenario que finalmente se produjo. Del mismo modo,

en 20 días se realizó un mapeo geotécnico para identificar una serie de indicadores de probabilidad de deslizamientos futuros, como fracturas por estrés y topografía ondulada en algunas áreas de laderas en la ciudad de Llusco. Además, existen puntos de muestreo señalizados para ensayos de campo y laboratorio, así como clasificación geomorfológica del macizo rocoso y catastro por trabajo. Los resultados de estos estudios se reflejan en el análisis de estabilidad, donde el modelado geotécnico se basa en tres trabajos de campo, que incluyen mapeo geotécnico, interpretación geológica y geoelectricidad de campo. La siguiente sección tiene como objetivo comprender mejor la distribución del suelo y la roca. Para conseguir los parámetros de los materiales geosintéticos se realizaron experimentos de laboratorio y de campo. Se determinó analíticamente la estabilidad en condiciones estáticas y semiestáticas, teniendo en cuenta aceleraciones laterales de 0.11 g y 0.17 g en condiciones cuasiestáticas, tomando como referencia las normas de diseño de aceleración constante IGP y E.030. Dado que el área de prueba no se encuentra en la región de origen, no se tienen en cuenta las aceleraciones verticales y horizontales superiores al 10% durante 50 años. Para culminar, la problemática de inestabilidad en el área de investigación se debe a factores adversos como la actividad sísmica en el área, además, un aumento en el nivel freático conduce a una mayor presión intersticial y se mapean discontinuidades en el terreno, provocando gradientes en el terreno y áreas naturales con riesgo moderado a alto de desplazamiento masivo. Para dar una solución económicamente viable para la zona, la propuesta capaz de reparar taludes inestables es modificar la geometría a la pendiente natural, construir aceras, muros de contención, filtraciones horizontales, se pueden hacer consistentes con el análisis y nos da un Factor de seguridad adecuado.

Benito y De la Cruz (2019), en su estudio titulado “Inestabilidad de taludes por el método de elementos finitos en el sector Puka Puka Huaycco-Acoria - Huancavelica 2017”, tiene como objetivo realizar análisis de estabilidad de taludes en el distrito de Puka Puka Huaycco

en el distrito de Acoria. En el estudio se utilizó el método de elementos finitos para evaluar la inestabilidad de diferentes taludes en tres taludes de suelo tropical en el área de estudio con la finalidad de determinar el factor de seguridad ante la existencia de inestabilidad de taludes. Para ello se utilizan técnicas analíticas deterministas. Concluyendo la investigación, los datos obtenidos evidencian que los subsectores 01, 02 y 03 son inestables lo que lleva a un factor de seguridad menor a 1. Utilizando la técnica de elementos finitos, los factores de seguridad 01, 02 y 03 de la subdisciplina de dinámica análisis menor de 1.25, lo que indica inestabilidad. En base a estos resultados, debido a la naturaleza del área de estudio, se planteó una solución de construcción de anclaje y plantación de arbustos.

Velázquez (2021) en su trabajo denominado análisis geotécnico de estabilidad de talud para la construcción de la caseta de bomba booster en las instalaciones portuarias de la provincia de Paita – Piura, de determinó analizar la estabilidad de taludes en una zona bastante transcurrida, para ello se realizó un estudio geotécnico para asegurar su estabilidad contra posibles deslizamientos. Se realizó un mapeo geológico y se establecieron parámetros de consistencia y estabilidad, también se realizó zonificación del suelo con la ayuda de los softwares Plaxis y Slide. Al finalizar se realizó el análisis dinámico con elementos finitos. En los resultados se observó que en la zona de estudio existen 3 zonas con riesgos geológicos. Se concluye que se debe proteger la plataforma con muros y geomallas.

2.2.3. LOCAL

Espinosa (2019), en su estudio titulado “La informalidad en la construcción de viviendas de albañilería y su influencia en la vulnerabilidad sísmica en el sector 4, distrito de Amarilis – Huánuco – 2019”, se determinó del impacto de la informalidad en la susceptibilidad a los choques sísmicos durante la construcción de viviendas cerradas en el distrito de Amarilis - Huánuco sector 4 en el año 2019. Este estudio es descriptivo y correlacionado con un diseño no empírico. La muestra fue seleccionada aleatoriamente por 30 hogares. Para la recolección de

datos se utilizaron técnicas de encuesta y el instrumento fue un cuestionario para propietarios de viviendas. Concluyendo la investigación, los datos demostraron que la informalidad en la construcción tuvo un impacto significativo en la susceptibilidad sísmica de las casas cerradas de ladrillo en el distrito 4 de Amarilis-Huánuco en 2019. El ensayo pasó ($\chi^2 = 0.003 < 0.05$).

Ruiz y Ornetá (2023) en su estudio titulado “Evaluación del factor de seguridad en taludes utilizando métodos numéricos para la estabilidad del talud en Panao- Huánuco”. Se planteó el objetivo de comprender a fondo la situación actual del talud y abordar de manera efectiva los deslizamientos observados, se planteó una estrategia integral que abarcara tanto en el diagnóstico exhaustivo del estado del talud como la formulación de soluciones viables. Por lo cual primero se realizó un levantamiento de datos, haciendo un levantamiento topográfico con GPS diferencial, se estudió las propiedades físicoquímicas del suelo con calicatas, con estos datos se estudió la seguridad con la norma CE020 y el software GEO5-MEF. Los resultados demostraron que el talud presentaba inestabilidad por lo cual se dieron 2 alternativas para solucionar dicho problema, métodos de muro con refuerzo geo sintético y sistema de suelo reforzado Terramesh, de estas se concluyó que la mejor opción era la primera y que presentaba un costo de S/ 3,701,254.58.

Bustillos (2019), en su estudio denominado “Análisis bidimensional de estabilidad del talud en la falla geológica por el método de equilibrio límite de la progresiva Km 37+700 al Km 37+800 (ruta nacional PE+18A) en Pachachupán, 2018”, la finalidad del objetivo fue determinar las condiciones de estabilidad de taludes en fallas geológicas mediante equilibrio de contorno desde el Km 37+700 hasta el Km 37+800 Pachachupán. El estudio se describió como transversal, interpretativo y asociado a una prueba de no probabilidad espontánea. Se realizan estudios topográficos, hidrológicos, geológicos y geotécnicos, así como de peligrosidad y riesgos para identificar las características que repercuten en la estabilidad de taludes y los efectos de fallas geológicas.

Finalmente, los datos cuantitativos dan a entender que la falla geológica está inactiva, el desplazamiento en el plano de falla es de 5.5 cm, las rayas en el plano de falla son de 2 a 2.5 cm y las áreas empinadas incluyen una fisura en varias rocas, formaciones, vegetación (identificación de arbustos, pastos, árboles y tierra cultivable) y arroyos (sin afluentes o rápidos producidos por aguas subterráneas). Peso seco obtenido (γ) = 1.44 g/cm³ y resistencia al corte (fuerza de adherencia (c) = 0.15 Kg/cm², con un ángulo de fricción de (ϕ) = 1.7°); el factor de seguridad (FS) para el análisis estático es 0.381, en el análisis espurio el factor de seguridad (FS) es 0.214. Se encontró que la inactividad de las fallas geológicas no era una amenaza potencial importante para la formación de geodinámica externa, y se encontraron condiciones de estabilidad de taludes para análisis estáticos y semiestáticos no estables.

De acuerdo a Sabino (2019), en su investigación “Análisis de la vulnerabilidad ocasionado por amenazas naturales con la finalidad de mejorar la transitabilidad de la carretera Conque – Tambo, provincia de Yarowilca - Huánuco 2018”, con objetivo de determinar la vulnerabilidad ocasionada por amenazas naturales para mejorar el tránsito en la carretera Conque – Tambo ya que actualmente, las zonas rurales del Perú no son lo suficientemente fuertes para hacer frente a las amenazas que representan los diversos fenómenos naturales que existen. Como resultado, muchos sectores viales son vulnerables a desastres naturales y/o amenazas. Esto significa que los vehículos no pueden moverse con fluidez, tiene un impacto en el comercio, etc. basado en estudios de suelo, evaluación de riesgo con enfoque CENEPRED, lineamientos de diseño, tecnología de curva MTC y norma AASHTO 93. Así mismo, empleó encuestas de pobladores acerca del comportamiento histórico de la zona y algunos datos del INGEMMET, los datos obtenidos fueron procesados en Excel y para los resultados de los ensayos se utilizó ArcGIS. Finalmente, después de procesar todos los datos se concluye que el riesgo geodinámico externo se calcula utilizando la matriz de Saaty y se utiliza el método CENEPRED para evaluar el flujo de detritos,

siendo los principales factores de evaluación la frecuencia de eventos extremos, los factores que los provocan y las condiciones geológicas, topográficas, de suelos y de taludes. A una altura de 600 m sobre la carretera Conque - Tambo, el nivel de peligrosidad es muy alto porque el cañón se ha activado.

Bernal (2019) en su trabajo de investigación "Evaluación geotécnica del deslizamiento producido el 27 de enero del 2019 en la red vial nacional PE3N Km 184+500 del tramo San Rafael - Independencia", con el objetivo de analizar las características geotécnicas del deslizamiento y calcular el factor de seguridad de deslizamiento es evaluar la parte geotécnica del deslizamiento ocurrido el 27 de enero de 2019 en la red de la carretera nacional PE3N Km 184+500 en el distrito de San Rafael, provincia de Ambo, departamento de Huánuco. El trabajo de investigación se caracteriza por ser una investigación observacional descriptiva, con el tipo de aplicación del método cuantitativo. La población en este estudio fue confirmada por deslizamientos desde el tramo San Rafael hasta Independencia, nuevamente la muestra de prueba fue del tipo no probabilística, por lo que se seleccionaron los taludes para 184+500 Km. Los métodos analíticos utilizados en el estudio incluyeron la recopilación de datos a través de pozos para el laboratorio para determinar el tamaño de las partículas, el límite de densidad, el contenido de humedad, la prueba triaxial sin drenaje y la prueba mediante penetración de carga continua, así como datos topográficos recopilados en el campo para determinar pendientes, geometría y características de la superficie. La información obtenida en el transcurso del estudio de campo es cuantificada aplicando métodos y técnicas de estadística descriptiva, en cuyo caso se presentan en forma de tablas y gráficos para efectos del estudio de su rescate. Luego de tomar en cuenta este criterio, se encuentra que el área que abarca el área de estudio presenta características geotécnicas muy desfavorables, las cuales no favorecen la estabilidad del talud del área de estudio y el factor de seguridad por debajo de 2, nivelar el talud como inestable.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. PESO ESPECIFICO

Es la propiedad del suelo que mide la relación del peso y el volumen del suelo. Este valor dependerá de la cantidad de agua y vacíos que contiene el suelo. Los ensayos de laboratorio determinan el peso específico seco y la humedad, son expresadas en unidades N/m^3 o KN/m^3 . Esta propiedad del suelo es importante que se utiliza para calcular una serie de parámetros, como la capacidad de carga del suelo. (Yepes. V., 2015).

Es un indicador de calidad del suelo importante que se utiliza para calcular una serie de parámetros, como la capacidad de carga del suelo, también valores bajos indica si el suelo es muy poroso, adsorbente y débil, sin embargo, valores altos indica un suelo con buen comportamiento (Tenorio,2018).

2.2.2. COHESIÓN

Es la fuerza que une las partículas del suelo. Se debe a las fuerzas de atracción de las moléculas de agua entre las partículas del suelo. Por lo tanto, la cohesión del suelo varía con el contenido de humedad. (Yepes. V., 2015).

La cohesión (c) en los suelos de tipo arcillosos el valor de la cohesión es alta de $0,25 \text{ kg/cm}^2$ a $1,5 \text{ kg/cm}^2$ o más, mientras que los suelos limosos tienen bajo valor de la cohesión y las arenas carecen de cohesión, por ello se menciona que las arenas no son suelos cohesivos y pueden ser identificadas valorando su textura (Martinez,2019).

2.2.3. ÁNGULO DE FRICCIÓN

Es un parámetro fundamental para evaluar la resistencia al corte del suelo, determina el ángulo de reposo de los materiales granulares, que es el máximo ángulo posible para la pendiente de un conjunto de dicho material. Es importante para la ingeniería geotécnica, ya que determina la estabilidad de taludes, la resistencia de una cimentación o para el cálculo del empuje de las tierras. (Yepes. V., 2015).

El ángulo de fricción es la representación matemática del coeficiente de rozamiento

$$\text{Coeficiente de rozamiento} = \text{Tan } (\Phi)$$

Según Huamán (2018), el ángulo de fricción (Φ) depende de varios de factores, tales como:

- Tipo de mineral que constituye las partículas.
- El Tamaño de las partículas (el Φ es mayor, cuando las partículas son de mayor tamaño).
- Forma de las partículas (el Φ es mayor cuando las partículas son angulosas).
- Dispone el tamaño de las partículas (el Φ es mayor en los suelos bien grabados que en los suelos uniformes).
- Disposición de las partículas (microestructura o fábrica).
- Densidad y permeabilidad.
- Presión normal y presión de pre consolidación.

2.2.4. TOPOGRAFÍA

Es una ciencia aplicada basada en principios, métodos, estrategias y dispositivos que representan gráficamente formas naturales y también artificiales en la superficie de la Tierra y describen las posiciones relativas o absolutas de estos objetos en un punto específico de la Tierra (Gonzales et al., 2007).

Es la disciplina que se encarga de estudiar y representar la superficie de la Tierra, tanto en sus características naturales como artificiales. Esta presentación se puede realizar de forma analógica, mediante los mapas, planos o gráficos de curvas de nivel, o de forma digital, esto mediante representaciones digitales de terreno. (Schofield y Breach, 2007).

La pendiente del terreno hace referencia a lugares con relieve superiores como los domicilios que evidencian otras especificaciones a las viviendas en zonas con relieve baja (Huashua y Sánchez, 2017).

Cociente de diferencia de nivel entre dos puntos y la distancia horizontal, es la inclinación de una recta de su proyección horizontal, esta inclinación se mide en grados o porcentaje (Jiménez et al., 2019).

2.2.5. GRANULOMETRÍA

Es una prueba de suelo que determina la distribución de los tamaños de partículas que componen el suelo. Es una prueba importante que se utiliza para determinar la textura del suelo y sus propiedades físicas y mecánicas. (Morales, 2018).

En el suelo, se caracterizan por el tamaño de los granos de arena que crean zonas débiles y los géiseres que crean zonas débiles y los géiseres que provocan deslizamientos (Bernal, 2019).

Tipo de Suelo. Se caracterizan por granulometría de suelos arenosos, creando zonas débiles y géiseres, creando zonas débiles y géiseres, creando derrumbes (Bernal, 2019).

El Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) es un conjunto de pruebas y análisis que se realizan para evaluar las propiedades físicas y mecánicas del suelo en un terremoto determinado. Esta información es esencial para el diseño y la construcción de edificios, ya que permite determinar la capacidad de carga del suelo y su resistencia a los movimientos sísmicos. (VIVIENDA, 2018).

A continuación, en la Tabla 1, se muestran los ensayos mecánicos de suelo:

Tabla 1

Ensayo de mecánicas de suelo

Descripción	Norma aplicable
Métodos de ensayo estándar para densidad in situ del suelo y suelo agregado por medio de métodos nucleares (profundidad superficial).	NTP 339.144.
Ensayo de penetración cuasi-estática profunda de suelos con cono y cono de fricción (CPT).	NTP 339.148.
Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual – manual.	NTP 339.150.
Método de ensayo normalizado para la capacidad portante del suelo por carga estática y para cimientos aislados.	NTP 339.153.
Método normalizado para ensayo de corte por veleta de campo de suelos cohesivos.	NTP 339.155.
Método de ensayo normalizado para la auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica (DPL).	NTP 339.159.
Práctica para la investigación y muestreo de suelos por perforaciones con barrena.	NTP 339. 161.
Guía normalizada para caracterización de campo con fines de diseño de ingeniería y construcción.	NTP 339. 162.
Método de ensayo normalizado de corte por veleta en miniatura de laboratorio en suelos finos arcillosos saturados.	NTP 339. 168.
Práctica normalizada para la perforación de núcleos de roca para la investigación del sitio.	NTP 339.173.
Método de ensayo normalizado para la medición de la densidad de suelos y rocas in-situ por el método de reemplazo con agua en un pozo de exploración.	NTP 339. 253.
Método de ensayo estándar para la determinación de la densidad y peso unitarios de suelos in situ por el método del balón de jebes.	NTP 339. 256.
Método de ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelos.	NTP 339.163.
Cono Dinámico Superpesado (DPSH)- ver ANEXO II	UNE 103-801.
Auscultación Dinámica mediante el Cono tipo Peck (CTP)	(Ver ANEXO III)
Método de ensayo estándar para pruebas de integridad de impacto con baja deformación en cimentaciones profundas (Standard test method for low strain impact integrity of deep foundations)	ASTM D5882.
Métodos de ensayo estándar para cimentaciones profundas bajo carga lateral (Standard test métodos for deep foundations under lateral load)	ASTM D3966.

2.2.6. CARGAS

Es la presión máxima que soporta el suelo sin que se produzca un fallo por corte. (NTP E.050, 2018).

Según Cueva et al. (2023), la capacidad de carga, es la presión máxima que soporta un terreno sin que se produzca una falla o daño en

la estructura. Esta capacidad depende de las características geométricas del suelo, del tipo de cimentación, de la ubicación del nivel freático y del factor de seguridad. (Castillo,2017).

2.2.7. MÉTODO NUMÉRICO

Se puede definir como la totalidad de los resultados del modelado del mundo real, especialmente de un objeto o sistema, mediante el establecimiento de fórmulas matemáticas para que la relación entre parámetros y variables determine su comportamiento (Calvo, 2015).

Son un conjunto de técnicas que se utilizan para resolver ecuaciones matemáticas complejas. Estas técnicas se basan en la descompensación de la ecuación en problemas más simples, que pueden resolverse mediante operaciones aritméticas básicas. (Garay, 2018)

2.2.8. MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

Es un método más preciso y versátil que los métodos de equilibrio limite, ya que considera la compatibilidad de los esfuerzos y desplazamientos. El método fue introducido por Clough y Woodward (Clough R.W, 1967). Es una herramienta que permite modelar el comportamiento de estructuras complejas mediante la división de la estructura en unidades discretas, permitiendo modelar el comportamiento de estructuras complejas con un alto grado de precisión. Wong (1984) menciona la dificultad de obtener factores de seguridad a la falla.

Su uso no es muy común debido a su complejidad, pese a que el método es una herramienta potente para analizar la estabilidad de taludes.

El análisis por elementos finitos permite resolver problemas complejos de ingeniería. Para que este método sea preciso, se tiene que cumplir con las siguientes características:

- Satisfacer las condiciones de los esfuerzos de frontera.

- En la práctica, es difícil obtener datos precisos sobre la relación del esfuerzo entre la deformación de los suelos naturales. Debido a que los suelos naturales son heterogéneos y anisotrópicos, lo que dificulta su caracterización. Otra limitación es el poco conocimiento de los esfuerzos reales "in situ". Estos esfuerzos son difíciles de medir y pueden variar significativamente de un lugar a otro.

Debido a las dificultades mencionadas anteriormente, el análisis de taludes mediante métodos por elementos finitos se desarrollaron para objetivos mineros, presas de gran envergadura y corte de rocas.

Uso del software en los análisis de estabilidad de taludes finitos. En la década de 1960, la aparición de las herramientas computacionales, permitió realizar los cálculos iterativos necesarios para el análisis de estabilidad de los taludes.

Inicialmente, este método fue el más utilizado, ya que podía realizarse de manualmente. Sin embargo, la aparición de nuevas tecnologías permitió realizar un aumento de iteraciones y dividir la masa deslizante en pequeñas dovelas, lo que condujo a resultados más precisos. Eso también condujo al desarrollo de formulaciones matemáticas más rigurosas, como las desarrolladas por Morgenstern (1965) y Spencer (1967).

Alternativa de solución para Estabilizar Laderas. Actualmente, existen diferentes alternativas para estabilizar laderas; la elección de la alternativa adecuada depende de una serie de factores, que incluyen la topografía del área, las propiedades de los suelos y rocas, el patrón de drenaje natural, el modo de falla, el análisis de estabilidad, la hidrología, la vegetación y el clima. A continuación, se presentan algunas alternativas viables utilizadas en proyectos de todo el mundo, recomendadas por Emilio García (Ugalde, 2015).

- **Modificación de geometría:** es una de las alternativas más efectivas para estabilizar las laderas, y pueden ser la eliminación de terreno, el descabezamiento y la construcción de Bermas.

- Corrección Superficial: la corrección por drenajes es una alternativa eficaz, ya que se encuentra sometida a condiciones de humedad excesiva.
- Corrección por drenajes: Los drenajes superficiales son canales que se construyen en la superficie de la ladera para evacuar el agua superficial. Los drenajes profundos son pozos o zanjas que se perforan en la ladera para evacuar el agua subterránea.
- Elementos resistentes: son alternativas eficaces para estabilizar con pendientes pronunciadas. Los muros son estructuras verticales que se construyen para soportar la ladera. Los son elementos metálicos que se insertan en la ladera para resistir los movimientos del suelo. Las pantallas de pilotes o continuas son estructuras que se construyen para soportar la ladera.

2.2.9. ANCLAJE METÁLICO

El anclaje es una armadura metálica se aloja en la perforación desde el talud y se cementa en el fondo, que transmiten esfuerzos de tensión, hacia el suelo firme, se utilizan para poder estabilizar y soportar estructuras naturales y artificiales, que están sometidas a fuerzas laterales o de levantamiento considerable, restringiendo el desplazamiento o giro. Los anclajes en un talud son una solución segura, confiable y eficiente para la estabilización de taludes, siendo capaces de resistir grandes fuerzas y pueden ser instaladas en una variedad de condiciones. (Monroy, 2007).

Aplicación:

- Estabilización de talud.
- Arriostramiento de estructura de contención.
- Refuerzo de estructuras.
- Absorción de esfuerzos en cimentaciones.

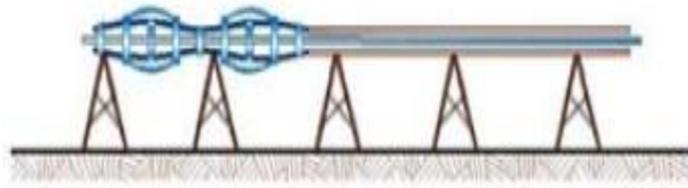
EJECUCIÓN DE ANCLAJE EN UN TALUD

La ejecución del anclaje consta en principio de diversas fases, que se aprecia en la siguiente imagen esquemática:

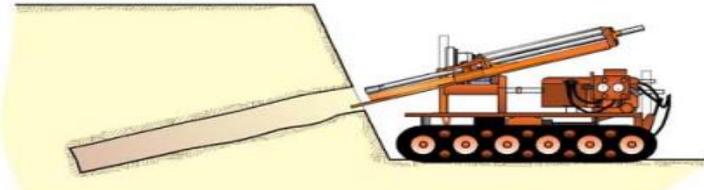
Figura 1

Proceso esquemático de ejecución de un anclaje en talud

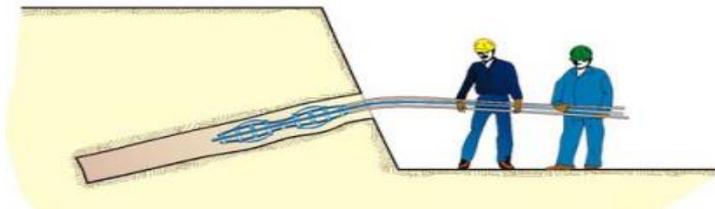
1. Fabricación del anclaje:



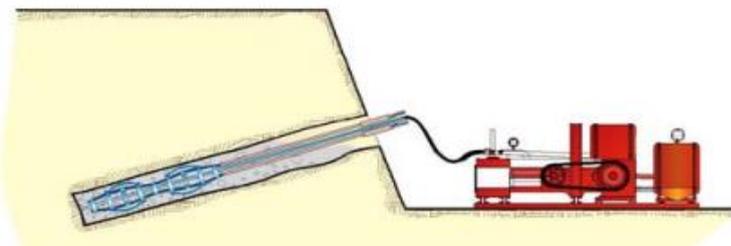
2. Perforación:



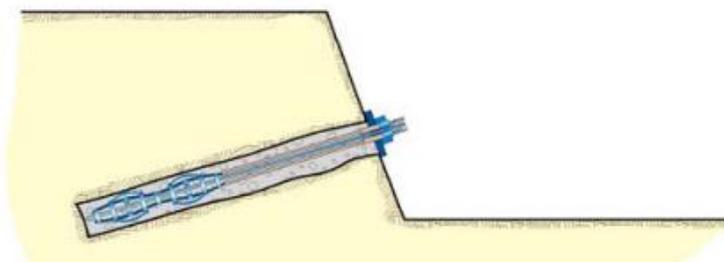
3. Colocación del anclaje:



4. Inyección:



5. Colocación de cabeza de tensado:



Nota. Anclajes y Bulones, Madrid 2010.

CALIFICACIÓN DE LOS ANCLAJES SEGÚN EL TIPO DE TRABAJO

- **Anclaje provisional.** Se utilizan de forma temporal, con un periodo no mayor a dos años. Se usan en casos donde es necesario proporcionar estabilidad de ladera de forma rápida y económica.
- **Anclaje Permanente.** Se utilizan de forma definitiva, diseñadas para hacer frente a los peligros de corrosión, por lo que se dimensionan con mayor coeficiente de seguridad.

CALIFICACIÓN DE LOS ANCLAJES SEGÚN SU ARMADURA O TIRANTE

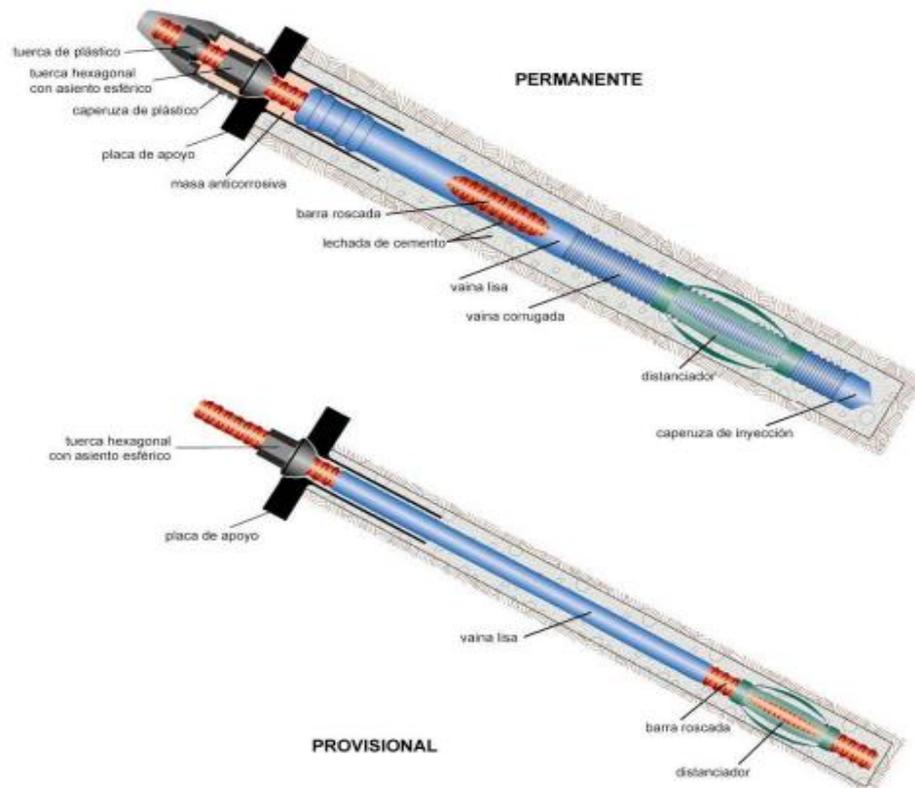
Los anclajes se pueden clasificar según el tipo de armadura o tirante que utilizan. A continuación, se presenta las principales clasificaciones:

- **Anclaje de barra.** Utilizan una barra de acero como armadura. Tienen 3 partes principales como: longitud adherente (bulbo), longitud libre y cabeza.

La colocación de la barra es crucial para garantizar la distribución uniforme de la lechada de inyección y, en consecuencia, la eficacia del tratamiento. Para lograr este objetivo, se emplea centradores PVC o separadores, elementos auxiliares que facilitan la inserción de la barra.

Figura 2

Anclaje de barra (tomada de DSI)



Como se observa en la figura la presencia de la barra roscaada, generalmente se puede emplear las barras roscaadas como las barras corrugadas.

Figura 3

Tipo de barras usuales

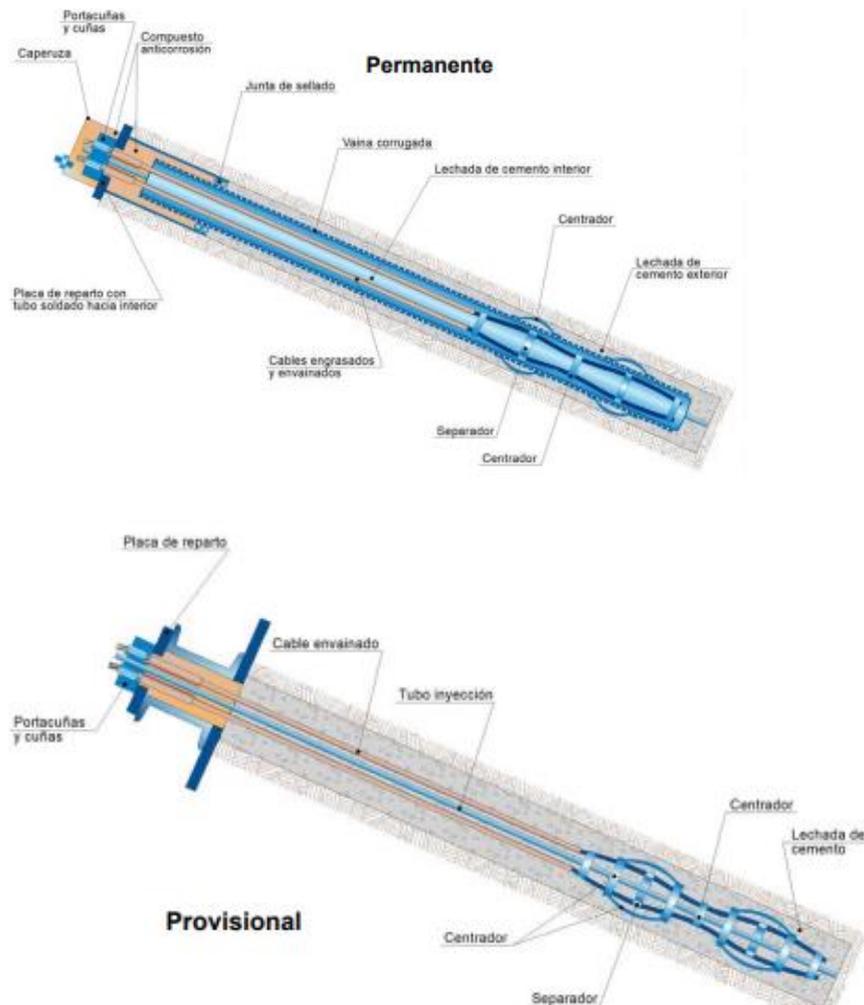


- **Anclaje de cable.** Son más resistentes a la corrosión, sin embargo, son más costosos. La armadura o tirantes están constituidas por cables. La conformación de cada cable es por un conjunto de

alambres de acero. Tiene 3 partes principales como: longitud adherente (bulbo), longitud libre y cabeza.

Como se observa los cables se centran en el eje del taladro, a lo largo de la longitud y separados entre sí, por medio de los centradores y de separadores, facilitando que la lechada de inyección los rodee completamente.

Figura 4
Anclaje de cable (tomada de DSI)



Los anclajes de cables siempre son de tipo Activo, ya que se pretensan antes de que se fije la cabeza del anclaje. Esto se debe a que los cables de acero necesitan una elongación considerable para traccionarse.

Figura 5

Geometría básica de las cuñas y portacuñas

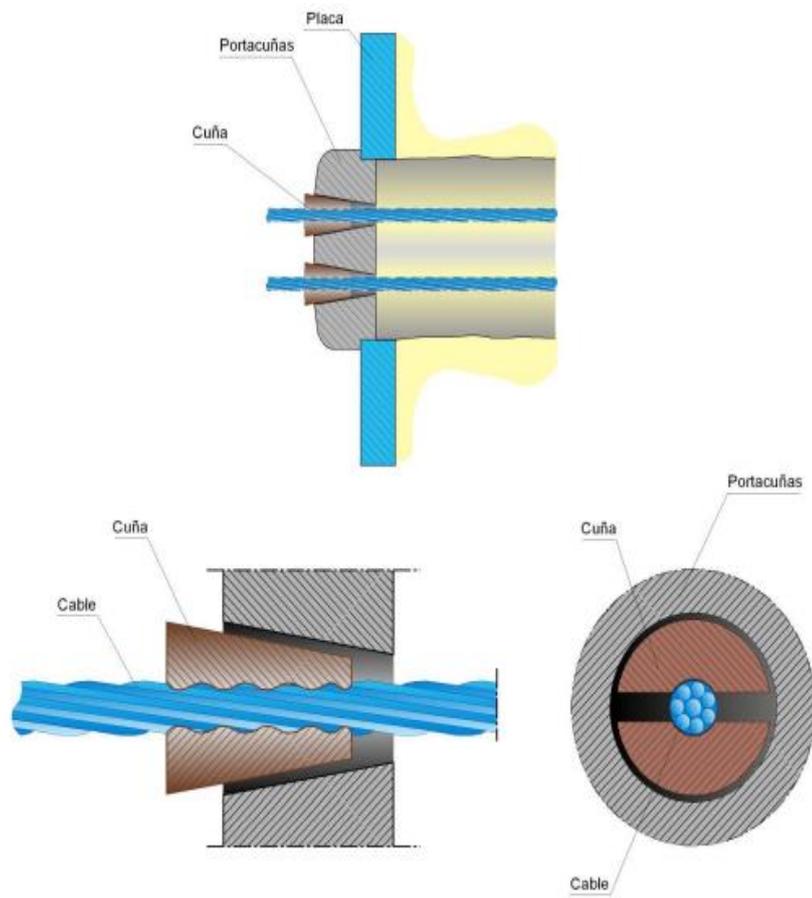
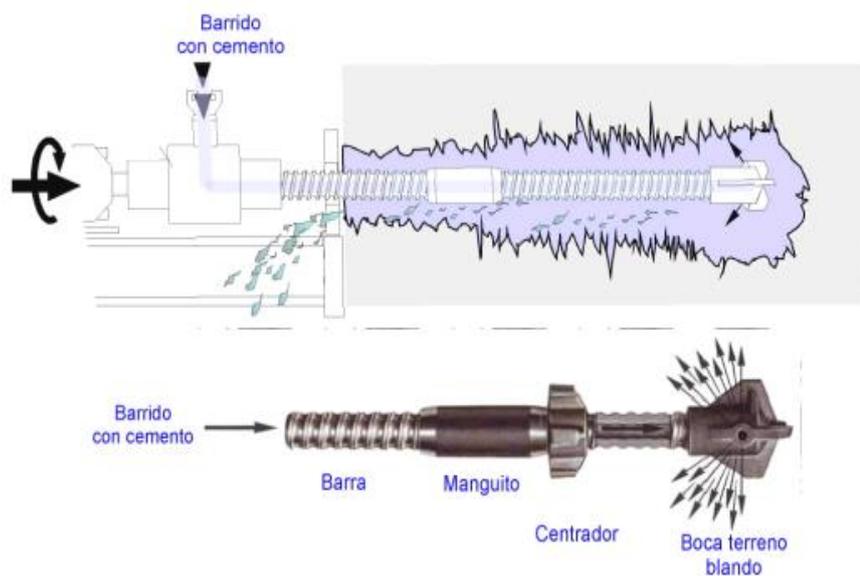


Figura 6

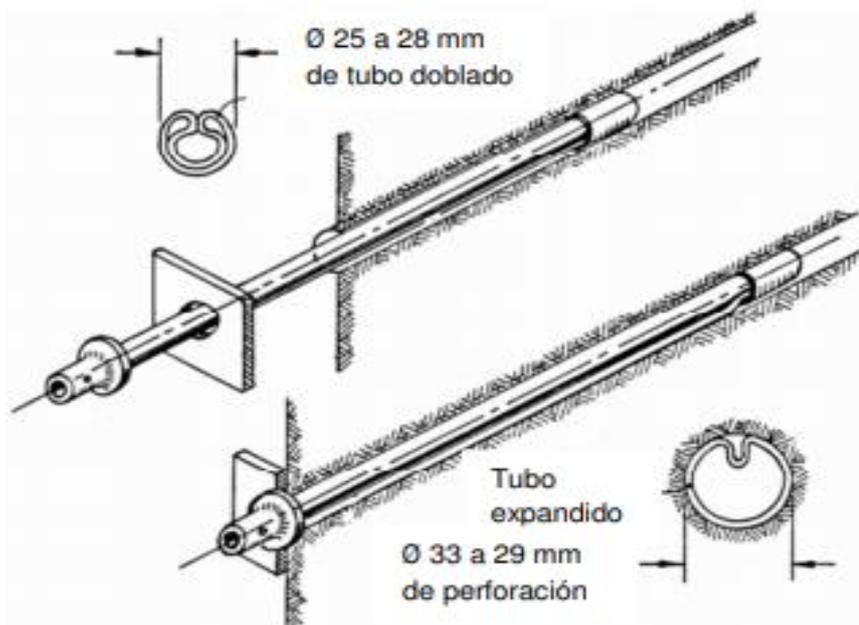
Anclaje auto perforante



Bulones de fricción: Son aquellos que se instalan sin la inyección de ningún material en el suelo.

Figura 7

Esquema de un sistema Swellex



Micropilotes: también se pueden emplear como anclajes, obteniendo gran resistencia cortante y buena rigidez axial.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Estabilidad de laderas. El talud es la superficie inclinada con respecto a la horizontal, que asume la geometría de la tierra permanente o temporal. Los taludes naturales, como laderas, se forman por procesos geológicos, mientras que los taludes artificiales son creados por el hombre, como en las obras de ingeniería, las que pueden ser de forma homogénea o muy compleja, razón por la cual se analiza de diferentes maneras (Valiente et al., 2015).

Software Plaxis. El software usa una interfaz gráfica que otorga al usuario crear rápidamente modelos geométricos y mallas de elementos finitos a partir de las partes verticales apropiadas del problema que se está considerando (Díaz y López, 2008). El Software Plaxis, es un programa de análisis de elementos finitos para ingeniería geotécnica y mecánica de rocas. Que está diseñado para resolver problemas complejos de ingeniería, como el

diseño de cimentaciones, presas, túneles y taludes. Permite modelar problemas complejos en 2D y 3D, aplica una alta gama de cargas y condiciones de fronteras. (Manual de Referencia Plaxis 2023).

Factor de Seguridad. Mide de la capacidad de un talud para resistir el deslizamiento. En condiciones estáticas, un factor de seguridad de 1.5 es suficiente para evitar el deslizamiento. En condiciones sísmicas, un factor de seguridad de 1.25. (NTP E.050, 2018).

Desplazamiento. Es el cambio de posición de un cuerpo desde un punto inicial A hasta un punto final B. Se mide en unidades de longitud y tiene una dirección. (Swokowski, E.W. y Cole, J.A., 2009).

Asentamientos. Son determinados por las fórmulas aceptadas del estudio de mecánica de suelos, mediante los ensayos in situ. Es el movimiento de forma descendente vertical del suelo, por la aplicación de cargas (NTP E.050, 2018).

Anclaje. Es un elemento que transmite fuerzas de tracción a un suelo más resistente. Se utiliza en una variedad de aplicaciones, como la estabilización de taludes, el refuerzo de suelos y el anclaje de estructuras. (NTP E.050, 2018).

Clasificación de suelo. Según INDECOPI (1999), la NTP 339.134:1999 menciona la clasificación de suelos, identificando tres grandes divisiones de suelos, como, suelos en grano grueso, suelos en grano fino y los suelos altamente orgánicos.

Capacidad de carga. Es la presión estimada para provocar la falla de suelo por corte, siendo el máximo esfuerzo que el suelo soporta. (NTP E.050, 2018).

Topografía. Determina la posición relativa o absoluta de los puntos en la superficie terrestre y representar partes (finitas) de la superficie terrestre en un plano y graficarlos o analizarlos en una escala dada (Alcántara, 2014).

Talud. Refiere a la pendiente que señala el paramento de una superficie de forma inclinada, con respecto a una de manera horizontal, componiéndose del mismo material del suelo. En la Geología, el talud es un cumulo de roca que se forma en la cuenca de un valle, tomando aspecto cóncavo hacia arriba (Swokowski, E.W. y Cole, J.A, 2009).

Pendiente. Se mide la inclinación positiva o negativa, calculando el desplazamiento vertical entre el desplazamiento horizontal (Swokowski, E.W. y Cole, J.A., 2009).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

El software Plaxis se relaciona con la Estabilidad de Laderas en el Asentamiento Humano Leoncio Prado Gutiérrez-Las Moras de la ciudad de Huánuco 2022

2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA

- El software Plaxis se relaciona con el cumplimiento del factor de seguridad para la estabilidad de ladera.
- El software Plaxis se relaciona con el desplazamiento para la estabilidad de la ladera
- El software Plaxis se relaciona con el asentamiento en la zona de carga para la estabilidad de la ladera.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Software Plaxis.

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Estabilidad de ladera.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2

Operacionalización de la variable independiente

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Escala	Nivel y rango
V. Independiente Estabilidad de la ladera	Los análisis se realizan para estimar el nivel de seguridad. Si el nivel de seguridad es bajo, se debe tomar medidas correctivas y de estabilización del terreno para evitar nuevos deslizamientos.	Factor de seguridad	Peso específico (KN/m ³)	FO N°1 (1)	Razón	Alto (18.36 – 18.40) Medio (18.12 – 18.35) Bajo (15.00 -18.11)
			Cohesión (KN/m ²)	FO N°1 (1)	Razón	Alto (31-35) Medio (16-30) Bajo (10-15)
			Angulo de fricción (°)	FO N°1 (1)	Ordinal	Alto (35.00 -40.00) Medio (31.00 – 34.00) Bajo (25.00 – 30.00)
		Desplazamiento	Pendiente (%)	FO N°1(2)	Nominal	Alto (0.75 – 0.90) Medio (0.61 – 0.70) Bajo (0.50 – 0.60)
			Granulometría (tamiz)	FO N°1 (1)	Nominal	Alto (GC-GW) Medio (GP – GM) Bajo (MH-CH)
			Asentamiento	Cargas externas (KN/m/m)	FO N°2 (1)	Razón

Tabla 3*Operacionalización de la variable dependiente*

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	ítems	Escala	Nivel y rango
V. Dependiente						
Software Plaxis	Estudia el método numérico de elementos finitos, calculando las deformaciones y la estabilidad de problemas geotécnicos de diversa índole.	Plaxis	Método numérico	--	Nominal	

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Este estudio es de tipo aplicada, orientado a resolver un problema real y estrechamente vinculado a la investigación básica. Se sustenta en los resultados y teorías preexistentes de esta última. (Hernández et al., 2014).

Busca generar conocimiento y resolver el problema a la estabilidad de la ladera del AA. HH Leoncio Prado Gutiérrez mediante el uso del Software Plaxis.

3.1.1. ENFOQUE

Este estudio emplea un enfoque cuantitativo debido a la naturaleza secuencial y probabilística de los procesos que analiza. Cada paso del estudio, desde la definición de objetivos y preguntas de investigación hasta la revisión literaria, construcción del marco teórico, formulación de hipótesis, identificación de variables, diseño de la investigación, análisis estadístico y elaboración de conclusiones, se encuentra estrechamente vinculado con el anterior, conformando un proceso riguroso y sistemático. La precisión en la medición de variables, característica del enfoque cuantitativo, permite obtener resultados confiables y generalizables. (Hernández et al., 2014).

Este estudio es cuantitativo, porque se basa en investigaciones y análisis reales, utilizando diferentes procedimientos basados en mediciones, realizadas en el laboratorio a las diferentes muestras recolectadas de las calicatas in situ del AA. HH Leoncio Prado Gutiérrez – Las Moras – Huánuco.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

La correlación busca descubrir el nivel de relación o asociación que existen entre dos o más variables en un determinado contexto. En la

mayoría de casos solo se analiza dos variables, pero en algunos casos puede existir más variables involucradas. (Hernández et al, 2014).

El nivel de esta investigación es correlacional, ya que se evaluó el grado de asociación, se cuantifico y analizo en el software Plaxis y la estabilidad de ladera para dar solución a dicho problema.

3.1.3. DISEÑO

Según los resultados esta investigación es cuantitativa, porque está basada en estudios y el análisis de la realidad que se obtuvo en la toma de muestras y de los ensayos en laboratorio.

Para esta investigación descriptiva, es de tipo no experimental, lo que significa que las variables no serán manipuladas por el investigador. (Hernández et al., 2014).

Este estudio es de tipo transversal, lo que significa que analiza una o más variables en un punto específico en el tiempo. Evalúa la relación que existe entre estas variables en un momento determinado. (Hernández et al., 2014).

Según la cronología de la investigación es prospectiva ya que el software Plaxis se relaciona con la estabilidad de laderas y se busca hacer una investigación sin manipular las características del resultado de EMS de la zona de estudio y así nos permite ver alternativas de solución en diversos casos.

El software Plaxis se relaciona con la estabilidad de laderas en el asentamiento humano Leoncio Prado Gutiérrez-Las Moras de la ciudad de Huánuco 2022.

Por su nivel, el estudio corresponde a las características de un estudio observacional, descriptivo, del tipo aplicado con enfoque cuantitativo.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Según menciona Braja, (2016), se define población al conjunto total de elementos o sujetos que comparten características comunes y que serán objeto de análisis en una investigación en particular.

Para esta investigación la población, son las laderas del Asentamiento Humano Leoncio Prado Gutiérrez, en un área de 138,958.57 m².

Según el Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Huánuco 2019 -2029, es una Zona de Reglamentación Especial de Recuperación (ZRE-RE 2).

3.2.2. MUESTRA

Es un grupo de personas o elementos que representa a la población de estudio, debe ser seleccionado de manera aleatoria y representativa, para garantizar que los resultados del estudio sean válidos. (Hernández et al., 2014).

En este estudio, la muestra es intencional no probabilística, y estará representada por la sección 02 (**Ver figura 10**) de la ladera del AA. HH Leoncio Prado Gutiérrez del Centro Poblado Las Moras, del Distrito de Huánuco - Provincia de Huánuco – Departamento de Huánuco. Esta sección tiene un área de 58,295.8 m².

Figura 8
Departamento de Huánuco

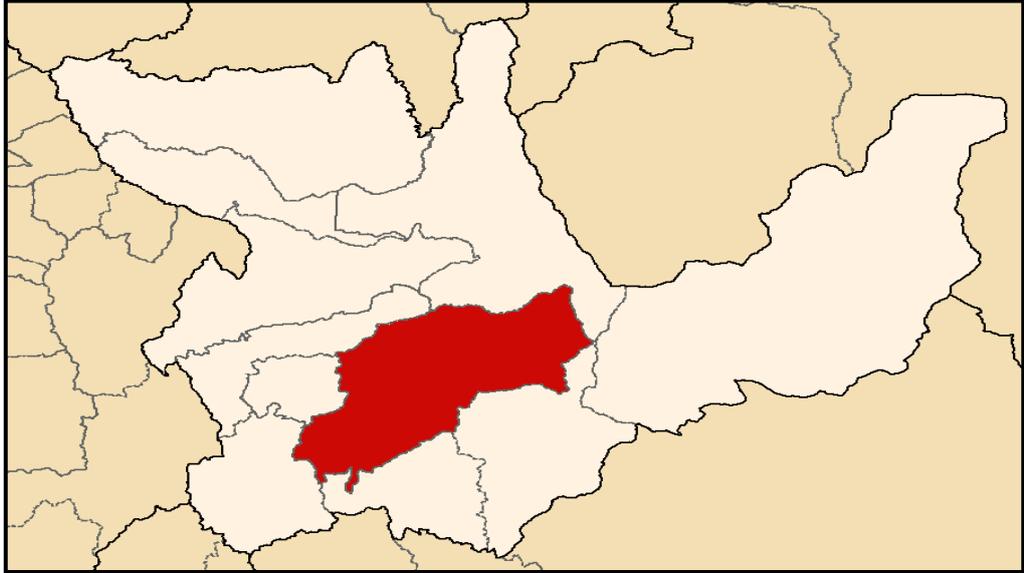


Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (2014)

https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digiales/Est/Lib1205/Libro.pdf.

Figura 9

Provincia de Huánuco



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (2014)
https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1205/Libro.pdf

Figura 10

Ubicación del AA. HH. Leoncio Prado Gutiérrez



Nota. Google Earth (2022).
https://earth.google.com/web/search/AH+LEONCIO+PRADO,+HU%c3%81NUCO/@-9.91491956,-76.23868986,1921.93131847a,608.51628239d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCYZVCpW-hDRAEYZVCpW-hDTAGZ16muXBlzBAIRFv_FaEZVXA

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas, son procedimientos específicos que, al desarrollar un método científico, deben aplicarse en una investigación para obtener la información o los datos necesarios (Niño, 2011).

Para la recolección de datos. Para la investigación se utilizarán técnicas e instrumentos con el propósito de facilitar el recojo de datos.

Técnicas. La técnica observacional en el proceso de investigación es muy útil para el investigador, porque se basa en observar la situación mientras se hace algo, pues permite determinar qué se está haciendo, cómo se está haciendo, quién lo está haciendo, cuándo se hace, cuánto tiempo lleva, dónde y por qué se hace eso, además de una técnica valiosa para el recojo de datos (GABRIELLEBET, 2013).

Para el recojo de datos se utilizará la observación, ya que esta técnica se utiliza para recolectar datos cuantitativos en campo, y permite verificar si los datos obtenidos, cuenta con toda la información necesaria para alcanzar los objetivos de la investigación y los requisitos establecidos por la Norma E.050 en Suelos y Cimentaciones para el Estudio de la Mecánica de Suelos.

El presente estudio, tiene como objetivo determinar las características físicas del suelo en el lugar del estudio, con el fin de obtener información relevante se realizaron ensayos según la las Normas Técnicas Peruanas (NTP), las cuales se muestran a continuación:

Tabla 4

Características físicas y mecánicas del suelo

PROPIEDADES	ENSAYO	NORMAS APLICADAS
Tipo de suelo	Calicatas	NTP 339.162:2001
	Límite de Atterberg	NTP 339.129:1999
	Granulometría	NTP 339.128:1999
	Clasificación de suelos	NTP 339.134:1999

Instrumentos. Según Niño (2011), se entiende por instrumento de recolección de datos precisos y confiables a cualquier recurso que le permita al investigador aproximarse al fenómeno y obtener la información deseada.

Para este estudio los instrumentos de recolección de datos se muestran a continuación:

- Plano de topografía.
- Ficha de recolección de datos según la norma del ensayo realizado.
- Parámetros de entrada y salida de resultados del software de PLAXIS.

- **Aparatos experimentales**

Para los ensayos de mecánica de suelos, se utilizó:

- Balanza
- Cazoletas
- Copa de Casagrande
- Densímetro
- Equipo de corte directo y accesorios
- Equipo de Proctor modificado
- Horno Eléctrico
- Juego de tamices
- Materiales de vidrio
- Recipientes metálicos y accesorios

En relación al trabajo en campo, use una libreta de apuntes, que fue muy útil para poder identificar los ítems de lo evaluado en las calicatas que fueron parte fundamental para esta investigación.

A nivel de laboratorio, utilice fichas y formatos de tablas donde coloque los datos obtenidos en cada ensayo.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.4.1. PRESENTACIÓN DE DATOS

Topografía: se presenta mediante un archivo de datos extraídos en las mediciones de campo y en un mapa digital del terreno correspondiente a las cotas a nivel del mar que define el relieve.

Caracterización geotécnica del talud: los resultados de mecánica de suelos se presentan mediante las actas de los resultados para cada ensayo.

El Análisis de estabilidad, en la sección que este más crítica de la ladera sin reforzamiento.

Modelo de estabilidad de las laderas se presenta mediante los mapas a escala elaborados con el software Plaxis.

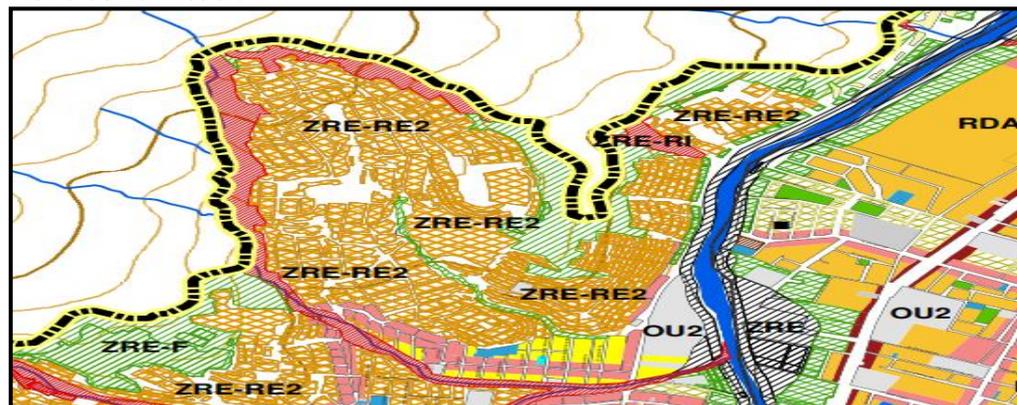
3.4.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La información obtenida para el logro de objetivos se analizó teniendo en cuenta el marco teórico de referencia, las normativas aplicables y con el software Plaxis. Una vez obtenido los datos sobre las características del talud, se procedió a organizarlos en un orden lógico para su posterior análisis en el software Plaxis. En última instancia, se evaluó la estabilidad del talud tanto en su estado actual como con la sobrecarga añadida y la propuesta de estabilización mediante anclajes permanentes. Para ellos, se consideraron niveles de carga, desplazamiento y el asentamiento.

De acuerdo al Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Huánuco 2019 – 2029, clasifica la zona de estudio como Zona de Reglamentación Especial de Recuperación (ZRE-RE 2). Estas zonas se encuentran en estado de ocupación informal y, por lo tanto, requiere un proceso de renovación urbana. Este proceso establecerá requisitos estructurales y de seguridad para la consolidación de la zona, así como una densidad baja.

Figura 11

Plano de zonificación



Nota. Plano de zonificación del plan de desarrollo urbano de la ciudad de Huánuco 2019 -2029

Figura 12

Zonas de reglamentación especial

ZONAS DE REGLAMENTACIÓN ESPECIAL								
ZONIFICACIÓN		RESTRICCIONES	DENSIDAD NETA	LOTE NORMATIVO	FRENTE DE LOTE	ALTURA EDIFICACIÓN	COEFICIENTE EDIFICACIÓN	ÁREA LIBRE
USOS ESPECIALES	OU 1	SE REGISTRARÁ POR LOS PARÁMETROS CORRESPONDIENTES A LA ZONIFICACIÓN COMERCIAL O RESIDENCIAL PREDOMINANTE						
	OU 2	SE REGISTRARÁ POR LOS PARÁMETROS CORRESPONDIENTES A LA ZONIFICACIÓN COMERCIAL O RESIDENCIAL PREDOMINANTE						
ZONA DE RECREACION	ZR	SE REGISTRARÁ POR LOS PARÁMETROS QUE SE ESTABLEZCAN EN EL PLANEAMIENTO INTEGRAL QUE LA GENERE. PERMITIÉNDOSE UN 5% DE ÁREA CONSTRUIDA COMO MÁXIMO						
ZONA DE REGLAMENTACION ESPECIAL	ZRE - PP	No Urbanizable con fines de vivienda	165 HAB/HA	300.00 m2 o el lote existente	s. d.	6 m	2.30 en predios hasta 150 m2 y 1.85 en predios sin construcción.	40% uso residencial 40% uso comercial
	ZRE - PA	No Urbanizable	Se registrará por los parámetros que se establezcan en el Plan Especifico que las generen					
	ZRE - RI	No Urbanizable	Se registrará por los parámetros que se establezcan en el Plan Especifico que las generen					
	ZRE - F	No Urbanizable ni Edificable	Zonas de recuperación física y ambiental y tratamiento como espacios públicos verdes y de forestación					
	ZRE - PAQ	No Urbanizable Certificado de Seguridad estructural, y estudio de suelos de ser el caso.	Se registrará por los parámetros que se establezcan en el Plan Especifico que las generen					
	ZRE - RE 1	Certificado de Seguridad estructural, y estudio de suelos de ser el caso.	Hasta 180Hab/HA	120 m2 - 200 m2	min 6m	2 + Azotea	2.1	30%
	ZRE - RE 2	Certificado de Seguridad estructural, y estudio de suelos de ser el caso.	Hasta 120Hab/HA	120 m2 - 200 m2	min 6m	2 + Azotea	1.8	30%
ZRE - RU	Se registrará por los parámetros que se establezcan en el Plan Especifico que las generen							

Elaboración: Equipo Técnico PDU Huánuco 2019 - 2029

En los siguientes cuadros se ilustra los permisos según el tipo de suelo en servicios, viviendas – equipamiento – otros usos y comercio en la zona de estudio.

Figura 13

Servicios

ZONIFICACIÓN			SERVICIOS																						
ZONAS	NOMENCLATURA		USO DE SUELOS																						
			SERVICIOS																						
			Oficinas y consultorios	Establecimientos financieros	Agencias bancarias (no agencias)	Videoes, alojamiento	Restaurantes, catering	Cafeterías, juguerías y dulcerías.	Salas de juego, video juegos, casinos, juegos, tragaperras	Bibliotecas, farmacias	Servicio técnico, reparación de artefactos	Películas, video puts, discotecas, bares, grill	Cantinas, clubs nocturnos	Recreos y esparcimiento	Servicios médicos veterinarios	Actividades de fotografía	Compañías de seguros	Bienes inmuebles	Deposito transporte de carga	Depositos de transporte urbano	Alquiler y arrendamiento de maquinaria y equipos	Edificios y playas de estacionamientos	Agencias de turismo	Estaciones de radio y tv	Aranderas de ropa al por menor.
ZONA DE REGLAMENTACIÓN ESPECIAL (ZRE)	Hospital general	H3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Valor patrimonial paisajístico	ZRE1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Protección ambiental	ZRE2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Riesgos muy altos con restricciones	ZRE3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Forestación en laderas	ZRE4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Zona arqueológica	ZRE5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Recuperación	ZRE6	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Renovación urbana	ZRE7	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
ZONA AGRICOLA (ZA)	Zona agrícola	ZA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
ZONA DE PROTECCIÓN ECOLÓGICA (ZPE)	Zona de protección ecológica	ZPE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Figura 14

Vivienda - Equipamientos - Otros usos

ZONIFICACIÓN			VIVIENDA – EQUIPAMIENTOS – OTROS USOS																															
ZONAS	NOMENCLATURA		VIVIENDA										EQUIPAMIENTOS										OTROS USOS											
			Vivienda familiar	Vivienda bi-familiar	Vivienda multi-familiar	Conjuntos habitacionales	Quintas	Vivienda huerto	Vivienda granja	Vivienda taller	Vivienda comercio	Vivienda en condominio	Vivienda en ladera	Centros educativos	Instalaciones tecnológicas	Centros de investigación	Puesto de salud	Centro de salud	Clinicas hospitalarias	Usos deportivos	Locales restauración	Museos	Ferries	Equipamientos de viajes	Locales religiosos	Terminal intermodal de pasajeros	Terminal de pasajeros	Terminal de carga	Centros de esparcimiento	Museos, bibliotecas, centros culturales y galerías de arte	Escuela de música, baile, artes artes, idiomas	Jardines botánicos, viveros	Clubs sociales y deportivos	Instalaciones deportivas, coliseos, estadios
SALUD (H)	Post grado	E4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Posta medica	H1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Centro de salud	H2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Hospital general	H3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ZONA DE REGLAMENTACIÓN ESPECIAL (ZRE)	Valor patrimonial paisajístico	ZRE1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Protección ambiental	ZRE2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Riesgos muy altos con restricciones	ZRE3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Forestación en laderas	ZRE4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Zona arqueológica	ZRE5	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Recuperación	ZRE6	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
Renovación urbana	ZRE7	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
ZONA AGRICOLA (ZA)	Zona agrícola	ZA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
ZONA DE PROTECCIÓN ECOLÓGICA (ZPE)	Zona de protección ecológica	ZPE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. ESTABILIDAD DE LADERAS CUMPLIENDO EL FACTOR DE SEGURIDAD

4.1.1. EVIDENCIA DEL PROBLEMA DE ESTABILIDAD DE LADERA A TRAVÉS DEL FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO

A partir de la topografía, así como la información del estudio de mecánica de suelos, para esta investigación, se ha realizado el modelamiento en el software Plaxis, teniendo varias posibles alternativas de solución para una estabilidad de ladera óptima considerando una sobrecarga. Se ha considerado como mejor alternativa de solución con Anclajes.

Estudio topográfico de la Ladera. En este trabajo de investigación se han tomado los datos necesarios con el objetivo de especificar las progresivas y las secciones para analizar la pendiente de la ladera. De esta manera, con los datos mencionados, desarrollar el modelamiento en el Software Plaxis. Dichos resultados se muestran a continuación:

Tabla 5

Datos necesarios para especificar las progresivas, secciones y analizar la pendiente de la ladera

Código	Este (X)	Norte (Y)
BM-1	363913.0277	8903836.3216
BM-2	364350.7460	8903810.0272
BM-3	364060.0844	8903824.6129

Estudio Mecánica de Suelos. En la tabla 9, 13 y 14 se muestran los resultados del peso específico, cohesión y ángulo de fricción interna de las muestras de las 03 calicatas.

Tabla 6*Datos de Calicata 01*

DATOS CALICATA 01					
N° DE TARA	UND	1	2	3	4
Peso muestra húmeda + molde	gr.	10657	11060	11096	10842
Peso del molde	gr.	6365	6365	6365	6365
Peso muestra húmeda	gr.	4292	4695	4731	4477
Volumen del molde	cm3	2131	2131	2131	2131
Densidad húmeda	gr/cm3	2.01	2.20	2.22	2.10
Densidad seca	gr/cm3	1.972	2.114	2.095	1.957

Tabla 7*Datos de Calicata 02*

DATOS CALICATA 02					
N° DE TARA	UND	1	2	3	4
Peso muestra húmeda + molde	gr.	10625	11074	11125	10774
Peso del molde	gr.	6365	6365	6365	6365
Peso muestra húmeda	gr.	4260	4709	4760	4409
Volumen del molde	cm3	2131	2131	2131	2131
Densidad húmeda	gr/cm3	2.00	2.21	2.23	2.07
Densidad seca	gr/cm3	1.955	2.115	2.113	1.927

Tabla 8*Datos de Calicata 03*

DATOS CALICATA 03					
N° DE TARA	UND	1	2	3	4
Peso muestra húmeda + molde	gr.	10645	11045	11085	10856
Peso del molde	gr.	6365	6365	6365	6365
Peso muestra húmeda	gr.	4280	4680	4720	4491
Volumen del molde	cm3	2131	2131	2131	2131
Densidad húmeda	gr/cm3	2.01	2.20	2.21	2.11
Densidad seca	gr/cm3	1.970	2.122	2.108	1.968

Figura 16

Calicata N°01: Gráfico de Densidad de cada calicata

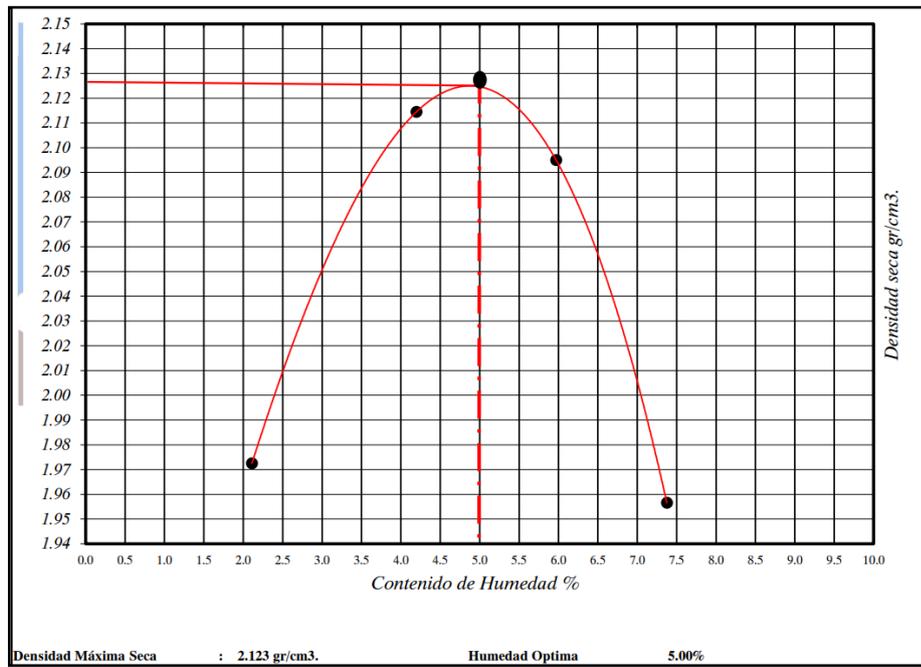


Figura 17

Calicata N°02: Gráfico de Densidad de cada calicata

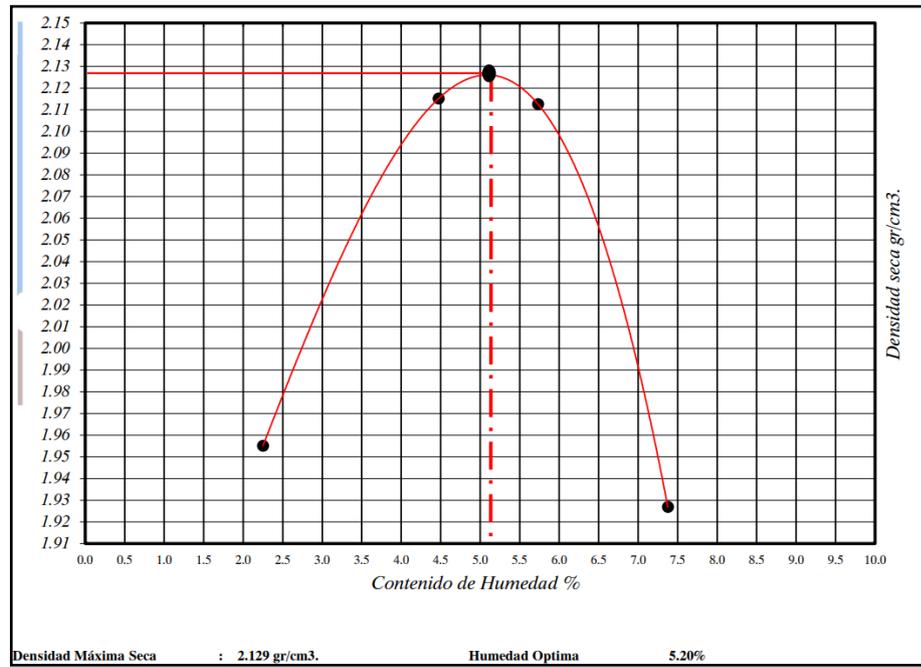


Figura 18

Calicata N°03: Gráfico de Densidad de cada calicata

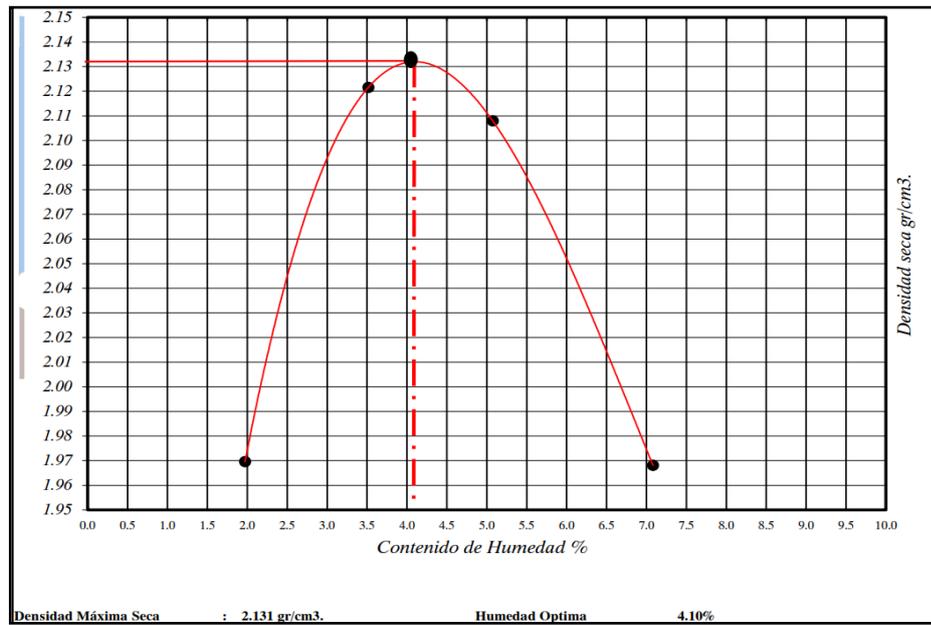


Tabla 9

Resultados del estudio de mecánica de suelos – densidad de suelos

Progresiva	Calicata	Peso Especifico
0+282	C-01	18.35 KN/m ³
0+388	C-02	18.40 KN/m ³
0+485	C-03	18.11 KN/m ³

Del Ensayo de corte Directo tenemos:

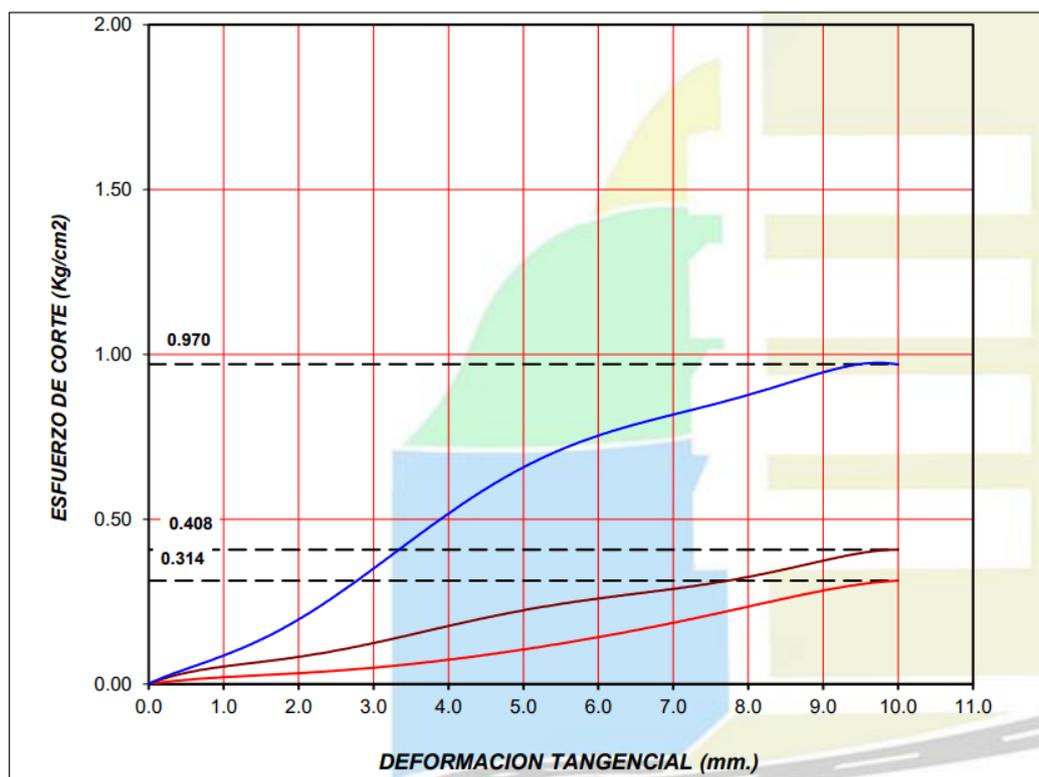
Tabla 10

Calicata 01 características de los especímenes

CALICATA N°01					
CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES					
MUESTRA N°	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	CONT. HUM. (%)	DENS. SECA (gr/cm ³)	ESFUERZO NORMAL (Kg/cm ²)
01	6.0	28.27	9.8	1.831	0.5
02	6.0	28.27	9.8	1.865	1.0
03	6.0	28.27	10.2	1.808	2.0
CLASIF. SUCS: GP-GM	L.L: 22	I.P: 3	% MENOR DE MALLA N°200: 11.6		

Figura 19

Calicata 01: Esfuerzo de corte y Deformación Tangencial



RESULTADOS DE ENSAYO	
COHESIÓN (Kg/cm ²): 0.033	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°): 24.5

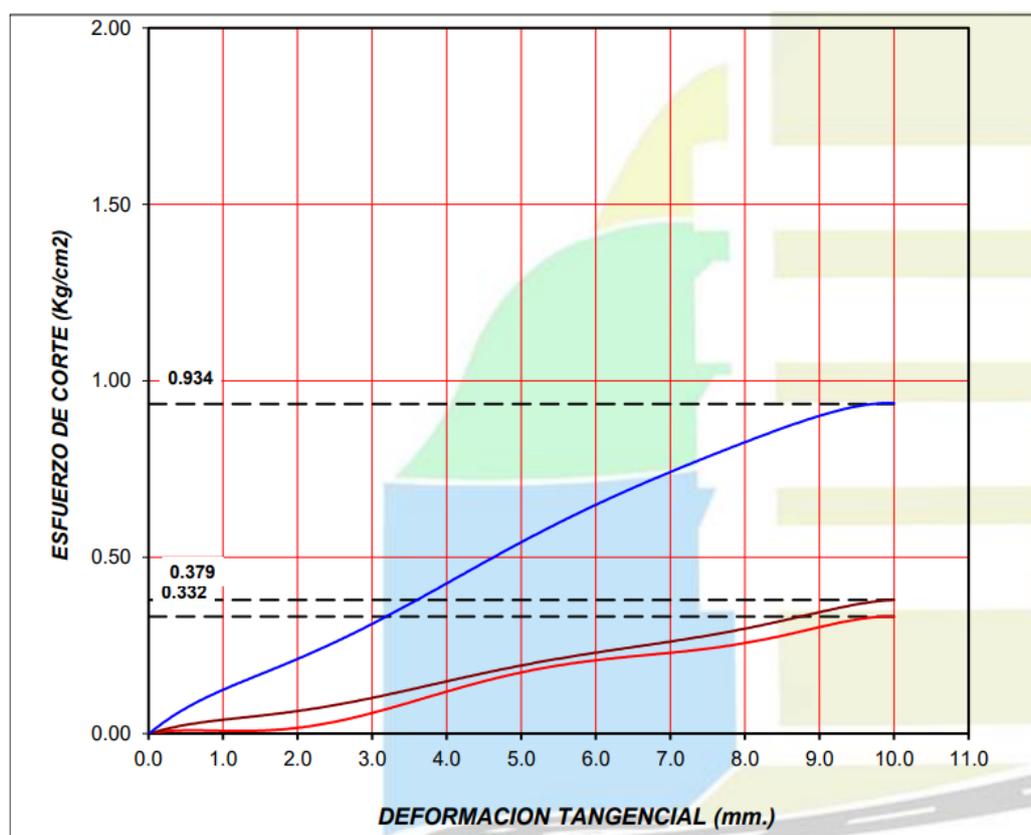
Tabla 11

Calicata 02. características de los especímenes

CALICATA N°02					
CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES					
MUESTRA N°	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	CONT. HUM. (%)	DENS. SECA (gr/cm ³)	ESFUERZO NORMAL (Kg/cm ²)
01	6.0	28.27	8.8	1.865	0.5
02	6.0	28.27	8.8	1.848	1.0
03	6.0	28.27	10.2	1.808	2.0
CLASIF. SUCS:	L.L: 28	I.P: 3	% MENOR DE MALLA N°200: 9.2		
GP-GM					

Figura 20

Calicata 02: Esfuerzo de corte y Deformación Tangencial



RESULTADOS DE ENSAYO	
COHESIÓN (Kg/cm ²): 0.054	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°): 23.0

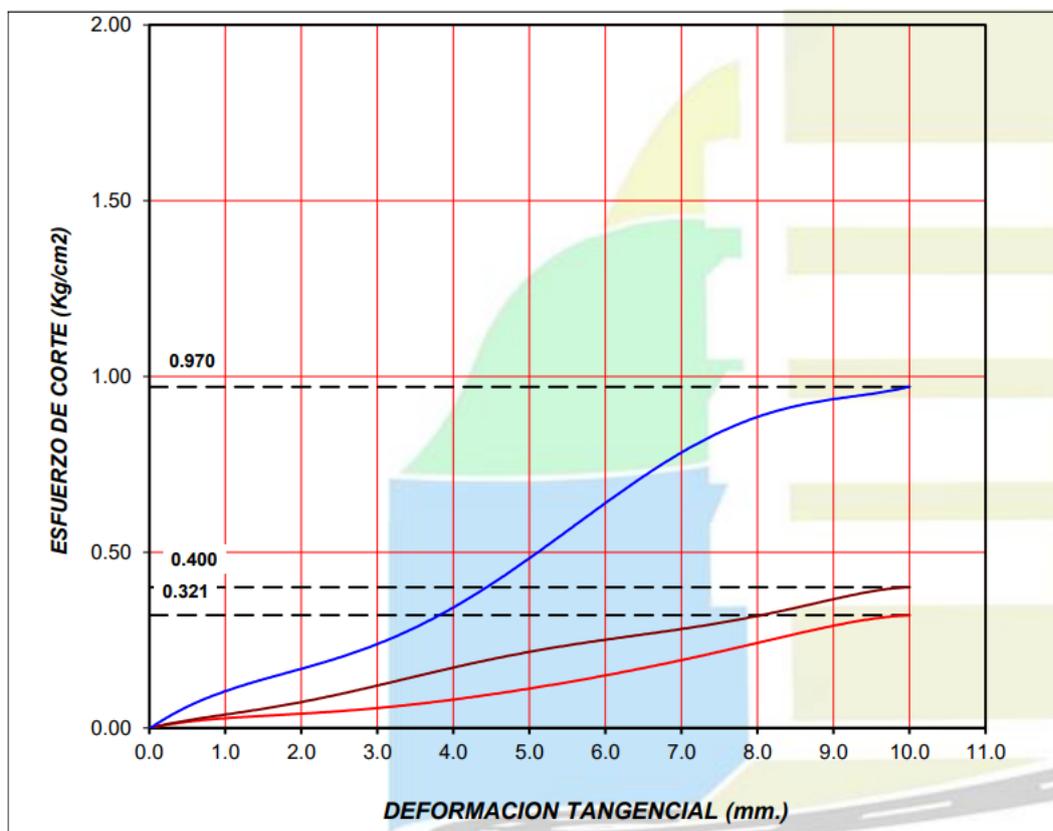
Tabla 12

Calicata 03 características de los especímenes

CALICATA N°03					
CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES					
MUESTRA	DIÁMETRO	ÁREA	CONT.	DENS.	ESFUERZO
N°	(cm)	(cm ²)	HUM.	SECA	NORMAL
			(%)	(gr/cm ³)	(Kg/cm ²)
01	6.0	28.27	12.5	1.804	0.5
02	6.0	28.27	12.5	1.771	1.0
03	6.0	28.27	10.2	1.808	2.0
CLASIF. SUCS:	L.L: 23	I.P: 2	% MENOR DE MALLA N°200: 21.5		
GP-GM					

Figura 21

Calicata 03: Esfuerzo de corte y Deformación Tangencial



RESULTADOS DE ENSAYO	
COHESIÓN (Kg/cm ²): 0.036	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°): 24.3

Tabla 13*Resultados del estudio de mecánica de suelos – cohesión del suelo*

Progresiva	Calicata	Cohesión
0+282	C-01	3.24 KN/m ²
0+388	C-02	5.30 KN/m ²
0+485	C-03	3.53 KN/m ²

Tabla 14*Resultados del estudio de mecánica de suelos – fricción interna*

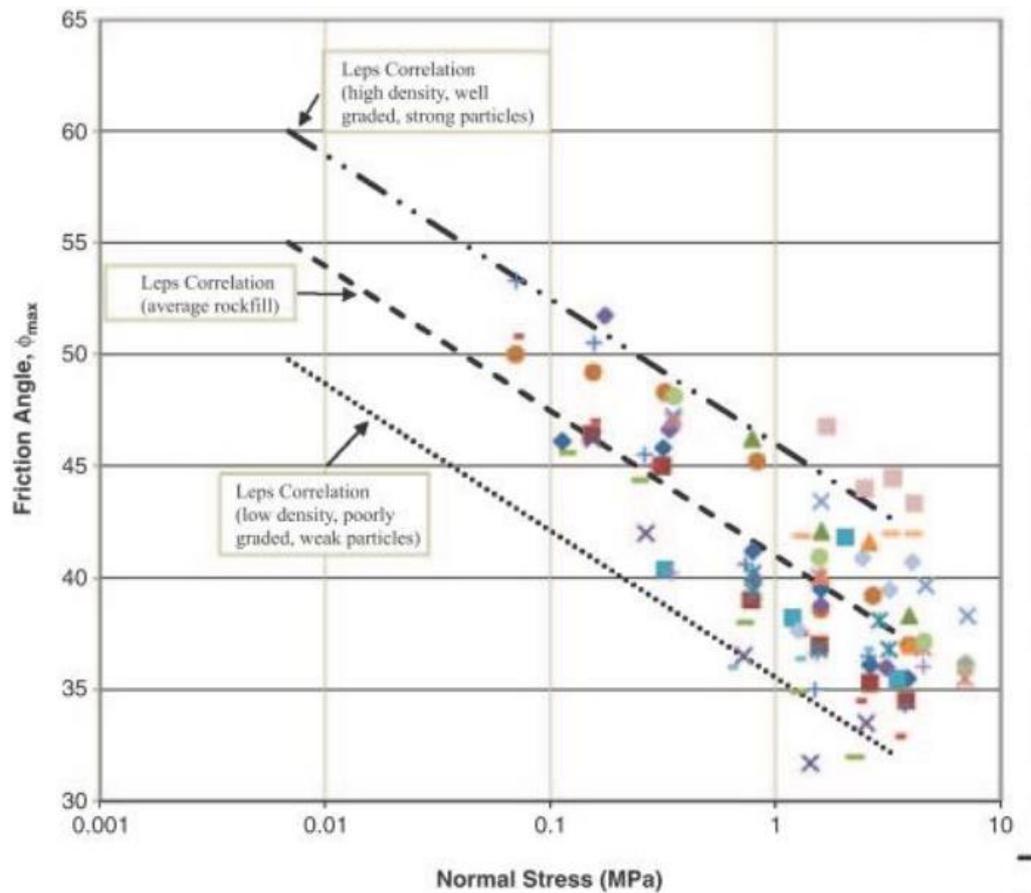
Progresiva	Calicata	Angulo de Fricción (°)
0+282	C-01	24.5°
0+388	C-02	23.0°
0+485	C-03	24.3°

El ángulo de fricción PHI, se determinó por el Envolvente de Leps (1970), semejando el ensayo a resultados a mayor escala, permitiendo una mejor estimación del comportamiento del material estudiado, ya que, al incluir granulometría de mayor magnitud, se obtendrán resultados similares a los del terreno.

El ábaco permite determinar el ángulo de fricción de suelos granulares gruesos, con distintas características (densidad, gradación y tipo de partícula)

Figura 22

Ábaco para determinar el ángulo de fricción de suelos granulares gruesos



Nota. Tomada de Clases Modelos Constitutivos y Criterios de Falla en la Ingeniería Geotécnica – Centry Class.

A continuación, se muestran las fórmulas de envolvente Leps (1970):

➤ Envolvente Máxima:

$$\phi = 46 - 2.82 * \ln(\sigma)$$

➤ Envolvente Promedio:

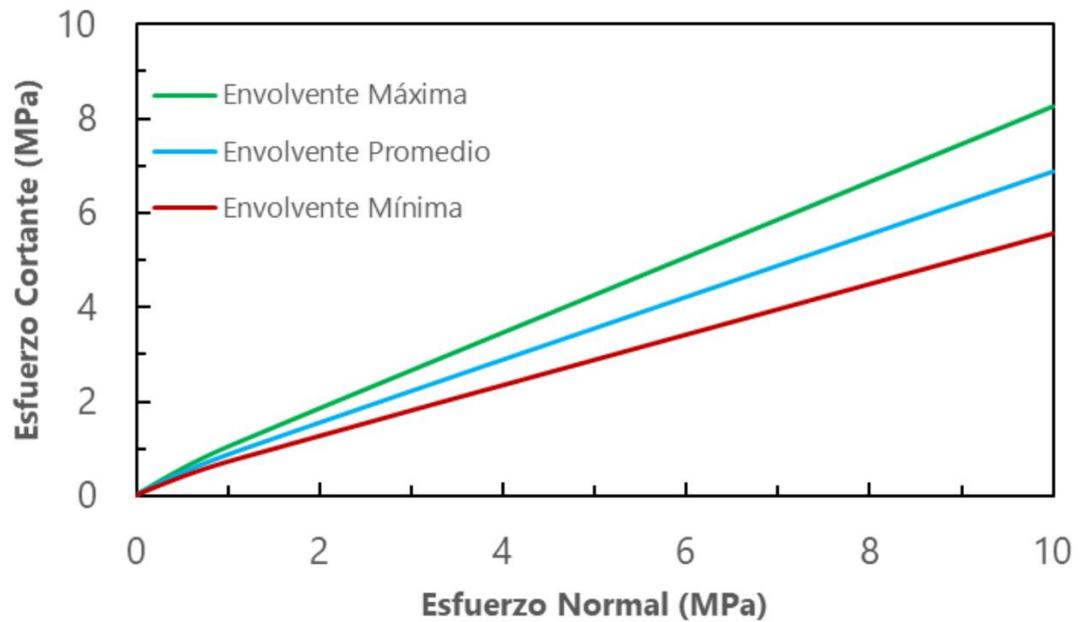
$$\phi = 41 - 2.823 * \ln(\sigma)$$

➤ Envolvente Mínima:

$$\phi = 35.583 - 2.845 * \ln(\sigma)$$

Figura 23

Gráfico de envolvente Leps (1970)



Nota. Tomada de Clases Modelos Constitutivos y Criterios de Falla en la Ingeniería Geotécnica – Centry Class.

Para el caso de esta investigación, se aplicó la siguiente fórmula de envolvente máximo:

$$\phi = 46 - 2.82 * \ln(\sigma)$$

Tabla 15

Resultados de profundidad, esfuerzo vertical, y ángulo de fricción aplicando la fórmula de envolvente máximo (sección 01)

SECCION 01			
ITEM	PROFUNDIDAD	ESF VERTICAL	PHI
1	2.72m	50.00 KPa	35.00°
2	5.45m	100.00 KPa	33.00°
3	8.17m	150.00 KPa	31.90°
4	10.90m	200.00 KPa	31.10°
5	13.41m	246.07 KPa	30.50°

Como se puede observar en la tabla 15, el PHI aumenta semejando a la realidad del suelo de estudio. La misma situación positiva se obtuvo para las secciones 2 y 3 (ver tabla 16 y 17).

Tabla 16

Resultados de profundidad, esfuerzo vertical, y ángulo de fricción aplicando la fórmula de envolvente máximo (sección 02)

SECCION 02			
ITEM	PROFUNDIDAD	ESF VERTICAL	PHI
1	2.72m	50.00KPa	34.97°
2	5.43m	100.00 KPa	33.01°
3	8.15m	150.00 KPa	31.87°
4	10.87m	200.00 KPa	31.06°
5	13.59m	250.00 KPa	30.43°
6	16.65m	306.36 KPa	29.86°

Tabla 17

Resultados de profundidad, esfuerzo vertical, y ángulo de fricción aplicando la fórmula de envolvente máximo (sección 03)

SECCION 03			
ITEM	PROFUNDIDAD	ESF VERTICAL	PHI
1	2.76m	50.00 KPa	34.97°
2	5.52m	100.00 KPa	33.01°
3	8.28m	150.00 KPa	31.87°
4	9.71m	175.85 KPa	31.42°

Análisis de Estabilidad de Ladera. En la ingeniería, se debe cumplir con la misión de transformar la naturaleza teniendo en cuenta que se tiene la frecuente necesidad de mantener el terreno en determinadas pendientes. En la mayoría de estos casos surgen durante el corte y excavación del terreno natural, sótanos y cimentaciones de edificaciones, entre otras obras de ingeniería.

Para realizar el análisis de equilibrio limite se utilizó el software SLIDE, el cual permitió hallar superficies de falla de forma aleatoria, de tipo circular, bloques o compuestas, también permitió sectorizar los límites que pasan la superficie de falla.

La tabla siguiente muestra los resultados de los análisis de estabilidad de los tres taludes de estudio, en ninguna solución de estabilización, los factores de seguridad obtenidos son inferiores a los establecidos por la norma RNE E.0.50. Lo que indica que los taludes no cumplen con lo requerido.

Tabla 18*Factor de seguridad de los 3 taludes sin ninguna solución de estabilización*

Talud N°	Progresiva	FS INICIAL	CONDICION
01	0+282	1.09	INESTABLE
02	0+388	0.80	INESTABLE
03	0+485	1.23	INESTABLE

Por otra parte, para realizar el análisis por elementos finitos se utilizó el software PLAXIS 2D, uno de los programas referencia en el análisis y solución de problemas relacionados con la Geotecnia. En la tabla 19 se muestran los resultados del factor de seguridad obtenidos de los 3 taludes sin ninguna solución de estabilización, cuyos valores no cumplen con los parámetros establecidos en la norma RNE E0.50, es decir los 3 taludes de estudios tienen la condición de ser inestables.

Tabla 19*Factor de seguridad de los 3 taludes sin ninguna solución de estabilización*

Talud N°	Progresiva	FS INICIAL	CONDICION
01	0+282	1.24	INESTABLE
02	0+388	1.21	INESTABLE
03	0+485	1.14	INESTABLE

Entonces, queda demostrado el problema de estabilidad de taludes del Asentamiento Humano Leoncio Prado Gutiérrez-Las Moras de La Ciudad de Huánuco. En la tabla 20 a modo de comparación se muestra, que tanto el software SLIDE y PLAXIS concuerdan en evidenciar el problema de estabilidad a través de los valores de factores de seguridad, siendo el software PLAXIS el que más se ajusta a la realidad.

Tabla 20

Factor de seguridad de los 3 taludes sin ninguna solución de estabilización por equilibrio límite (E.L) usando el software SLIDE y por elementos finitos (E.F) usando el software PLAXIS

Talud N°	FS INICIAL		CONDICION	FS (RNE E0.50)	CONDICION
	E.L	E.F			
01	1.09	1.24	INESTABLE	1.5	ESTABLE
02	0.80	1.21	INESTABLE	1.5	ESTABLE
03	1.23	1.14	INESTABLE	1.5	ESTABLE

4.1.2. MEJORAMIENTO DE ESTABILIDAD DE LADERA DE ESTUDIO

Propuesta de refuerzo mediante anclajes. Se propuso la aplicación de anclajes metálicos permanentes, considerando una sobrecarga que suscitará con el incremento de la población de la zona. La tabla 21 muestra los resultados de los análisis de estabilidad de los tres taludes en estudio. Los factores de seguridad obtenidos cumplen con los requisitos establecidos en la norma RNE E0.50.

Tabla 21

Resultados de Factor de seguridad en la Condición Inicial de los 3 taludes con sollicitación de estabilización

Talud	Progresiva	4 Anclaje (°)	Carga en el anclaje (KN)	FS Alcanzado	FS min. Normado
01	0+282	15°	50KN	1.58	1.5
02	0+388	15°	50KN	1.55	1.5
03	0+485	15°	35KN	1.55	1.5

En las siguientes figuras (24, 25 y 26), se ilustra el comportamiento del talud con la solución de anclajes metálicos permanentes, en cuanto a la calidad del enmallados de elementos finitos con la solución de anclajes metálicos permanentes se observa que cumple con el valor mínimo establecido en teoría. La calidad y resolución del modelo de elementos finitos es fundamental para la exactitud de los resultados del análisis, y los valores obtenidos son satisfactorios porque superan el umbral de 0,3.

Figura 24

Malla de representación de elementos finitos (Sección N°01)

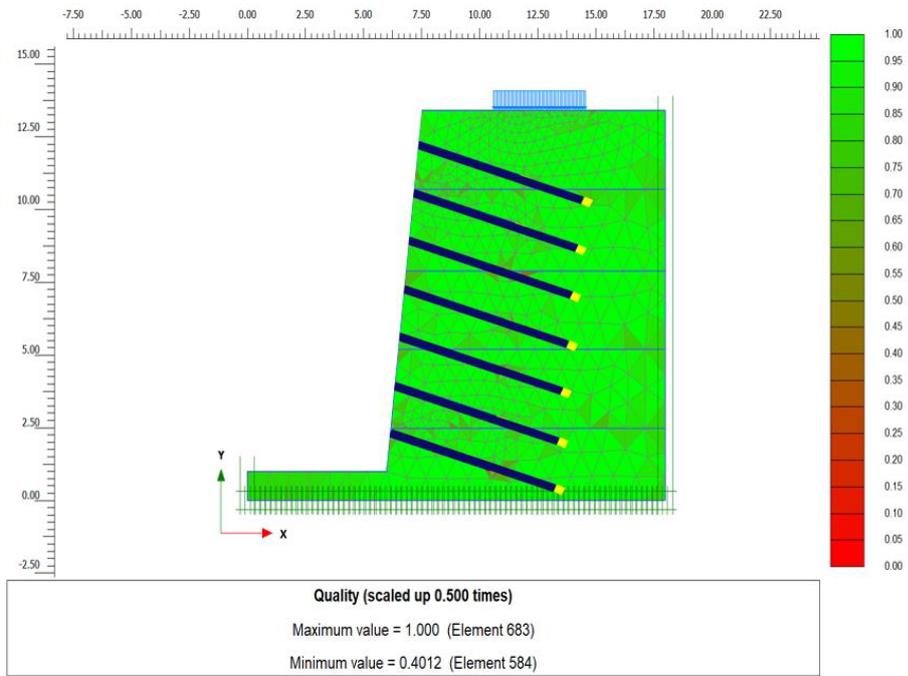


Figura 25

Malla de representación de elementos finitos (Sección N°02)

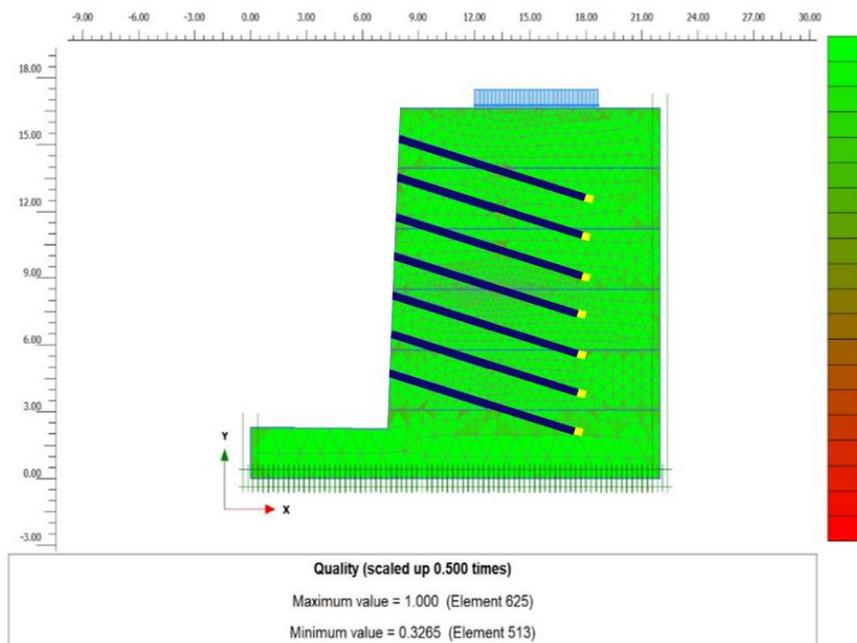


Figura 26

Malla de representación de elementos finitos (Sección N°03)

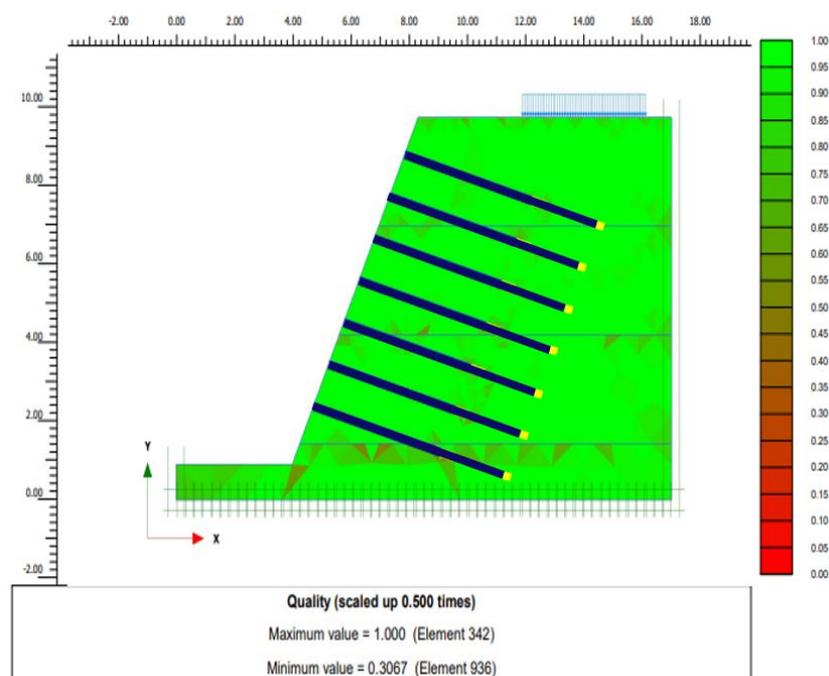


Tabla 22

Resultados de malla de elementos finitos en la Condición final de los 3 taludes con sollicitación de estabilización.

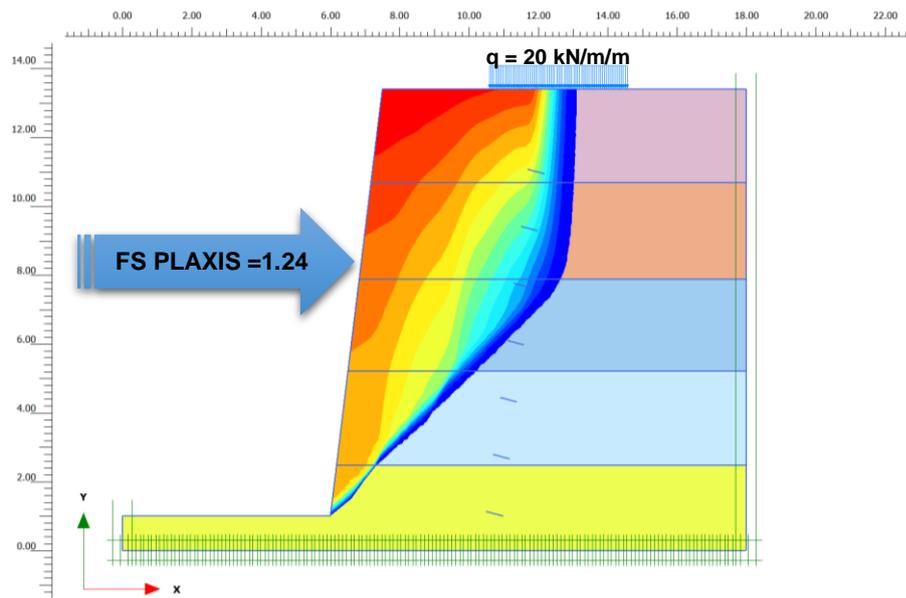
Talud	Progresiva	α Anclaje (°)	Carga en el anclaje (KN)	Sobrecarga	Valor obtenido
01	0+282	15°	50KN	60kN/m/m	0.4012
02	0+388	15°	50KN	60kN/m/m	0.3265
03	0+485	15°	35KN	70kN/m/m	0.3067

En las siguientes figuras (desde la 27 hasta la 38) se muestra la falla con el Software Plaxis 2D (SAFETY) antes y después de la sobrecarga con y sin anclaje (INCREMENTAL DISPLACEMENT):

En la sección N°01 (figura 27), el factor de seguridad se determina en la condición inicial, lo que permite evaluar el problema de estabilidad del talud de estudio. En la figura 28 se muestra el factor de seguridad aplicando la sobrecarga sin la solución de anclajes, como se puede observar el factor de seguridad disminuye, evidenciando mayor problema de estabilidad.

Figura 27

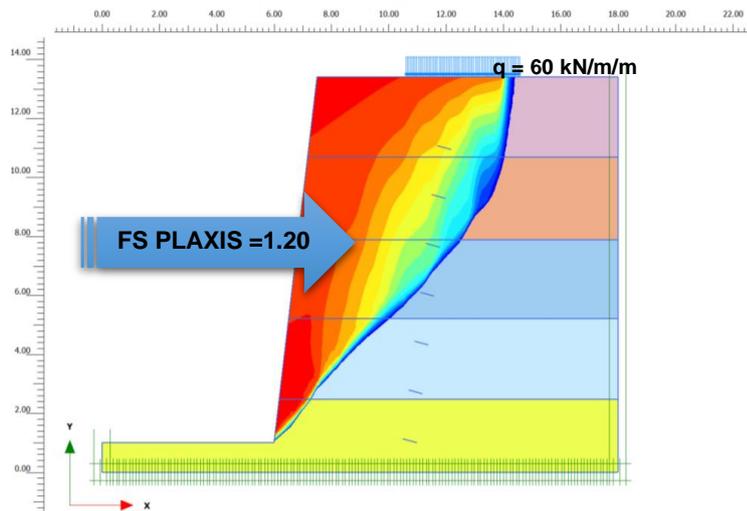
Factor de Seguridad en condición inicial



Nota. Se observa que el FS en un caso inicial no cumple con el requerimiento mínimo de seguridad establecido por la normativa peruana (E0.50), esto se comprobó tanto por el método de equilibrio imite como por el método de los elementos finitos.

Figura 28

Factor de Seguridad con sobrecarga

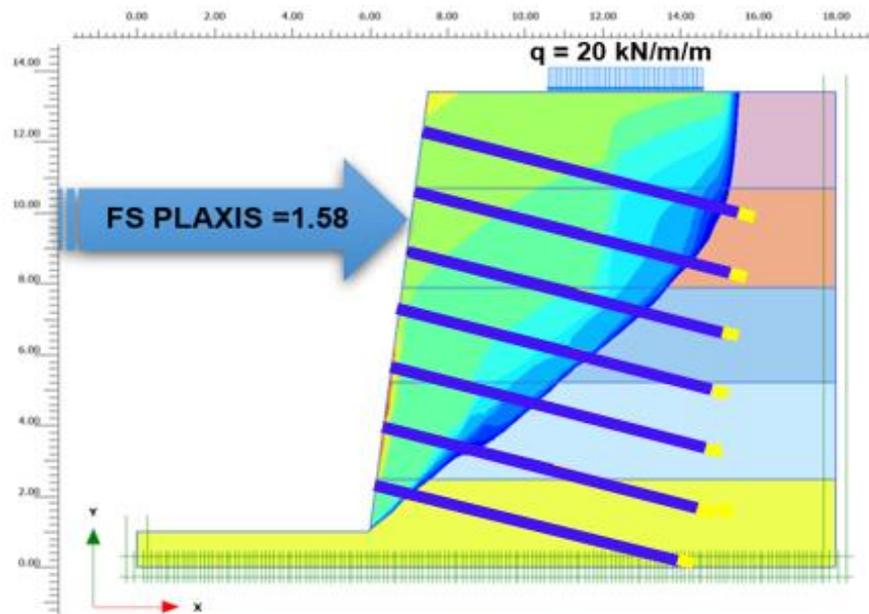


En la figura 28 se ilustra la solución al problema de estabilidad del talud en estudio, se muestra el Factor de Seguridad juntamente a la solución de Estabilización de ladera con los anclajes, con un ángulo para anclajes óptimo y en ello se observa que el FS se encuentra

por encima de lo estipulado por la normativa (RNE E.50, 2018) Art. 30: Cimentaciones Superficiales en taludes o en su cercanía, cumpliendo con los criterios establecidos, “El Factor de seguridad mínimo en taludes en condiciones **estáticas debe ser de 1.5 y en condición sísmica 1.25**”.

Figura 29

Factor de Seguridad en Condición Inicial + Anclaje

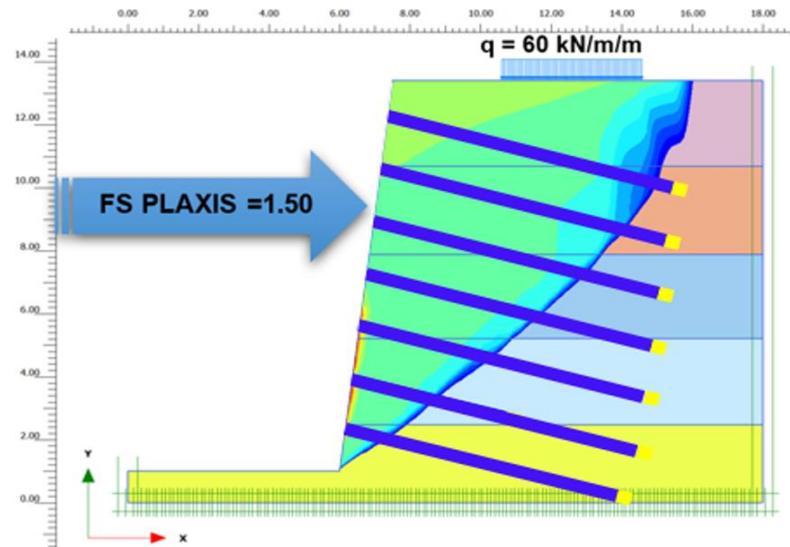


Nota. Se comprobó mediante el método de los elementos finitos que con la solución de estabilidad de los anclajes el FS del talud es mayor al factor de seguridad mínimo requerido.

Finalmente, en la figura 30, se ilustra el mejoramiento de la estabilidad del talud en estudio aplicando la sobrecarga y la solución de anclaje metálico obteniendo un factor de seguridad que cumple con la establecido en la norma.

Figura 30

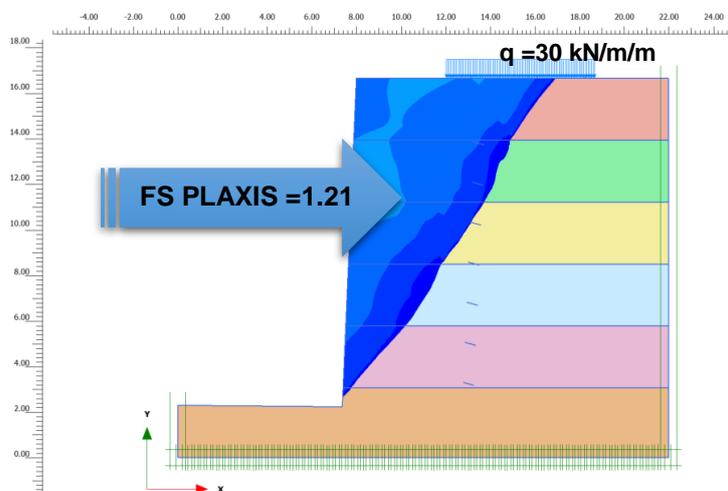
Factor de Seguridad en Condición Final con sobrecarga



En la sección N°02 (figura 31), se observa el factor de seguridad en condición inicial, es decir el problema de estabilidad del talud de estudio. En la figura 32 se muestra el factor de seguridad aplicando la sobrecarga sin la solución de anclajes, como se puede observar el factor de seguridad disminuye, evidenciando mayor problema de estabilidad.

Figura 31

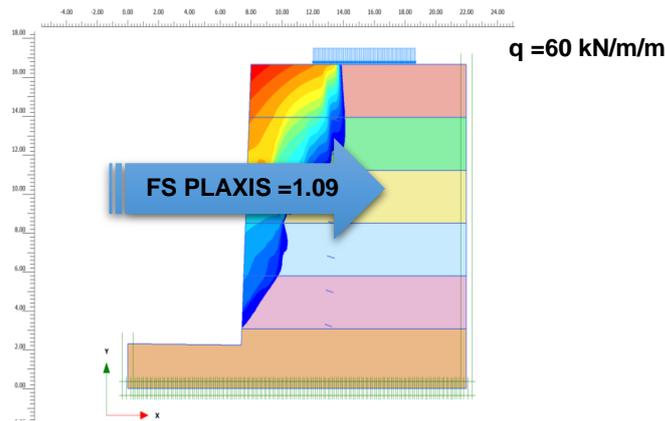
Factor de Seguridad en condición inicial



Nota. Se observa que el FS en un caso inicial no cumple con el requerimiento mínimo de seguridad establecido por la normativa peruana (E0.50), esto se comprobó tanto por el método de equilibrio imite como por el método de los elementos finitos.

Figura 32

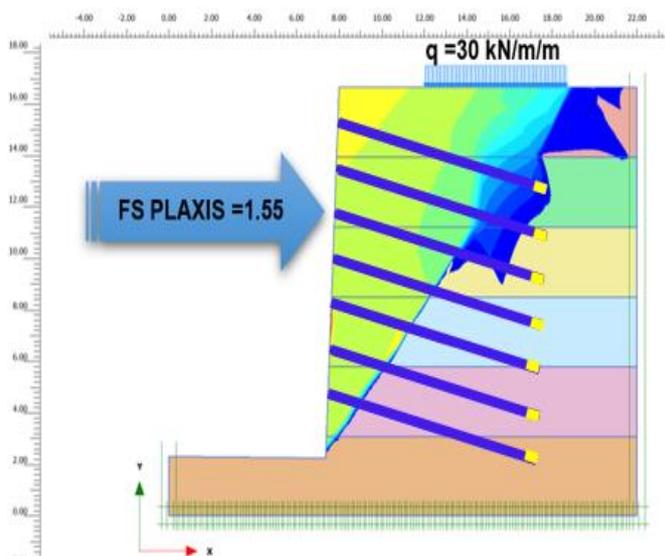
Factor de Seguridad con sobrecarga



En la figura 33 se ilustra la solución al problema de estabilidad del talud en estudio, se muestra el Factor de Seguridad juntamente a la solución de Estabilización de ladera con los anclajes, con un ángulo para anclajes optimo y en ello se observa que el FS se encuentra por encima de lo establecido por la norma (RNE E.50, 2018)

Figura 33

Factor de Seguridad en Condición Inicial + Anclaje

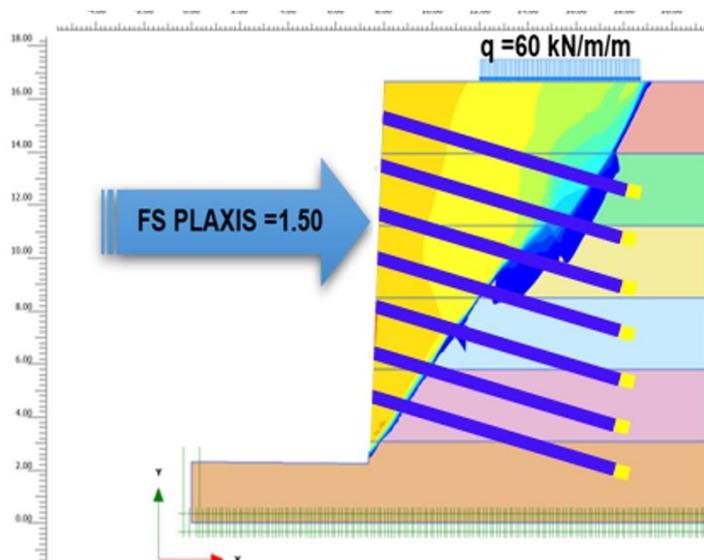


Nota. El análisis de elementos finitos confirmo que la solución de anclajes metálicos mejora la estabilidad del talud, alcanzando un factor de seguridad suficiente para resistir las fuerzas que actúan sobre el.

Finalmente, en la figura 34 muestra que la combinación de sobrecarga y la alternativa de solución de anclaje, mejora la estabilidad del talud de estudio, alcanzando un factor de seguridad que cumple con los requisitos normativos.

Figura 34

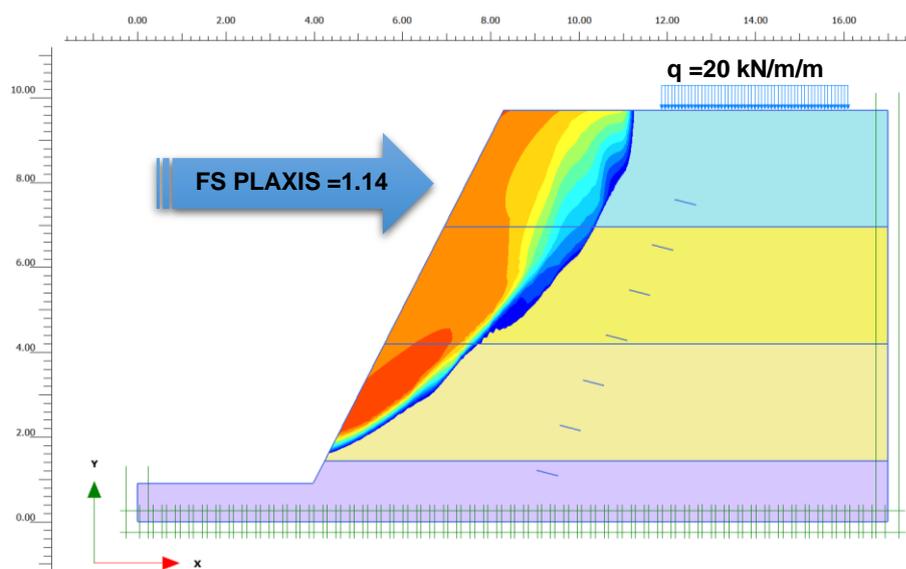
Factor de Seguridad en Condición Final con sobrecarga



En la sección N°03 (figura 35), se observa el factor de seguridad en su condición inicial, es decir el problema de estabilidad del talud de estudio. En la figura 36 se visualiza el factor de seguridad aplicando la sobrecarga sin la solución de anclajes, como se puede apreciar, el factor de seguridad tiende a disminuir, evidenciando mayor problema de estabilidad.

Figura 35

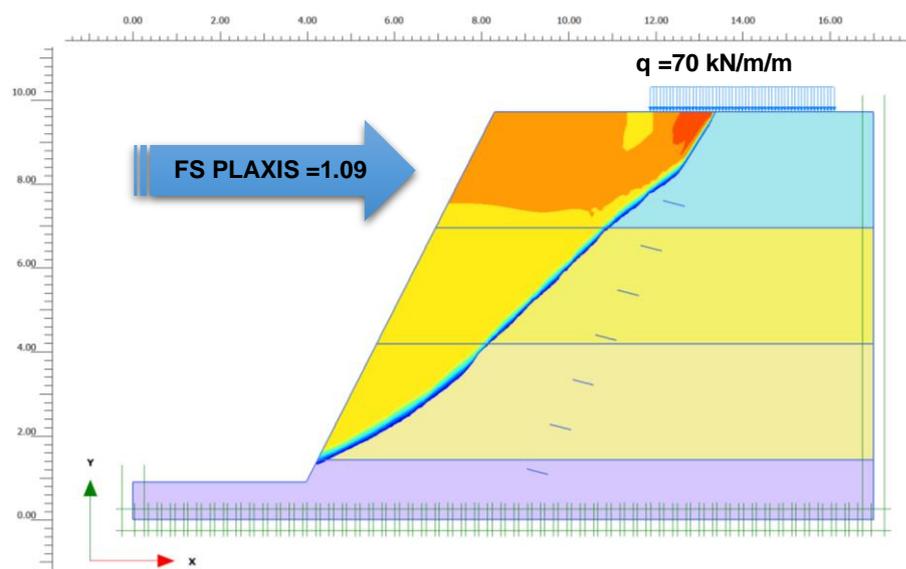
Factor de Seguridad en condición inicial



Nota. Se observa que el FS en un caso inicial no cumple con el requerimiento mínimo de seguridad establecido por la normativa peruana (E0.50), esto se comprobó tanto por el método de equilibrio imite como por el método de los elementos finitos

Figura 36

Factor de Seguridad con sobrecarga

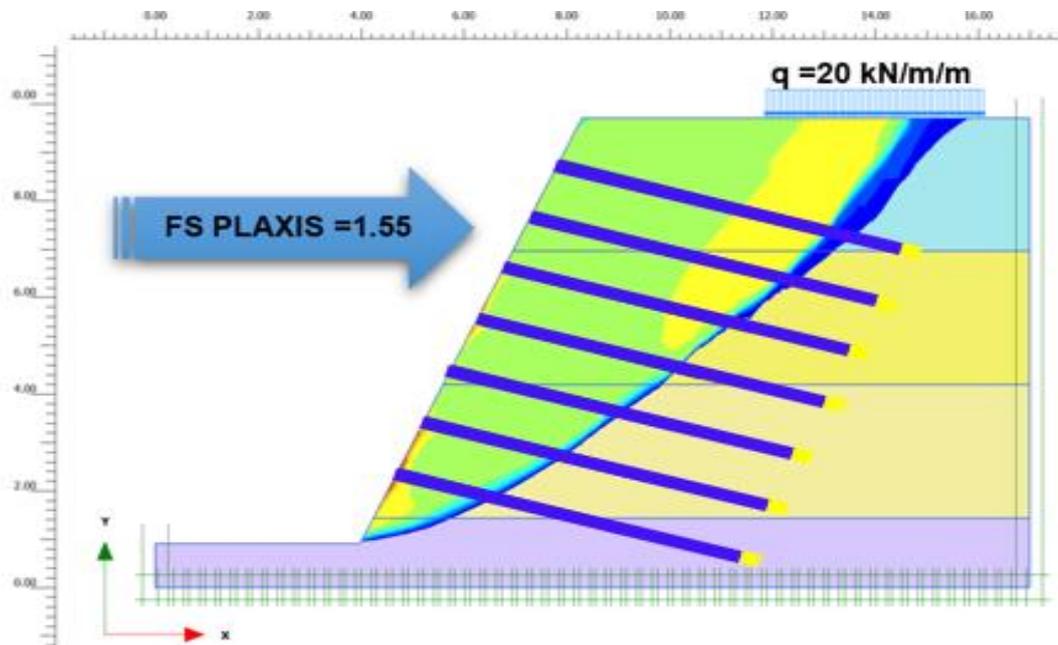


En la figura 37 se ilustra la solución al problema de estabilidad del talud en estudio, se muestra el Factor de Seguridad juntamente a la solución de Estabilización de ladera con los anclajes, con un ángulo para anclajes óptimo y en ello se observa que el FS se encuentra por

encima de lo establecido por la norma (RNE E.50, 2018).

Figura 37

Factor de Seguridad en Condición Inicial + Anclaje

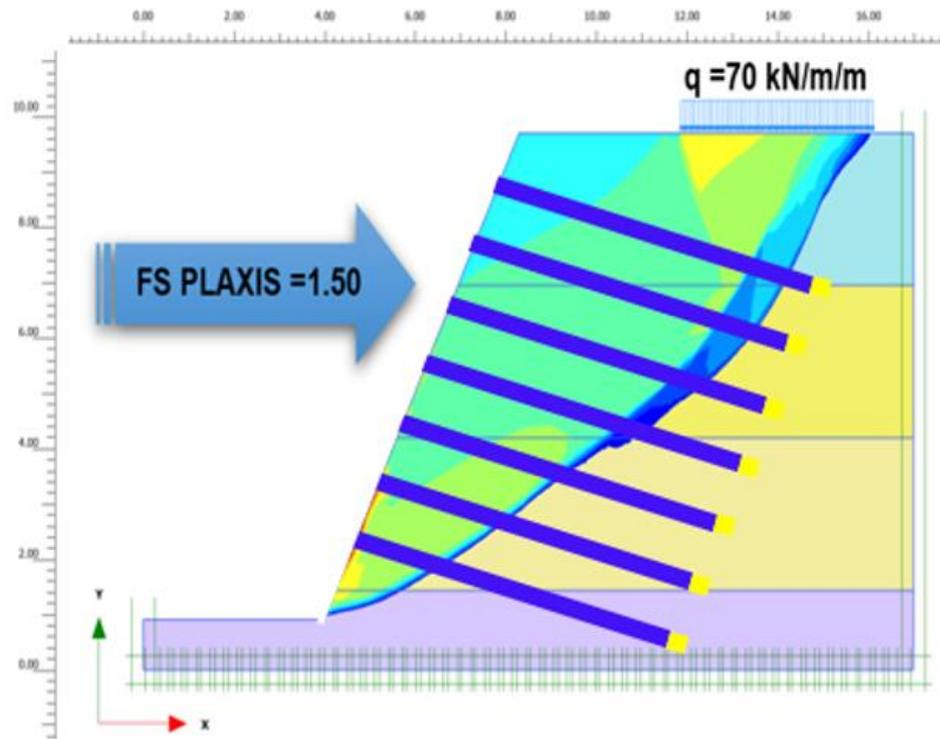


Nota. Se verificó mediante un análisis por elementos finitos que con la solución de estabilidad de los anclajes, el talud es estable, ya que el factor de seguridad calculado es mayor que el valor mínimo requerido.

Finalmente, en la figura 38, se ilustra el mejoramiento de la estabilidad del talud en estudio aplicando la sobrecarga y la solución de anclaje metálico obteniendo un factor de seguridad que cumple con lo establecido en la norma.

Figura 38

Factor de Seguridad en Condición Final con sobrecarga



En las tres secciones se colocó el máximo de sobrecarga que soporta cada talud para cumplir con el factor de seguridad establecido.

Tabla 23

Resultados del Factor de seguridad en la Condición inicial, condición final con sobrecarga de los 3 taludes con solicitud de estabilización

Talud	Carga actual	Factor de seguridad	ϕ Anclaje (°)	Carga del anclaje (KN)	Sobrecarga	Factor de seguridad
01	20kN/m/m	1.24	15°	50KN	60kN/m/m	1.50
02	30kN/m/m	1.21	15°	50KN	60kN/m/m	1.50
03	20kN/m/m	1.14	15°	35KN	70kN/m/m	1.50

4.2. DESPLAZAMIENTO DE LA LADERA EN LA CONDICIÓN FINAL

Las siguientes figuras presentan los resultados de la evaluación del movimiento de las laderas analizadas en su estado final, luego de la implementación de la alternativa de solución con anclajes metálicos.

En Perú, el RNE establece que el desplazamiento máximo en laderas no debe superar el 0,5% de la altura de la ladera.

4.2.1. PENDIENTE DEL TALUD

Es el ángulo que forma la superficie del talud con la horizontal. Tiene un impacto significativo en la estabilidad de ladera, los taludes más inclinados son más propensos a desplazarse que los taludes menos inclinados. Por lo tanto, es importante diseñar los taludes con una pendiente adecuada.

$$\% \text{Pendiente} = \left(\frac{H}{L} \right) * 100$$

Tabla 24

Resultados de pendiente e inclinación de talud de las tres secciones

Talud	Progresiva	Altura	Longitud	Pendiente	Inclinación (°)
01	0+282	13.41	18.00	0.74	83°
02	0+388	16.65	22.00	0.76	87°
03	0+485	9.71	17.00	0.57	64°

4.2.2. GRANULOMETRÍA

La granulometría del suelo describe la proporción de partículas de diferentes tamaños que se encuentran en una muestra de suelo. Que es determinado mediante un ensayo de tamizado, que separa las partículas del suelo en diferentes tamaños.

Los suelos granulares están compuestas por partículas de tamaños mayor de 0.075mm y se subdividen en suelos arenosos y suelos limosos.

Para esta investigación tenemos el siguiente análisis granulométrico:

Tabla 25

Análisis Granulométrico por Tamizado

CALICATA 01		
ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO		
TAMICES		PORCENTAJE QUE
Denominación ASTM	Abertura (mm)	PASA
3 pulgadas	75.000	100.0
2 pulgadas	50.000	100.0
1 1/2 pulgada	37.500	83.9
1 pulgada	25.000	70.2
3/4 pulgada	19.000	52.0
3/8 pulgada	9.500	37.1
N° 4	4.750	30.2
N° 10	2.000	22.7
N° 20	0.850	19.2
N° 40	0.425	16.2
N° 60	0.250	14.4
N° 140	0.106	12.7
N° 200	0.075	11.6

Tabla 26

Distribución Granulométrica

DISTRIBUCION GRANULOMETRICA		
% Grava	Grava Gruesa	48.0 %
	Grava Fina	21.8 %
% Arena	AG%	7.5 %
	AM%	6.5 %
	AF%	4.6 %
	% Finos	11.6%
Tamaño Máximo de la Grava (pulgada)		2
Forma del suelo grueso		Sub-angular
Porcentaje retenido en las 3 pulgadas		0
Método de lavado Malla No. 200 Según NTP 400.018 (2018)		A
Coefficiente de Curvatura		27.63
Coefficiente de Uniformidad		589.32

Tabla 27

Resultados de ensayo de límite de consistencia

RESULTADOS DE ENSAYO DE LIMITE DE CONSISTENCIA	
Límite líquido	22
Límite plástico	19
Índice plástico	3

Figura 39

Diagrama de Fluidez

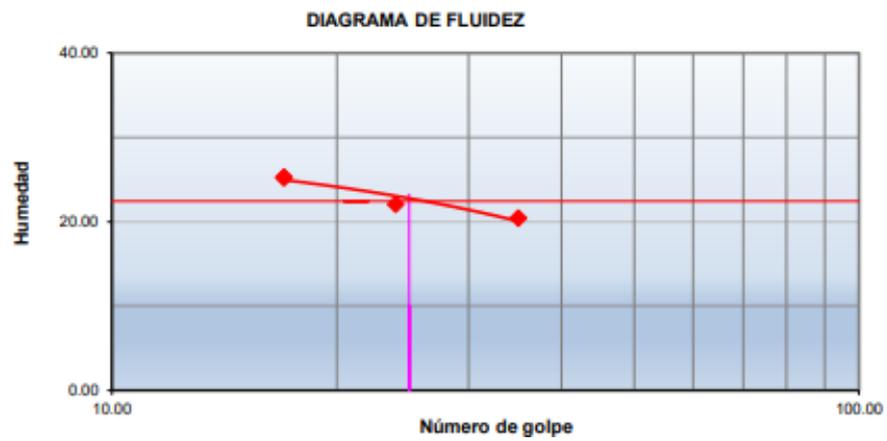


Figura 40

Curva de Distribución Granulométrica

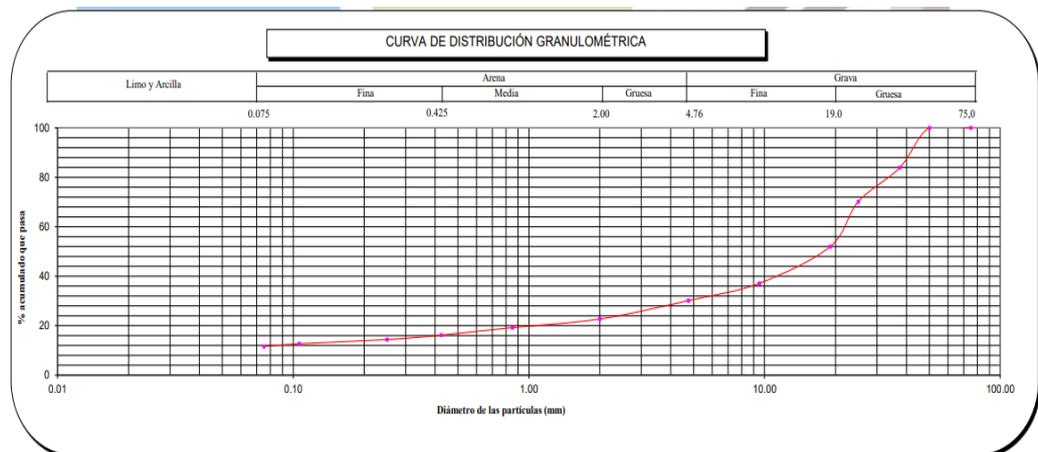


Figura 41

Estratigrafía de la calicata 01

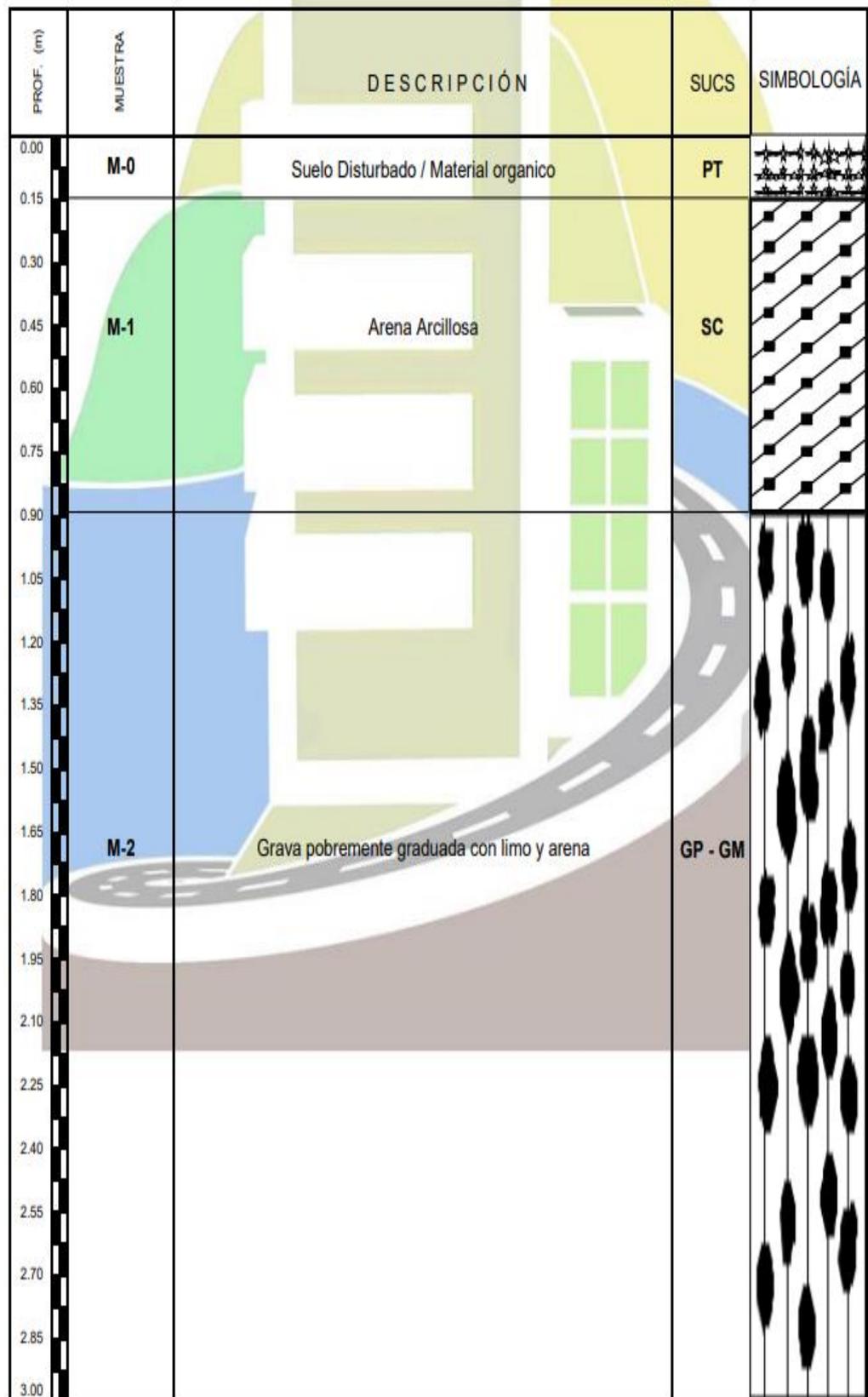


Tabla 28*Calicata 02 Análisis Granulométrico por Tamizado*

CALICATA 02		
ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO		
TAMICES		PORCENTAJE QUE
Denominación ASTM	Abertura (mm)	PASA
3 pulgadas	75.000	100.0
2 pulgadas	50.000	100.0
1 1/2 pulgada	37.500	85.0
1 pulgada	25.000	68.8
3/4 pulgada	19.000	51.1
3/8 pulgada	9.500	35.6
N° 4	4.750	28.5
N° 10	2.000	21.6
N° 20	0.850	17.8
N° 40	0.425	14.4
N° 60	0.250	12.2
N° 140	0.106	10.0
N° 200	0.075	9.20

Tabla 29*Distribución Granulométrica*

DISTRIBUCION GRANULOMETRICA		
% Grava	Grava Gruesa	48.0 %
	Grava Fina	22.6 %
% Arena	AG%	6.9 %
	AM%	7.2 %
	AF%	5.2 %
	% Finos	9.2 %
Tamaño Máximo de la Grava (pulgada)		2
Forma del suelo grueso		Sub-angular
Porcentaje retenido en las 3 pulgadas		0
Método de lavado Malla No. 200 Según NTP 400.018 (2018)		A
Coeficiente de Curvatura		13.08
Coeficiente de Uniformidad		205.77

Tabla 30*Resultados de Ensayo de límite de consistencia*

RESULTADOS DE ENSAYO DE LIMITE DE CONSISTENCIA	
Límite líquido	28
Límite plástico	25
Índice plástico	3

Figura 42

Diagrama de Fluidez

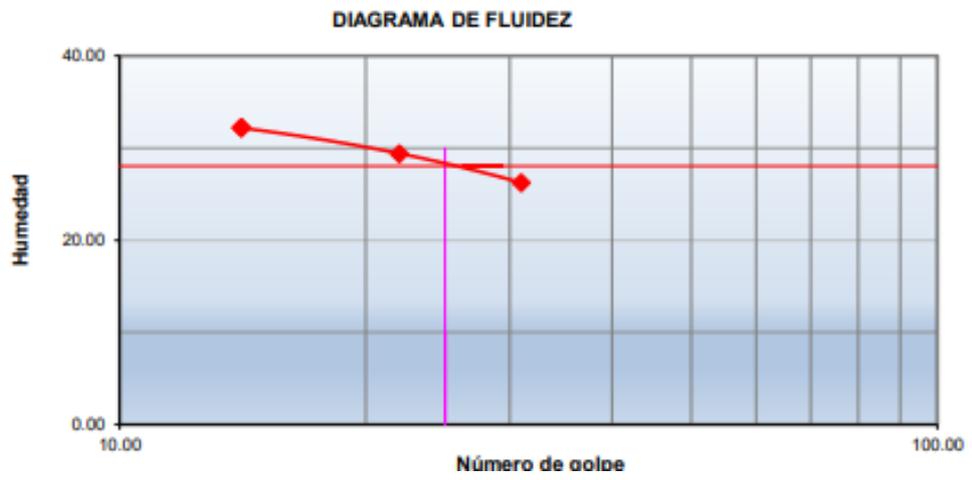


Figura 43

Curva de Distribución Granulométrica

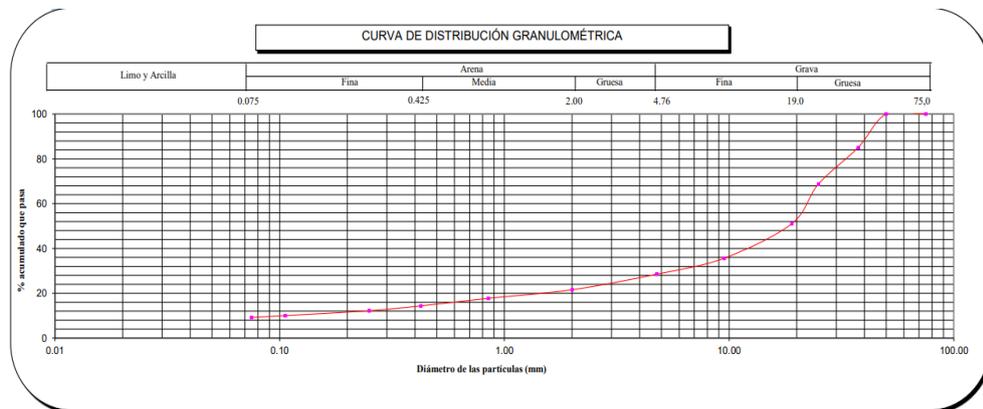


Figura 44

Estratigrafía de la calicata 02

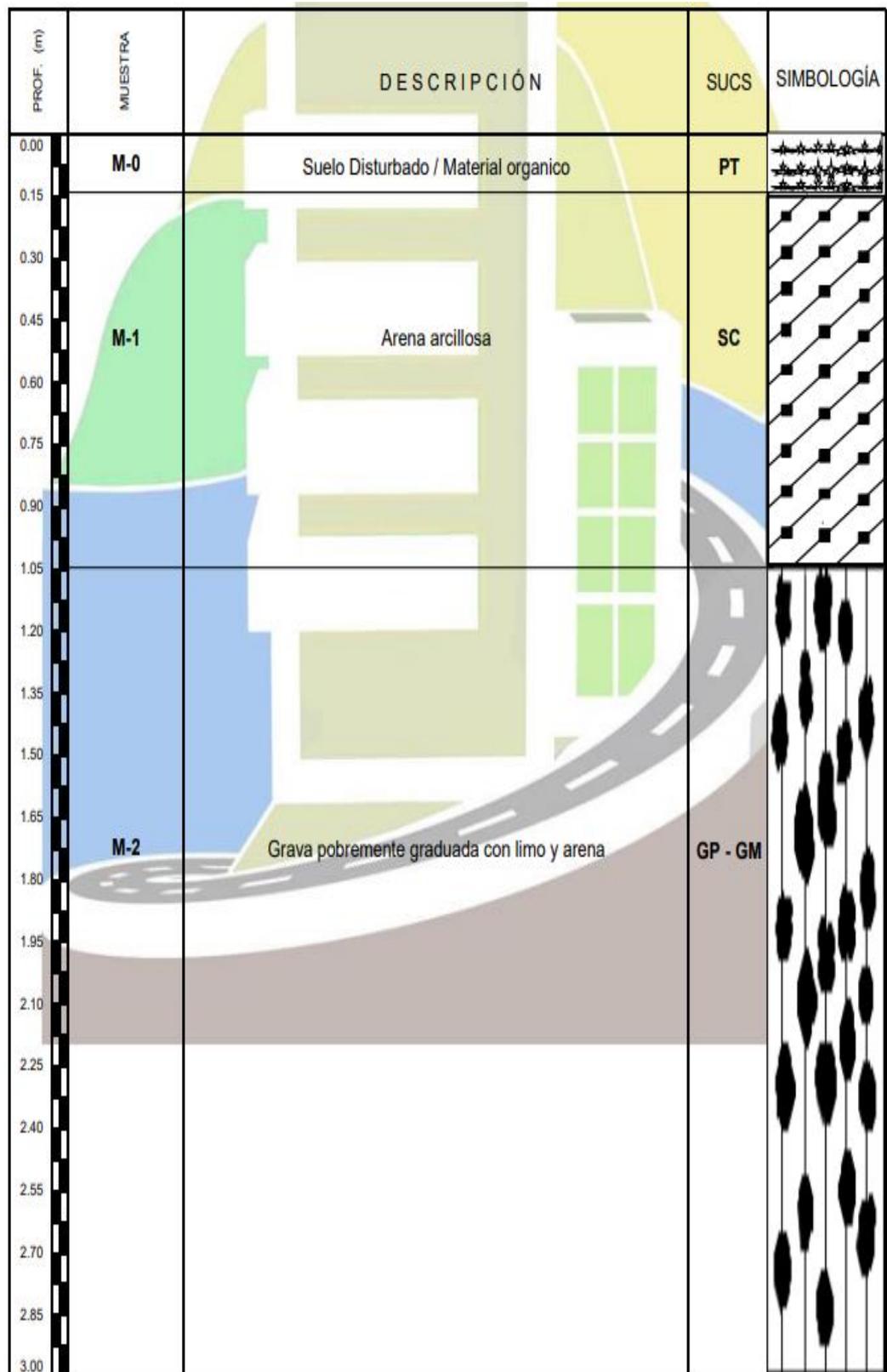


Tabla 31*Calicata 03 Análisis Granulométrico por Tamizado*

CALICATA 03		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO		
TAMICES		PORCENTAJE QUE PASA
Denominación ASTM	Abertura (mm)	
3 pulgadas	75.000	100.0
2 pulgadas	50.000	100.0
1 1/2 pulgada	37.500	100.0
1 pulgada	25.000	83.1
3/4 pulgada	19.000	70.9
3/8 pulgada	9.500	62.4
N° 4	4.750	54.4
N° 10	2.000	45.9
N° 20	0.850	41.7
N° 40	0.425	34.2
N° 60	0.250	29.7
N° 140	0.106	25.7
N° 200	0.075	21.5

Tabla 32*Calicata 03 Distribución granulométrica*

DISTRIBUCION GRANULOMETRICA		
% Grava	Grava Gruesa	29.1 %
	Grava Fina	16.5 %
% Arena	AG%	8.5 %
	AM%	11.7 %
	AF%	12.7 %
	% Finos	21.5 %
Tamaño Máximo de la Grava (pulgada)		1 1/2
Forma del suelo grueso		Sub- angular
Porcentaje retenido en las 3 pulgadas		0
Método de lavado Malla No. 200 Según NTP 400.018 (2018)		A
Coeficiente de Curvatura		----
Coeficiente de Uniformidad		----

Tabla 33*Calicata 03 Resultados de Ensayo de Límite de consistencia*

RESULTADOS DE ENSAYO DE LIMITE DE CONSISTENCIA	
Límite líquido	23
Límite plástico	21
Índice plástico	2

Figura 45

Diagrama de Fluidez

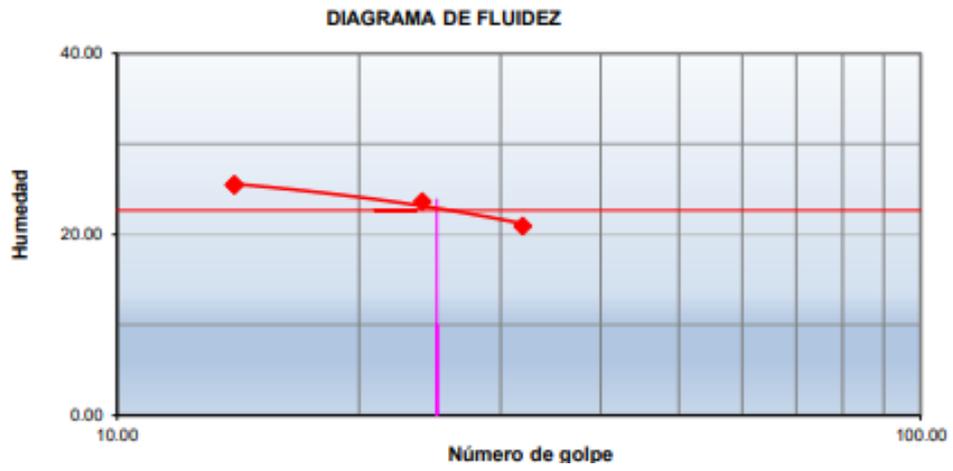


Figura 46

Curva de Distribución Granulométrica

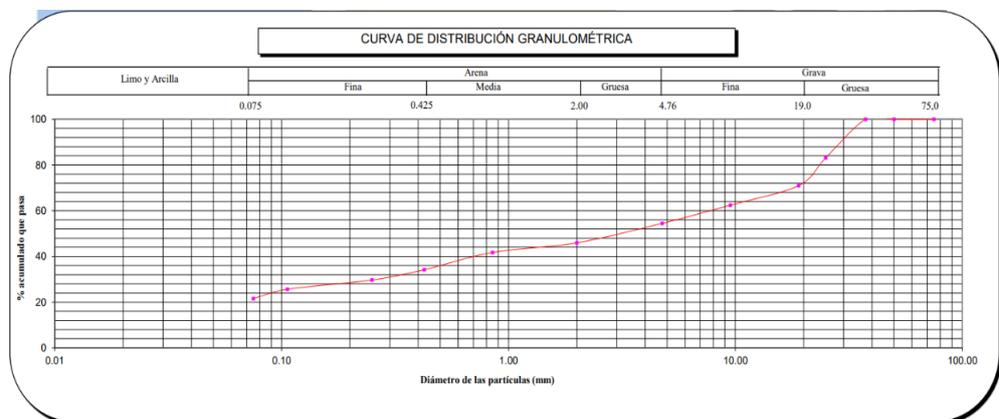
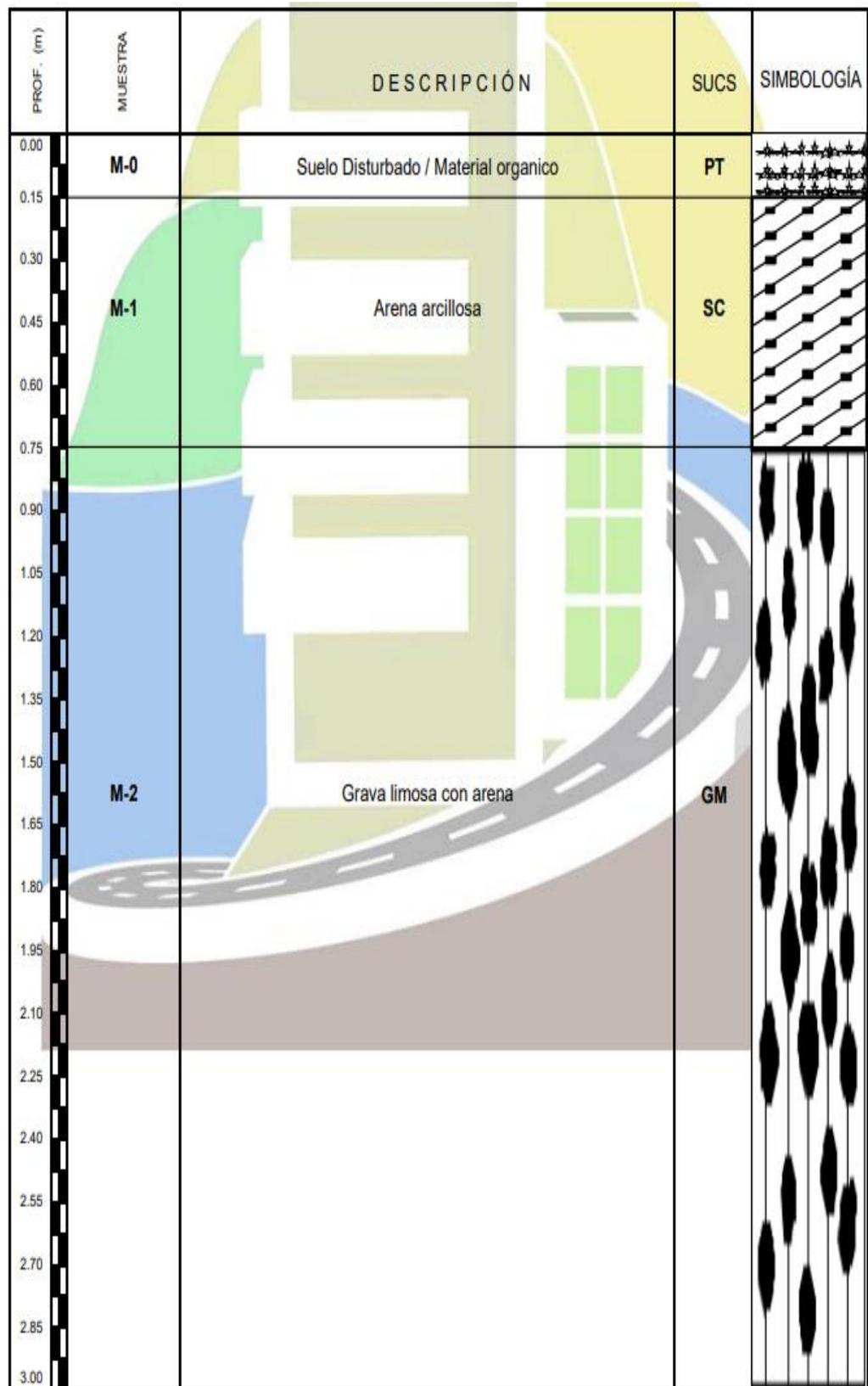


Figura 47

Estratigrafía de la calicata 03



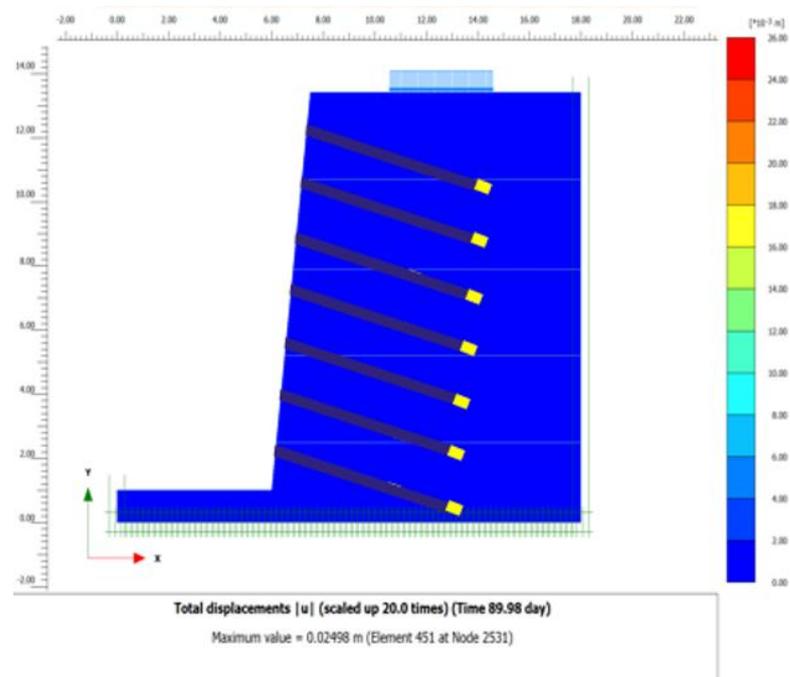
Según los resultados obtenidos, no existe un desplazamiento significativo en el talud, significa que el talud esta estable. Sin embargo, es importante monitorear el talud para detectar cualquier cambio en su condición, como cambios en las condiciones del suelo, carga sobre el talud o la actividad sísmica puede provocar un desplazamiento significativo.

En la figura 48 se observa que el desplazamiento total obtenido es muy pequeño (0.02498 m), por lo que no tiene ningún efecto significativo en la estructura de la edificación ni en el talud.

Sección N°01

Figura 48

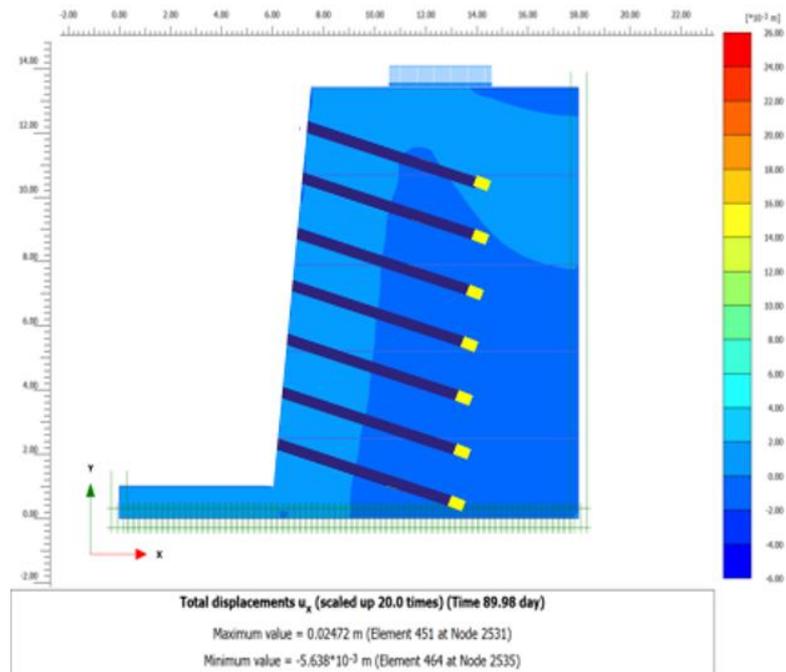
Desplazamiento Total (Condición final. + Anclaje)



En la figura 49 se observa que el desplazamiento horizontal obtenido es muy pequeño (0.005638 m), por lo que no tiene ningún efecto significativo en la estructura de la edificación ni en el talud.

Figura 49

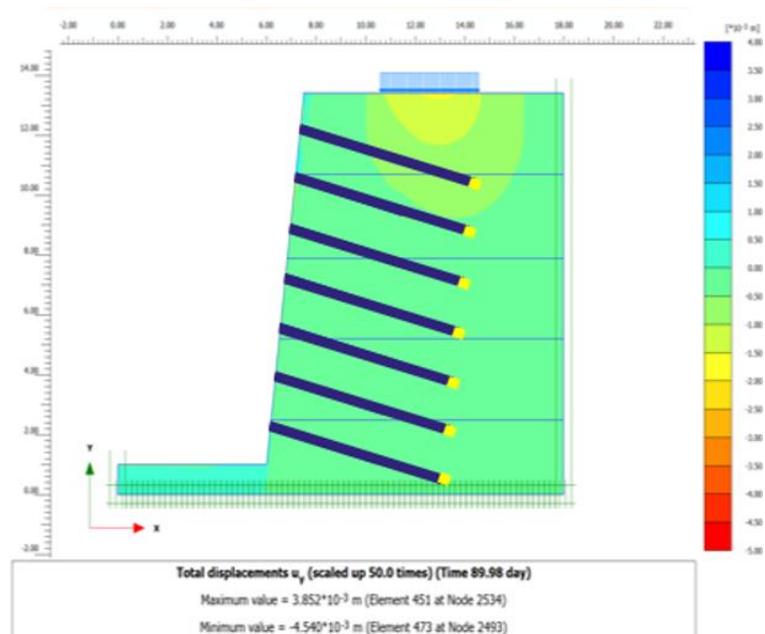
Desplazamientos horizontales (C.F.+ANCLAJE)



En la figura 50 se observa que el desplazamiento vertical obtenido es muy pequeño (0.004540 m), por lo que no tiene ningún efecto significativo en la estructura de la edificación ni en el talud.

Figura 50

Desplazamientos verticales (C.F.+ANCLAJE)

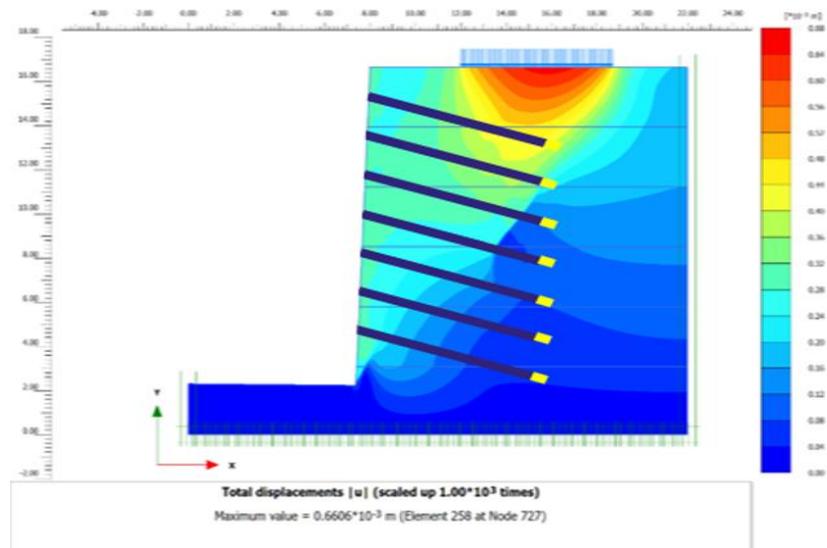


Sección N°02

En la figura 51 se observa que el desplazamiento total obtenido es muy pequeño (0.0006606 m), por lo que no tiene ningún efecto significativo en la estructura de la edificación ni en el talud.

Figura 51

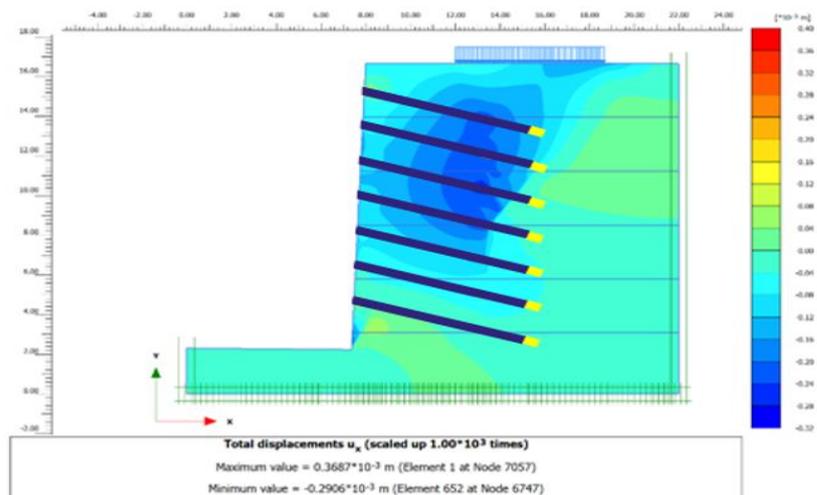
Desplazamiento Total (C.F.+ANCLAJE)



En la figura 52 se observa que el desplazamiento horizontal obtenido es muy pequeño (0.0002906mm), por lo que no tiene ningún efecto significativo en la estructura de la edificación ni en el talud.

Figura 52

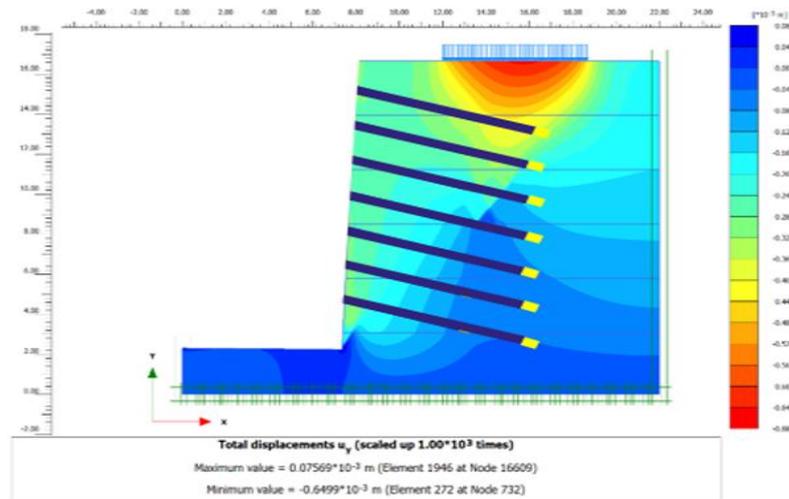
Desplazamientos horizontales (C.F.+ANCLAJE)



En la figura 53 se observa que el desplazamiento vertical obtenido es mínimo (0.0006499 m), por ende, no afecta la estructura de la edificación y del talud.

Figura 53

Desplazamientos verticales (C.F.+ANCLAJE)

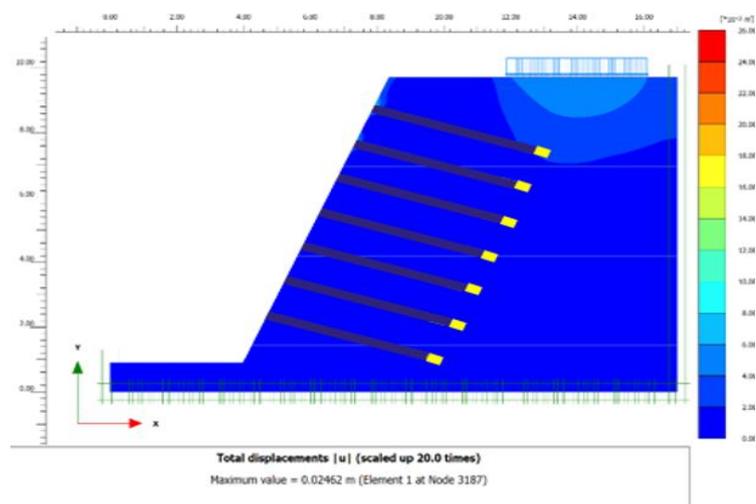


Sección N°03

En la figura 54 se puede apreciar el desplazamiento total obtenido es muy pequeño (0.02462 m), por lo que no tiene ningún efecto significativo en la estructura de la edificación ni en el talud.

Figura 54

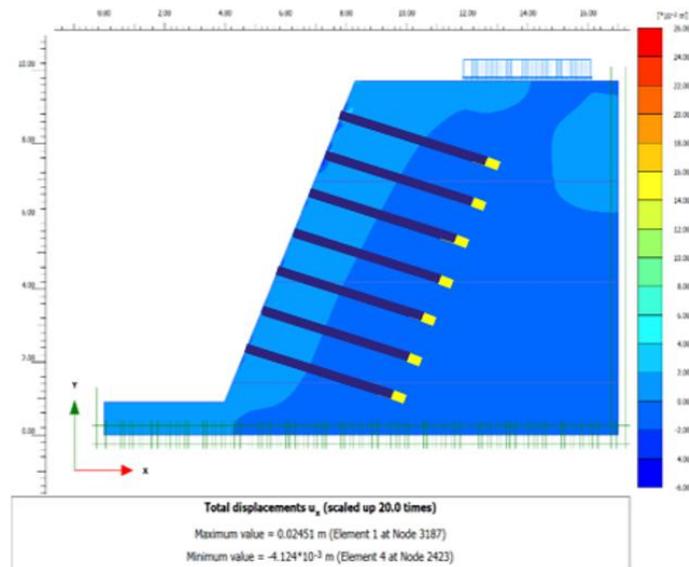
Desplazamiento Total (C.F.+ANCLAJE)



En la figura 55 se muestra que el desplazamiento horizontal obtenido es muy pequeño (0.004124 m), por lo que no tiene ningún efecto significativo en la estructura de la edificación ni en el talud.

Figura 55

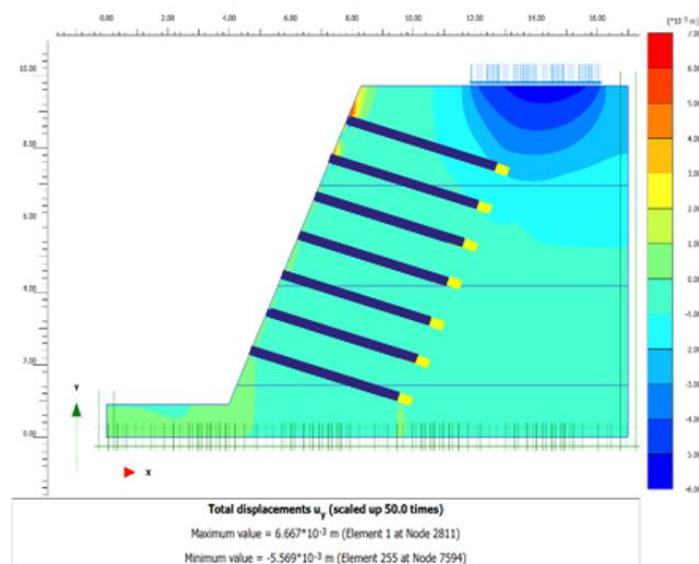
Desplazamientos horizontales (C.F.+ANCLAJE)



En la figura 56 se visualiza que el desplazamiento vertical obtenido es muy pequeño (0.005569 m), por lo que no tiene ningún efecto significativo en la estructura de la edificación ni en el talud.

Figura 56

Desplazamientos verticales (C.F.+ANCLAJE)



La siguiente tabla proporciona información sobre los resultados del desplazamiento en la condición final con sobrecarga de los 3 taludes con solicitud de estabilización. La tabla muestra que son mínimos los desplazamientos de las laderas de estudio con la propuesta de estabilización de anclajes metálicos permanentes, teniendo en cuenta sobrecargas de 60 y 70kN/m/m.

Tabla 34

Resultados del desplazamiento en la Condición final con sobrecarga de los 3 taludes con solicitud de estabilización

Talud	Carga del anclaje (KN)	Pendiente	Inclinación (°)
01	50KN	0.74	83°
02	50KN	0.76	87°
03	35KN	0.57	64°
	Desplazamiento total	Desplazamiento horizontal	Desplazamiento vertical
01	0.02498 m	0.005638 m	0.004540 m
02	0.0006606 m	0.0002906 m	0.0006499 m
03	0.02462 m	0.004124 m	0.005569 m

4.3. ASENTAMIENTO DE LADERA EN LA ZONA DE EDIFICACIONES

El asentamiento del talud es el movimiento vertical del suelo y puede causar problemas de seguridad, como el colapso del talud o la falla de estructuras construidas sobre el talud.

4.3.1. CARGAS

Las cargas que producen asentamiento son:

- El peso propio del talud: siendo esta la carga más importante que actúa sobre el talud, esto aumenta con la altura del talud y la densidad del suelo.
- La carga sobre el talud: son las cargas adicionales que se aplica al talud, como la de las estructuras o de un relleno, estas cargas aumentan el riesgo de asentamiento.

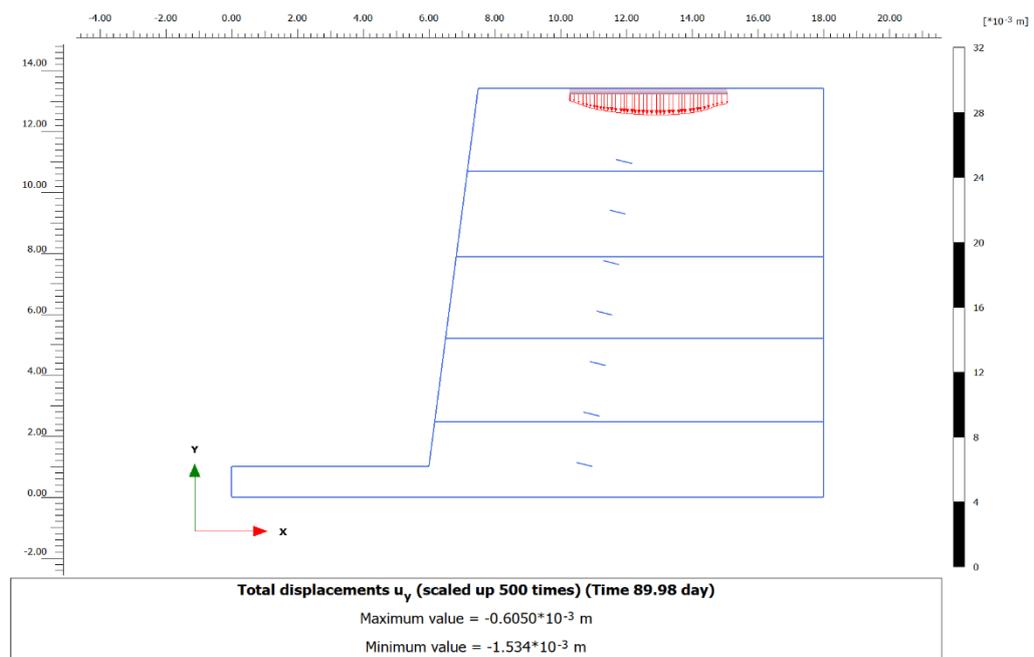
- El nivel freático: es la profundidad a la que el agua subterránea hace contacto con la superficie del suelo, en el caso de este estudio el nivel freático es cero.

Las siguientes figuras proporcionan información visual sobre el asentamiento vertical de carga en la ladera en estudio, en su condición final, es decir, con la aplicación de la alternativa de solución de anclajes metálicos permanentes y sobrecarga. En general, se recomienda que el valor mínimo de asentamiento vertical sea inferior al 0,1% de la altura de la estructura o terreno.

En la figura 57 se observa el asentamiento vertical de carga en la ladera (sección 1) en condición final (con la solución de anclaje metálico), obteniendo un valor mínimo (0.001534 m), por ende, no afecta la estructura de la edificación y del talud.

Figura 56

Asentamiento Vertical (CROSS SECTION): sección 1

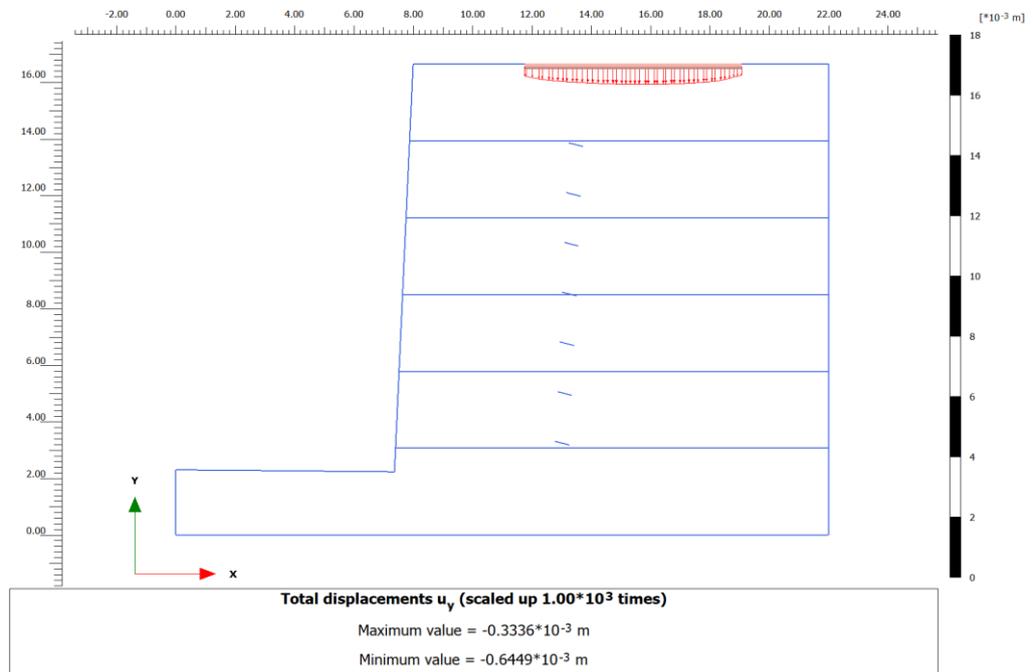


En la figura 58, se observa el asentamiento vertical de carga en la ladera (sección 2) en condición final (con la solución de anclaje metálico),

obteniendo un valor mínimo (0.0006449 m), por ende, no afecta la estructura de la edificación y del talud.

Figura 57

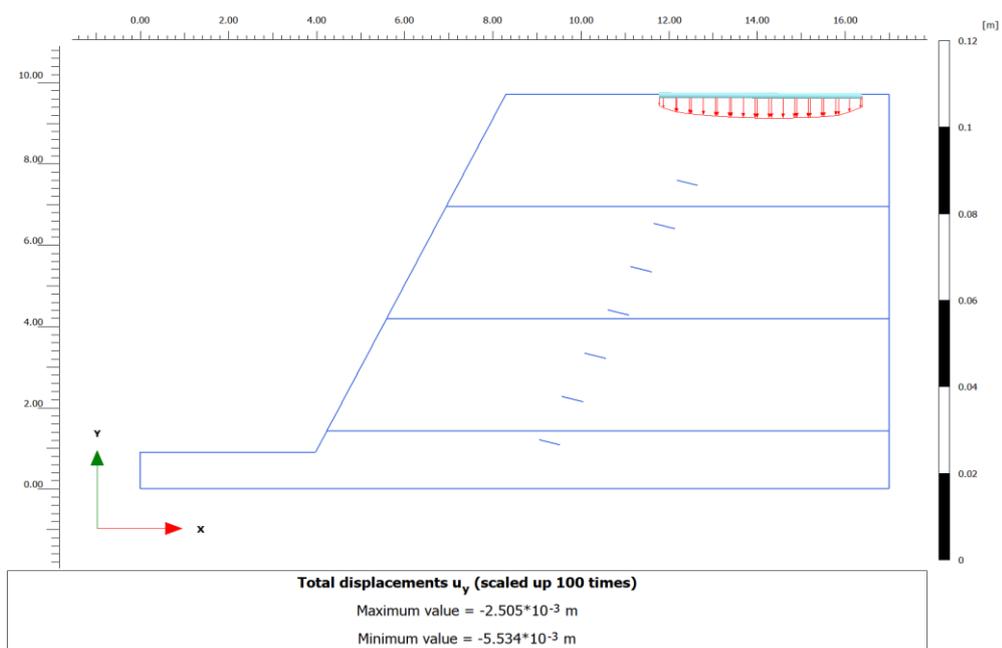
Asentamiento Vertical (CROSS SECTION): sección 2



En la figura 59, muestra el asentamiento vertical de carga (sección 3) en la ladera en condición final (con la solución de anclaje metálico), obteniendo un valor mínimo (0.005534 m), por ende, no afecta la estructura de la edificación y del talud.

Figura 58

Asentamiento Vertical (CROSS SECTION): sección 3



La siguiente tabla muestra los resultados del análisis de asentamiento vertical en la Condición final con sobrecarga de los 3 taludes con sollicitación de estabilización. Como se puede observar, las tres laderas cumplen con un asentamiento vertical menor a 0,1% de la altura de la estructura o terreno. Es decir, estos datos evidencian que la propuesta de utilizar anclajes metálicos permanentes para la estabilización, funciona.

Tabla 35

Resultados del asentamiento vertical en la Condición final con sobrecarga de los 3 taludes con sollicitación de estabilización

Talud	sobrecarga	Carga del anclaje (KN)	Nivel Freático	Asentamiento vertical
01	60kN/m/m	50KN	0	0.001534 m
02	60kN/m/m	50KN	0	0.0006449 m
03	70kN/m/m	35KN	0	0.005534 m

4.4. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.4.1 ANÁLISIS CORRELACIONAL ANTES DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN DE ESTABILIDAD - FACTOR DE SEGURIDAD

Para evaluar la correlación entre las variables, se realizó una prueba de normalidad a las variables de interés.

Tabla 36

Resultados del supuesto de normalidad de las variables (prueba de Shapiro-Wilk)

	Estadístico	gl	Sig. (p valor)
Peso específico	0,679	15	0,000
Cohesión	0,735	15	0,001
Angulo de fricción	0,906	15	0,120
Carga actual	0,630	15	0,000
Factor de seguridad (FS)	0,762	15	0,001

Esta prueba contrasta las siguientes hipótesis estadísticas:

H0: los resultados de las variables siguen una distribución normal.

H1: los resultados de las variables no siguen una distribución normal.

Los criterios de decisión son:

Cuando el valor sig. es mayor o igual a 0.05 (alfa), se acepta H0

Cuando el valor sig. es menor 0.05 (alfa), se rechaza H0

Los resultados de la tabla anterior indican que todas las variables no siguen una distribución normal, ya que los valores Sig. son menores a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alternativa (H1).

En consecuencia, las pruebas de correlación se realizarán utilizando la prueba no paramétrica de Spearman.

Tabla 37

Correlación entre el peso específico y el factor de seguridad de la ladera antes de la alternativa de solución de estabilidad

			Peso específico	FS
Rho de Spearman	Peso específico	Coeficiente de correlación	1,000	,333
		Sig. (bilateral)	.	,225
		N	15	15
	FS	Coeficiente de correlación	,333	1,000
		Sig. (bilateral)	,225	.
		N	15	15

La prueba de correlación de Spearman contrasta hipótesis estadísticas:

H_0 : el peso específico y el factor de seguridad de la ladera sin solución no se relacionan significativamente.

H_1 : el peso específico y el factor de seguridad de la ladera sin solución se relacionan significativamente.

Los criterios de decisión son los siguientes:

Cuando el valor sig. es mayor o igual a 0.05 (alfa), se acepta H_0

Cuando el valor sig. es menor 0.05 (alfa), se rechaza H_0

Debido a que el valor sig. (0.225) es mayor a 0.05 (alfa), entonces se acepta H_0 : el peso específico y el Factor de seguridad de la ladera sin alternativa de solución no se relacionan significativamente. Esto significa que, si se produce un cambio en el valor del peso específico, no se va generar un cambio significativo en el factor de seguridad de la ladera de estudio (estabilidad).

En otras palabras, desde un punto de vista estadístico, no se puede afirmar con certeza que un cambio en el peso específico del suelo provocará un cambio significativo en la estabilidad de la ladera.

En la siguiente tabla el coeficiente de correlación (r) igual 1 sugiere que existe una relación directa y perfecta entre la cohesión y el factor de seguridad de la ladera (estabilidad).

Se acepta la H_1 : la cohesión y el factor de seguridad de la ladera sin solución se relacionan significativamente.

Esto se debe a que la cohesión es una propiedad del suelo que contribuye a su resistencia al corte, lo que a su vez influye en la estabilidad de la ladera.

Tabla 38

Correlación entre cohesión y el factor de seguridad de la ladera antes de la alternativa de solución de estabilidad

			Cohesión	FS
Rho de Spearman	Cohesión	Coeficiente de correlación	1,000	1,000**
		Sig. (bilateral)	.	.
		N	15	15
	FS	Coeficiente de correlación	1,000**	1,000
		Sig. (bilateral)	.	.
		N	15	15

Las siguientes tablas se muestra resultados similares respecto a la correlación entre el ángulo de fricción con el factor de seguridad y entre la carga actual y el factor de seguridad. En ambos casos se muestra un coeficiente de correlación negativo (correlación indirecta).

Tabla 39

Correlación entre el ángulo de fricción y el factor de seguridad de la ladera antes de la alternativa de solución de estabilidad

Correlaciones				
			Angulo de fricción	FS_Y1
Rho de Spearman	Angulo de fricción	Coeficiente de correlación	1,000	-,112
		Sig. (bilateral)	.	,691
		N	15	15
	FS	Coeficiente de correlación	-,112	1,000
		Sig. (bilateral)	,691	.
		N	15	15

Tabla 40*Correlación entre la carga actual y el factor de seguridad*

Correlaciones				
			Carga	FS_Y1
Rho de	Carga	Coeficiente de correlación	1,000	-,101
Spearman	actual	Sig. (bilateral)	.	,722
		N	15	15
	FS	Coeficiente de correlación	-,101	1,000
		Sig. (bilateral)	,722	.
		N	15	15

4.4.2 ANÁLISIS CORRELACIONAL DE LAS VARIABLES DESPUÉS DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN DE ESTABILIDAD – FACTOR DE SEGURIDAD

Las siguientes tablas muestran que la estadística inferencial básicamente respalda que la alternativa de solución de anclajes metálicos permanentes mejora la estabilidad de los taludes evaluados. Las tablas detallan que las sobrecargas utilizadas evaluadas y las cargas de los anclajes se correlacionan de manera significativa con el factor de seguridad de las laderas, cuyos valores cumplen con el mínimo valor establecido por la norma E.0.50 del RNE.

Tabla 41*Correlación entre la sobrecarga y factor de seguridad obtenido con la alternativa de solución de anclajes metálicos*

			Sobrecarga	FS
Rho de	Sobrecarga	Coeficiente de correlación	1,000	-0.5.
Spearman		Sig. (bilateral)	.	0.00
		N	15	15
	FS	Coeficiente de correlación	-0,5	1,000.
		Sig. (bilateral)	0,00	.
		N	15	15

Se acepta la H1: la sobrecarga y el factor de seguridad de la ladera con alternativa de solución de anclajes se relacionan significativamente.

Tabla 42

Correlación entre la carga al anclaje y factor de seguridad obtenido con la alternativa de solución de anclajes metálicos

			C_Anclaje	FS_Y3
Rho de	Carga de	Coeficiente de correlación	1,000	0,5
Spearman	Anclaje	Sig. (bilateral)	.	0.00
		N	15	15
	FS	Coeficiente de correlación	0,5	1,000
		Sig. (bilateral)	.	0.00
		N	15	15

Se acepta la H1: la carga al anclaje y el factor de seguridad de la ladera con alternativa de solución de anclajes se relacionan significativamente.

4.4.3 ANÁLISIS CORRELACIONAL DE VARIABLES CORRESPONDIENTES - DESPLAZAMIENTO

De manera similar al análisis correlacional en apartados anteriores, los resultados de la prueba de normalidad de variable se presentan en la siguiente tabla que se pretenden correlacionar. Como se puede observar, todos los valores sigs. son menores a 0.05 (alfa), por lo tanto, no todas las variables siguen una distribución normal, por ende, corresponde la prueba correlacional no paramétrica de Spearman.

Tabla 43

Prueba de normalidad de las variables pendiente, granulometría desplazamiento en los taludes (prueba de Shapiro-Wilk)

	Estadístico	gl	Sig.
Pendiente	,757	15	,001
Granulometría	,561	15	,000
Desplazamiento	,637	15	,000

Dado que el valor de sig. (0,103) es mayor que el nivel de significancia alfa (0,05), no se rechaza la hipótesis nula (H0), que establece que no existe una relación significativa entre ambas variables.

En otras palabras, desde un punto de vista estadístico, no hay evidencia suficiente para afirmar que la pendiente de las laderas tenga un impacto directo en los niveles de desplazamiento. Es decir, no se puede concluir que laderas con mayor pendiente sean más propensas a desplazarse que laderas con menor pendiente.

Tabla 44

Correlación entre la pendiente de las laderas y el desplazamiento

			Pendiente	Desplazamiento
Rho de Spearman	Pendiente	Coeficiente de correlación	1,000	-,437
		Sig. (bilateral)	.	,103
		N	15	15
	Desplazamiento	Coeficiente de correlación	-,437	1,000
		Sig. (bilateral)	,103	.
		N	15	15

De manera similar a los anterior, en la siguiente tabla, los resultados no muestran una relación significativa (sig. =0.793) entre los valores de granulometría de las laderas de estudio y los niveles de desplazamiento.

Desde un punto de vista estadístico, no hay evidencia suficiente para afirmar que la granulometría de las laderas tenga un impacto directo en los niveles de desplazamiento. Es decir, no se puede concluir que laderas con mayor granulometría (tamaño de partícula del suelo) sean más propensas a desplazarse que laderas con menor granulometría.

Tabla 45

Correlación entre la granulometría de las laderas y el desplazamiento

			Granulometría	Desplazamiento
Rho de Spearman	Granulometría	Coeficiente de correlación	1,000	,074
		Sig. (bilateral)	.	,793
		N	15	15
	Desplazamiento	Coeficiente de correlación	,074	1,000
		Sig. (bilateral)	,793	.
		N	15	15

4.4.4. ANÁLISIS CORRELACIONAL DE LAS VARIABLES CORRESPONDIENTES - ASENTAMIENTO

Como se busca correlacionar las variables sobrecarga y asentamiento, la siguiente tabla muestra los resultados del análisis de normalidad de la variable asentamiento, ya que la variable sobrecarga ya se presentó los resultados en los apartados anteriores, se evidencio que la variable no tiene una distribución normal. De manera similar, se observa en la siguiente tabla que la variable asentamiento también no sigue una distribución normal (sig. 0.000) por ende corresponde la prueba de correlación de Spearman.

Tabla 46

Supuesto de normalidad de la variable asentamiento de ladera

	Shapiro - Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Asentamiento	,700	15	,000

El valor de Rho de -0.074 indica una correlación muy débil y negativa entre la sobrecarga y el asentamiento. Esto significa que, a medida que aumenta la sobrecarga aplicada a las laderas, el asentamiento tiende a disminuir ligeramente. No se puede decir que, en todos los casos, que laderas con mayor sobrecarga (carga adicional) experimenten un mayor asentamiento (hundimiento) que laderas con menor sobrecarga.

Tabla 47*Correlación entre la sobrecarga y asentamiento de las laderas de estudio*

Correlaciones				
			Sobrecarga	Asentamiento
Rho de Spearman	Sobrecarga	Coeficiente de correlación	1,000	-,074
		Sig. (bilateral)	.	,793
		N	15	15
	Asentamiento	Coeficiente de correlación	-,074	1,000
		Sig. (bilateral)	,793	.
		N	15	15

Los resultados de los apartados anteriores permitieron contrastar las hipótesis de investigación planteadas:

Los resultados de la investigación planteada, demuestran la aceptación parcial de hipótesis general planteada, ya que algunas variables de entrada de las laderas evaluadas en el software Plaxis (peso específico, cohesión, ángulo de fricción y carga actual, pendiente, granulometría y cargas externas) se relacionan con la estabilidad de Laderas (factor de seguridad, desplazamiento y asentamiento) en el Asentamiento Humano Leoncio Prado Gutiérrez-Las Moras de la ciudad de Huánuco 2022. La aceptación de esta hipótesis se fundamenta en los resultados obtenidos, los cuales demostraron que el software PLAXIS modela de manera muy cercana a la realidad de las laderas, tanto en su estado actual como la aplicación de la alternativa de solución de anclajes metálicos permanentes. También puedo tener en cuenta los diferentes niveles de sobrecarga para la evaluación de desplazamientos y asentamientos verticales.

Los resultados obtenidos de esta investigación, también permiten afirmar que se acepta de manera parcial la primera hipótesis específica planteada: antes de considerar la alternativa de solución se encontró que los valores del peso específico de las laderas de estudio como datos de entrada en el software Plaxis no se relacionan significativamente (sig. igual 0.2) con los valores de factor de seguridad obtenidos, Desde un

punto de vista geotécnico, la relación entre el peso específico (γ) y el factor de seguridad (FS) para la estabilidad de una ladera es compleja y depende de diversos factores. Si bien el peso específico representa una propiedad fundamental del suelo, su influencia en el FS no es directa ni única. Asimismo el ángulo de fricción y la carga actual (sig. = 0.7), sin embargo, existe una relación perfecta entre la cohesión de las laderas y el factor de seguridad obtenido con el software Plaxis; y con la alternativa de solución (anclajes metálicos permanentes) se encontraron relaciones significativas (sig. =0,00) entre las sobrecargas aplicadas en las laderas y el factor de seguridad obtenido usando el software Plaxis, y entre las cargas de los anclajes metálicos permanentes y el factor de seguridad obtenido.

También, se observó que los resultados de la investigación no respaldan la segunda hipótesis específica. No existe una relación estadísticamente significativa entre la pendiente de las laderas y los valores de desplazamiento obtenidos mediante el software Plaxis. La granulometría del suelo tampoco tuvo un efecto significativo en los valores de desplazamiento. Debido a que se observaron los valores mínimos de desplazamiento en las laderas con sobrecargas de 60 kN/m/m, 60 kN/m/m y 70 kN/m/m, respectivamente, se puede concluir que la estabilidad de las laderas en este estudio no depende únicamente de la pendiente o del tipo de suelo.

Finalmente, la tercera hipótesis específica de investigación no se sostiene, ya que se encontró asentamientos aceptables menores a 0.1 % (0.001534 m; 0.0006449 m y 0.005534 m para las laderas con sobrecarga de 60kN/m/m, 60kN/m/m y 70kN/m/m respectivamente) sin relación o incidencia significativa de las sobrecargas aplicadas.

CAPÍTULO V

DISCUSIONES

En esta investigación se demostró el problema de estabilidad de laderas del Asentamiento Humano Leoncio Prado Gutiérrez Las Moras de La Ciudad de Huánuco 2022; dicho problema se evidenció a través de la obtención de los factores de seguridad con el método de elementos finitos (1.24, 1.21 y 1.14,) usando el software plaxis. Estos valores indicaron que las laderas de estudio son inestables ya que se encuentran inferior de lo establecido por la norma RNE E.50 (F.S = 1.5). Belabbaci et al. (2021) es uno de los autores que respalda el hecho de que esta investigación haya realizado una evaluación de estabilidad de taludes utilizando el método de Elementos finitos con el software Plaxis. Belabbaci realizó un estudio similar, encontrando un factor de seguridad de 0,789 antes de plantear una solución de estabilización.

Otros autores que respaldan a esta investigación son García y Casusol (2018) en un estudio de la condición de estabilidad de un talud por el método elemento finito y modelamiento con el software Plaxis, encontrando un factor de seguridad de 0.90. Se suma Linares (2020) quien también evaluó la estabilidad de laderas usando el software Plaxis a través del método de cartas graficas de elementos finitos y métodos de equilibrio límite.

Resulta relevante citar a otros autores que utilizaron otros métodos y otros softwares para obtener factores de seguridad en la evaluación de taludes, pero de alguna manera respaldan la decisión de este trabajo de investigación respecto a demostrar primero el problema de estabilidad taludes a través de la obtención de factores de seguridad que se comparen con la norma vigente. Entre estos autores se encuentra Rodríguez (2019) quien demostró el problema de estabilidad de taludes específicos utilizando método Spencer y el software SLIDE, través de factores de seguridad menores a 1. Otros autores son Benito y de la Cruz (2019) quienes utilizando el software Geoestudio Versión 2007 (Slope/W- Quake/W) y la técnica de elementos finitos; los autores obtuvieron factores de seguridad menores a 1. Bustillos (2019) también estudió la condición de estabilidad de taludes por el método

equilibrio límite y el software Slide, encontrando factores de seguridad menores a 1.

Para dar solución al problema de estabilidad laderas del Asentamiento Humano Leoncio Prado Gutiérrez las Moras de la Ciudad de Huánuco 2022, en esta investigación se propuso la aplicación de anclajes metálicos permanentes, considerando sobrecargas de 60 KN, 60KN y 70 KN. Utilizando el software Plaxis se obtuvo factores de seguridad de 1.58, 1.55 y 1.55, valores que evidenciaron la estabilización de las laderas de estudio. Quispe y Landeo (2019) respaldan la solución propuesta en este trabajo, los autores también propusieron la misma alternativa de solución para estabilizar un talud, considerando una sobrecarga de 341.5 KN, obtenido un factor de seguridad de 2.52. Lavado y Oruna (2022) también concuerda en que la estabilización de taludes específicos, los anclajes metálicos permanentes son una alternativa importante de solución. García y Casusol (2018) en un estudio de la condición de estabilidad de un talud por el método elemento finito y el software Plaxis, también propusieron la implementación de anclajes metálicos, elevando significativamente el factor de seguridad inicial de 0,90.

Se considera importante no dejar de citar a Clemente (2021); si bien este autor uso otro software de moldeamiento (software Slide), también concuerda con la solución de estabilización de laderas que se ha propuesto en el presente trabajo determinó: este autor demostró que con la aplicación de anclajes metálicos, la ladera inestable que estudiaba (factor inicial de seguridad de 0,721) mejoraba significativamente llegando a un factor de seguridad 1,24. Sin embargo, queda claro que este último valor es inferior al que estable la norma RNE E.50 (F.S = 1.5).

Respecto a la evaluación del desplazamiento de las laderas de estudio en la condición final, es decir considerando la solución de anclajes metálicos permanentes, se consideró sobrecargas de 60 KN, 60KN y 70 KN. Usando el software Plaxis, se obtuvieron valores totales de desplazamientos mínimos aceptables de 0.02498 mm, 0.0006606m, 0.02462m respectivamente, siendo los valores de desplazamiento horizontal 0.005638 m, 0.0002906m, 0.004124 m y de desplazamiento vertical 0.004540m, 0.0006499m, 0.005569m. Se

puede afirmar que estos valores no afectan la estructura de la edificación y del talud, ya que Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) establece que el valor máximo de desplazamiento en ladera debe ser inferior al 0,5% de la altura de la ladera. Quispe y Landeo (2019) también lograron desplazamientos mínimos en la estabilización de laderas, considerando anclajes metálicos como alternativa de solución logró, con una sobrecarga de 341.5 KN; dichos autores lograron disminuir en un 42.64% en total el desplazamiento del talud en estudio, obteniendo un valor final de 0.0905m. García y Casusol (2018) en un estudio de la condición de estabilidad de un talud por el método elemento finito y el software Plaxis, también demostraron que con la implementación del refuerzo con anclajes fue posible disminuir el desplazamiento de la ladera de estudio, cuyo desplazamiento total fue de 0.480 m.

Finalmente, los mismos autores citados que usaron el software Plaxis para demostrar el problema de estabilidad de taludes y luego plantear la solución de anclajes metálicos, también respaldan la decisión tomada en la presente investigación de evaluar el asentamiento de laderas de estudio en la condición final, es decir considerando la solución de anclajes metálicos permanentes, se consideró sobrecargas de 60 KN, 60KN y 70 KN. Dichos autores que también consideraron el uso de anclajes metálicos como alternativa de solución, también respaldan los resultados de asentamiento de las laderas obtenidos en este trabajo.

CONCLUSIONES

Se determinó que los valores del peso específico de las laderas de estudio como datos de entrada en el software Plaxis no se relacionan significativamente (sig. igual 0.2) con los valores de factor de seguridad. Sin embargo, estos últimos valores demostraron la existencia de un problema de estabilidad en la ladera de estudio. Si hubo relación perfecta entre la cohesión de las laderas y el factor de seguridad obtenido con el software Plaxis. Debido a que la cohesión es una propiedad del suelo que determina su resistencia al corte. Esta resistencia, a su vez, influye en la estabilidad de la ladera. Un suelo con mayor cohesión tendrá una mayor resistencia al corte y, por lo tanto, será menos propenso a deslizamientos.

A través del análisis estadístico se tiene que el valor de Rho de -0.074 indica una correlación muy débil y negativa entre la sobrecarga y el asentamiento. Es importante destacar que los valores de desplazamiento fueron los mínimos para todas las combinaciones de pendiente y tipo de suelo analizadas, incluso en el caso de la sobrecarga máxima de 70kN/m/m.

Así mismos, para la tercera hipótesis específica el valor de Rho de -0.074 indica que la relación entre la sobrecarga y el asentamiento en las laderas analizadas es compleja y no se puede explicar simplemente por una correlación directa. Se requieren análisis más detallados que consideren las propiedades específicas del suelo, los mecanismos de falla dominantes y la variabilidad natural para comprender mejor la relación entre estas variables y predecir con mayor precisión el comportamiento de las laderas bajo diferentes condiciones de carga.

Así mismo, no se puede concluir que laderas con mayor sobrecarga experimenten un mayor asentamiento (hundimiento) que laderas con menor sobrecarga. Se demostró asentamientos verticales mínimos en las laderas de estudio (0.001534 m, 0.0006449 m 0.005534 m), es decir, dichos valores obtenidos no afectan la estructura de la edificación y del talud.

Finalmente, se deja evidencia que la utilización de anclajes metálicos es una solución viable para la estabilidad de laderas en diversos casos, a través del análisis numérico mediante el software Plaxis.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda actuar de forma inmediata ante el problema de estabilidad de las laderas del Asentamiento Humano Leoncio Prado Gutiérrez del Centro Poblado Las Moras de la ciudad de Huánuco, problema demostrado en esta investigación. Asimismo, se recomienda plantear como alternativa de solución el uso de anclajes metálicos permanentes.
- Esta recomendación se fundamenta en que se ha demostrado en este trabajo que es una alternativa viable; además el software Plaxis ha permitido un modelamiento muy cercano a la realidad, aplicando como alternativa de solución los anclajes, como se evidencia en el Capítulo IV - RESULTADOS.
- Se recomienda seguir investigado la estabilidad de laderas usando el software Plaxis, ya que en este trabajo ha demostrado buenas cualidades de modelamiento. Sería relevante en un futuro que se realice investigaciones comparativas de evaluación de laderas con diferentes softwares disponibles, incluyendo al Plaxis.
- Sería prudente seguir investigando la estabilidad de las laderas del Asentamiento Humano Leoncio Prado Gutiérrez del Centro Poblado Las Moras de la ciudad de Huánuco, considerando alguna otra alternativa de solución diferente a la propuesta en este trabajo.
- Finalmente, se sugiere el análisis dinámico de la estabilidad de laderas del Asentamiento Humano Leoncio Prado Gutiérrez del Centro Poblado Las Moras de la ciudad de Huánuco, problema demostrado en esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Belabbaci, Z., Berrabah, A. y Bouri, D. (2021). Experimental and finite element analysis of slope stability treated by lime milk (case of El Amir Abdelkader embankment). *Mechanics and Mechanical Engineering*, 25(1), 77-83. <https://doi.org/10.2478/mme-2021-0011>
- Benito, L. y De la Cruz, F. (2019) *Inestabilidad de taludes por el método de elementos finitos en el sector Puka Puka Huaycco-Acoria - Huancavelica 2017* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica, Perú]. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3100>
- Bernal, J. (2019) *Evaluación geotécnica del deslizamiento producido el 27 de enero del 2019 en la red vial nacional PE3N Km 184+500 del tramo San Rafael - Independencia* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Perú]. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/5496>
- Braja, D. (2016). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones* (7ª ed.). Cengage Learning Editores, S.A. de C.V., Compañía de Cengage Learning, Inc. https://www.academia.edu/38216612/Fundamentos_de_Ingenier%C3%A1_de_Cimentaciones
- Briceño, J., Guillén, M., Belandria, N., y León, F. (2023). Análisis de estabilidad de taludes de secciones típicas en la construcción de carreteras a través de modelos numérico: Slope stability analysis of typical sections in road construction through numerical models. *Tekhné*, 26(3), 62–72. Recuperado de: <https://revistasenlinea.saber.ucab.edu.ve/index.php/tekhne/article/view/6137>
- Bustillos, J. (2019) *Análisis bidimensional de estabilidad del talud en la falla geológica por el método de equilibrio límite de la progresiva Km 37+700 al Km 37+800 (ruta nacional PE+18A) en Pachachupán, 2018* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco, Perú]. <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/1774>

- Calvo, P. (2015). *Aspectos prácticos para la protección de modelos numéricos en la Oficina Europea de Patentes, sin morir en el intento*. ABG Patentes, Jornadas del 2015. http://www.ub.edu/centredopatents/es/cursos/documentacio_dill_historic.html#2015
- Cardona, O., Carreño, M., Mendes, K., Alcántara, I. y Saito, S. (2020). Inestabilidad de laderas – deslizamientos. En J.M. Moreno, C. Laguna, V. Barros, E. Calvo, J.A. Marengo y U. Oswald (Eds.), *Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países Iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT* (pp. 419-458). McGraw-Hill, Madrid, España. https://rioccadapt.com/wp-content/uploads/2020/07/11_Cap_11_CambioClimatico.pdf
- Carpio, G. (2020) *Analizar la estabilidad de laderas de los deslizamientos en suelos arcillosos caso de los poblados de Lutto, Kututo y Llusco, región Cusco* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú]. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/15069>
- De la Cruz, D. y Ventura, J. (2020) *Zonificación de suelos del Comité 08 del Centro Poblado de Cambio Puente según su clasificación mediante el método AASHTO y SUCS, Chimbote-Ancash-2020* [Tesis de pregrado, Universidad de César Vallejo, Perú]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57568>
- Díaz, Y. y López, E. (2008) *Plaxis como herramienta de modelación para solución de algunos problemas geotécnicos reales en la Ciudad de Punta Arenas* [Tesis de pregrado, Universidad de Magallanes, Chile]. <https://www.udocz.com/apuntes/56660/manual-de-plaxis>
- Espinosa, N. (2019) *La informalidad en la construcción de viviendas de albañilería y su influencia en la vulnerabilidad sísmica en el Sector 4, distrito de Amarilis – Huánuco – 2019* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco, Perú]. <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/2293>

- GABRIELLEBET (16 de enero de 2013). *Técnicas de recolección de datos*.
<https://gabriellebet.wordpress.com/2013/01/16/tecnicas-de-recoleccion-de-datos/>
- García, M.Y. y Casusol, G.F. (2018). Análisis comparativo de estabilidad de talud y propuesta de solución con muros anclados en la Carretera Las Pirias-Cajamarca, 2018 [tesis de pregrado, universidad nacional “Hermilio Valdizán” de Huánuco].
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/24588/Silva_QP.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). Metodología de la investigación (6ª ed.). McGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A. de C.V. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Huashua, M. y Sánchez, A. (2017) *Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas de la Urbanización Bella Vista de la ciudad de Abancay – Apurímac* [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de los Andes, Perú]. <https://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/51>
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (1999). *SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema Unificado de clasificación de suelo, SUCS)* (NTP 339.134:1999).
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2014). *SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico* (NTP 339.128:1999. Revisada el 2014).
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2015). *SUELOS. Guía Estándar para caracterización de campo con fines de diseño de ingeniería y construcción* (NTP 339.162:2001. Revisada el 2015).
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2019). *SUELOS. Método de ensayo para*

determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos (NTP 339.129:1999. Revisada el 2019).

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2014). Perú: Principales Indicadores Departamentales 2008-2014. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1205/Libro.pdf

Kochak, D. y Verma, M. (2021). A Review of slope stability study analysis with varying slope angle with slope height using Plaxis Software. *International Journal for Research Trends and Innovation*, 6(11), 26-28. <https://ijrti.org/papers/IJRTI2111006.pdf>

Lavado, J.L y Oruna, J.O (2022). Evaluación de riesgos para el diseño de estabilidad de taludes de la progresiva 0 + 500, tramo 2, proyecto Huaruro, Arequipa [tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo].

Linares, M.J. (2020). Análisis comparativo de estabilidad de taludes usando Metodologías gráficas, numéricas y de equilibrio limite [Tesis de pregrado, Universidad Militar Nueva Granada Especialización En Ingeniería]. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/37741/LinaresVargasManuelJonensi2020.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Morales, D. (2018) *Comparación entre el sistema pario y un procedimiento tradicional para obtener la granulometría en suelos finos* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia, Colombia]. <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/22878>

Niño, V. (2011). *Metodología de la investigación: Diseño y Ejecución* (1ª ed.). Ediciones de la U. https://www.academia.edu/35258714/METODOLOGIA_DE_LA_INVESTIGACION_DISENO_Y_EJECUCION

Norma Técnica Peruana E.050 (2018). *Suelos y Cimentaciones*. https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/2018_E050_RM-406-2018-VIVIENDA.pdf.

- Pérez, I. (2019). Aplicaciones del cálculo de las alturas críticas para un diagnóstico preliminar de la inestabilidad de taludes y laderas. *Revista Digital del Cedex*, (194), 78-85. <http://ingenieriacivil.cedex.es/index.php/ingenieria-civil/article/view/2399>
- Quispe, J. y Landeo, L. (2019). Inyección de anclaje al muro de Concreto para la conservación del Talud de la av. 28 de abril del barrio De San Cristobal, Huancavelica [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica].
- Rodríguez, E. (2019) *Análisis comparativo de la solución de estabilidad de taludes, por medio de software geotécnicos, para el Km 79 + 625 del tramo seis: Ampliación del tercer carril Vía Anapoima – Mosquera Cundinamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Militar Nueva Granada, Colombia]. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/36768>
- Ruiz, J. y Ornetá, A. (2023) Evaluación del factor de seguridad en taludes utilizando métodos numéricos para la estabilidad del talud ubicado en el tramo rancho-Panao km 42, distrito de Panao, provincia de Pachitea, Huánuco. [Tesis de titulación]. Recuperado de: <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/9085>
- Sabino, J. (2019) *Análisis de la vulnerabilidad ocasionado por amenazas naturales con la finalidad de mejorar la transitabilidad de la carretera Conque - Tambo, provincia de Yarowilca – Huánuco 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Perú]. <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/5499>
- Schofield, W. y Breach, M. (2007). *Engineering Surveying* (6ª ed.). Butterworth Heinemann, Elsevier Ltd. http://civil-team.weebly.com/uploads/2/5/8/2/25829430/engineering_surveying_w_schofieldmark_breach_6th_ed.pdf
- Swokowski, E.W. y Cole, J.A. (2029). *Álgebra y trigonometría con geometría analítica*. Editorial Thomson. editorial Latinoamérica.

<https://henryhs14.files.wordpress.com/2015/02/algebra-y-trigonometria-con-geometria-analitica-swokowski-12th.pdf>

Tirado, M. (2020) *Evaluación del riesgo asociado a la vulnerabilidad física por laderas inestables en el tramo de carretera Cajamarca – Gavilán, 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4012>

Valiente, R., Sobrecases, S. y Díaz, A. (2015). Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de Cálculo. En J. Mallma, (Ed.), *Revista CIVILÍZATE*, (7), 50-54. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/civilizate/article/view/16157>

Velázquez, S. (2021) Análisis geotécnico de estabilidad de talud para la construcción de la caseta de bomba Booster en las instalaciones portuarias de la provincia de Paita – Piura. [Tesis de titulación]. Recuperado de: <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2755>

Villalva, D. (2021) Propuesta de ampliación y análisis de la estabilidad de la Vía Ambato-Píllaro (Tungurahua, Ecuador). Recuperado de: <https://repositorio.upct.es/handle/10317/9720>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Galarza Arana, F. (2024). *Estabilidad de laderas y el software Plaxis en el asentamiento humano Leoncio Prado Gutiérrez-Las Moras de la ciudad de Huánuco 2022* [Tesis de Pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. [Http://](http://)

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

RESOLUCIÓN N° 1869-2022-D-FI-UDH

Huánuco, 21 de setiembre de 2022

Visto, el Oficio N° 1191-2022-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "ESTABILIDAD DE LADERAS Y EL SOFTWARE PLAXIS EN EL ASENTAMIENTO HUMANO LEONCIO PRADO GUTIÉRREZ-LAS MORAS DE LA CIUDAD DE HUÁNUCO 2022", presentado por el (la) Bach. **Flor De María GALARZA ARANA**.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 1678-2021-D-FI-UDH, de fecha 01 de diciembre de 2021, perteneciente a la Bach. **Flor De María GALARZA ARANA** se le designó como ASESOR(A) al Dr. Eric Segura Tito, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 1191-2022-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "ESTABILIDAD DE LADERAS Y EL SOFTWARE PLAXIS EN EL ASENTAMIENTO HUMANO LEONCIO PRADO GUTIÉRREZ-LAS MORAS DE LA CIUDAD DE HUÁNUCO 2022", presentado por el (la) Bach. **Flor De María GALARZA ARANA**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Presidente), Mg. Ericka Selene García Echevarría (Secretario) y Mg. Sheyla Mayumi Morales Beteta (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), 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. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: "ESTABILIDAD DE LADERAS Y EL SOFTWARE PLAXIS EN EL ASENTAMIENTO HUMANO LEONCIO PRADO GUTIÉRREZ-LAS MORAS DE LA CIUDAD DE HUÁNUCO 2022", presentado por el (la) Bach. **Flor De María GALARZA ARANA** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
[Firma]
Ing. Ethel Johana Manzano Lozano
SECRETARIA DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
[Firma]
Mg. Berthú Campos Ríos
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Esp. Graduando - Interesado - Archivo.
BCR/EJML/ada.

ANEXO 2

RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 1678-2021-D-FI-UDH

Huánuco, 01 de diciembre de 2021

Visto, el Oficio N° 991-2021-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 321696-0000005317, de la Bach. **FLOR DE MARIA GALARZA ARANA**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación.

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 N° 321696-000000531, presentado por el (la) Bach. **FLOR DE MARIA GALARZA ARANA**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación, el mismo que propone al Dr. Eric Segura Tito, como Asesor de Tesis, y;

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

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

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - DESIGNAR, como Asesor de Tesis de la Bach. **FLOR DE MARIA GALARZA ARANA**, al Dr. Eric Segura Tito, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Artículo Segundo. - El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá reiniciar el trámite.

Regístrese, comuníquese y archívese



Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Mat. y Reg. Acad. - Intermedios - Archivos.
BLCREML/ata

ANEXO 3

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES Y DIMENSIONES	METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Tipo: Aplicada.
¿De qué manera el Software Plaxis relaciona la estabilidad de Laderas en el Asentamiento Humano Leoncio Prado Gutiérrez-Las Moras de la ciudad de Huánuco 2022?	Determinar si el software Plaxis se relaciona con la Estabilidad de Laderas en el Asentamiento Humano Leoncio Prado Gutiérrez-Las Moras de la ciudad de Huánuco 2022	El software Plaxis se relaciona con la Estabilidad de Laderas en el Asentamiento Humano Leoncio Prado Gutiérrez-Las Moras de la ciudad de Huánuco 2022	Estabilidad de ladera – <i>Factor de seguridad</i> – <i>Desplazamiento</i> – <i>Asentamiento</i>	Diseño: No experimental transversal. Nivel: Correlacional Enfoque: Cuantitativo.
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variable Dependiente	Población: Centro Poblado Las Moras.
¿De qué manera el software Plaxis se relaciona con el cumplimiento del factor de seguridad para la estabilidad de ladera?	Evaluar si el software Plaxis se relaciona con el cumplimiento del factor de seguridad para la estabilidad de ladera	El software Plaxis se relaciona con el cumplimiento del factor de seguridad para la estabilidad de ladera.		Muestra: Ladera del AA. HH. Leoncio Prado Gutiérrez.
¿En qué medida el software Plaxis se relaciona con el desplazamiento para la estabilidad de la ladera?	Verificar si el software Plaxis se relaciona con el desplazamiento para la estabilidad de la ladera	El software Plaxis se relaciona con el desplazamiento para la estabilidad de la ladera	Software Plaxis	Técnicas: Observación, métodos de ensayo.
¿De qué manera el software Plaxis se relaciona con el asentamiento en la zona de carga para la estabilidad de la ladera?	Examinar si el software Plaxis se relaciona con el asentamiento en la zona de carga para la estabilidad de la ladera	El software Plaxis se relaciona con el desplazamiento para la estabilidad de la ladera.		Instrumentos: Ficha de recolección de datos y otros a fines a los métodos de ensayos.

ANEXO 4

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

		EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORIA DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACION Y ENSAYOS DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO							
		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS							
		PROYECTO: "ESTABILIDAD DE LADERAS Y EL SOFTWARE PLAXIS EN EL ASENTAMIENTO HUMANO LEONCIO PRADO GUTIÉRREZ-LAS MORAS DE LA CIUDAD DE HUÁNUCO 2022"							
		RESUMEN DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELO							
		MÉTODO DE CÁLCULO:							
		Nº DE FICHA:			TESISTA:				
CALICATA	Nº MUESTRA	REPORTE DE CALICATAS	GRANULOMETRÍA DEL SUELO	LÍMITE LÍQUIDO (LL)	LÍMITE PLÁSTICO (LP)	LÍMITE DE PLASTICIDAD (IP)	SUCS	AASHTO	CORTE DIRECTO
C1	M1								
	M2								
C2	M1								
	M2								
C3	M1								
	M2								

-Condición de la muestra:

CONDICIÓN	PUNTAJE
Óptima	
Favorable	
Mala	

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
 Celular G.: 962634923
 Celular : 962987000
 E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com

OBSERVACIÓN:

PANEL FOTOGRÁFICO



Vista frontal de ladera 01, ubicado en la progresiva 0+282 del Asentamiento Humano Leoncio Prado Gutiérrez.



Vista frontal de ladera 02, ubicado en la progresiva 0+388 del Asentamiento Humano Leoncio Prado Gutiérrez.



Vista frontal de ladera 03, ubicado en la progresiva 0+485 del Asentamiento Humano Leoncio Prado Gutiérrez.



Verificación de profundidad de Calicata 01 ubicado en la progresiva 0+282.



Calicata 01, Obteniendo la estratigrafía 0.90m de arena arcillosa (SC) y hasta los 3m de profundidad se encontró Grava pobremente graduada con limo y arena (GP-GM).



Calicata 02, Obteniendo la estratigrafía 1.05m de arena arcillosa (SC) y hasta los 3m de profundidad se encontró Grava pobremente graduada con Limo y arena (GP-GM).



Medición de profundidad de Calicatas.



Calicata 03, Obteniendo la estratigrafía 0.75m de arena arcillosa (SC) y hasta los 3m de profundidad se encontró Grava Limosa con arena (GM).



Material suelto de la ladera del Asentamiento Humano Leoncio Prado Gutiérrez, Las Moras.



Vista de la Zona donde se extrajo la segunda muestra, como se observa, existen 2 taludes, el primero de 4m de altura con un ancho de vía de 3.50m y el segundo talud de 16m de altura y un ancho de vía de 3m.



Las viviendas sostienen sus taludes con pircas de piedra, es decir piedras con junta seca de construcción artesanal.



La ladera se sostiene con costales de tierra, ocasionando inestabilidad, como se observa en la imagen hay un colegio en la parte baja.



Anotación de peso de la muestra después del lavado.



Se observa el juego de tamiz colocados en condición de degradación del tamaño más grueso hasta la malla más fina tamiz N°200.



Vertido del material para el análisis granulométrico mediante el tamizado de las muestras para la clasificación de suelo.



Material retenido en la malla N°04



Aplicación de material fino sobre la malla N°200, obteniendo partículas muy finas.



Partículas finas pasantes de la malla N°200.



Para el ensayo de Proctor Modificado, se colocó la muestra de suelo tamizado por la malla $\frac{3}{4}$ ".



Para el ensayo de Proctor modificado, se realizó la compactación de capas del suelo estudiado.



Para el ensayo límite líquido del suelo por el método de Casagrande, humedecemos la muestra.



Para lograr una buena homogeneidad se deja reposar la muestra por un par de horas.



Se realizó el surco lineal con el acanalador y se procedió a aplicar los golpes hasta que las paredes del surco se unan en el fondo.



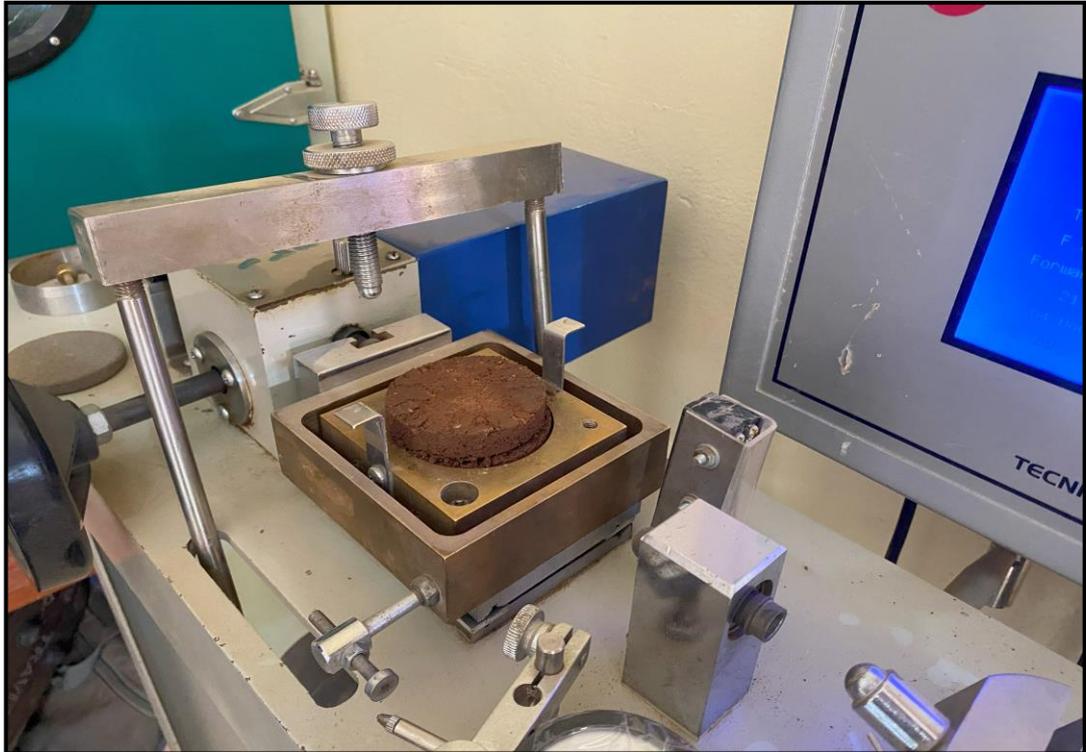
Para el ensayo del límite plástico, se amasa la muestra y se hace rollitos hasta conseguir a que la muestra comience a agrietarse con un diámetro de 3mm.



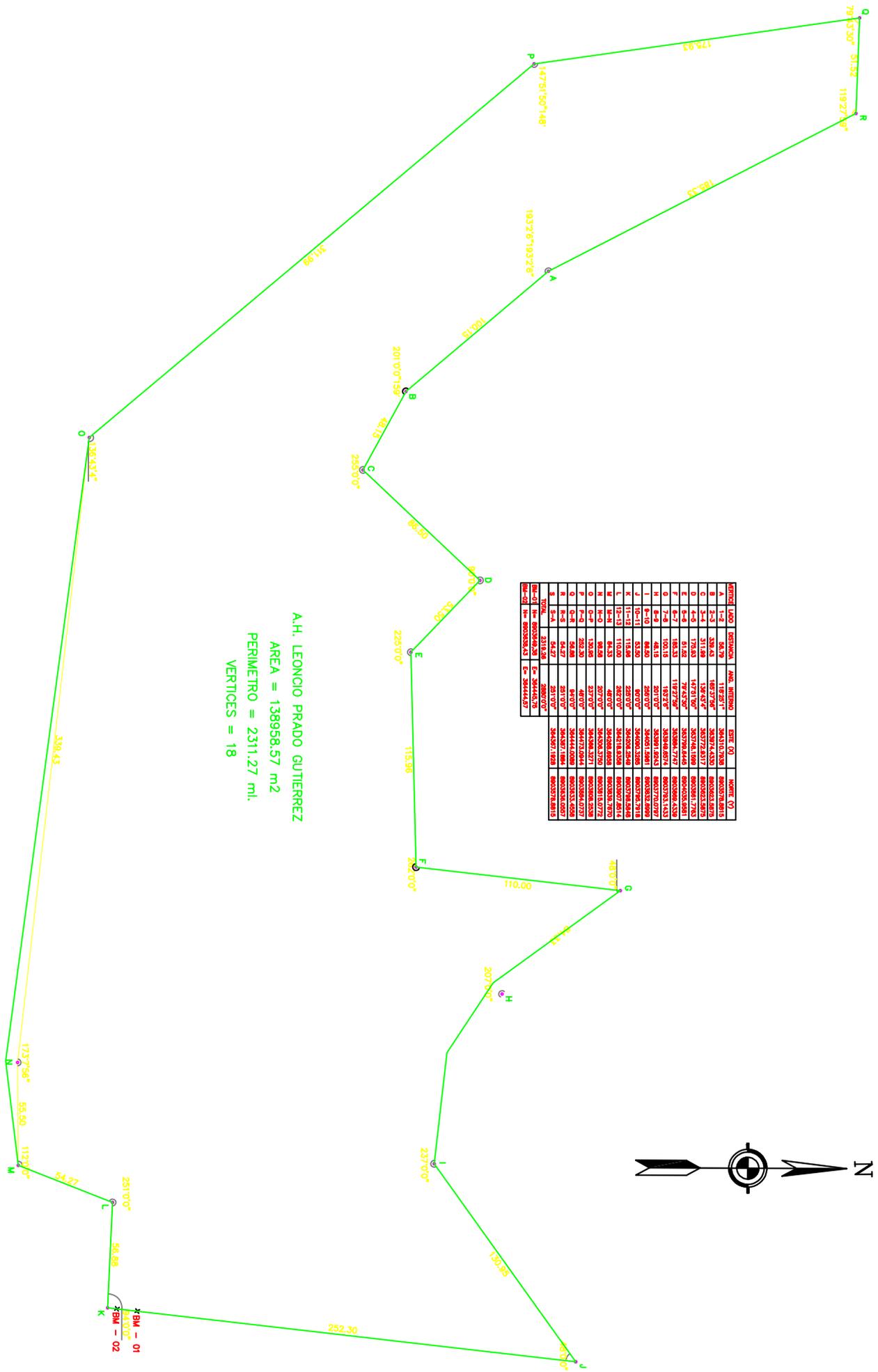
Para el ensayo de Corte Directo, se colocó la muestra en el receptáculo para el proceso de ensayo donde interactúan el esfuerzo vertical y horizontal para obtener la medición del corte directo.



Se colocó la caja de corte con la muestra al equipo y se procede a hacer las anotaciones de las medidas del dinamómetro.



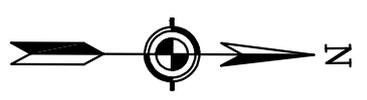
Se evidencia la falla de corte que se obtuvo la muestra, se extrajo la obtención de datos, para finalmente tener la máxima deformación horizontal de la muestra.



ORDEN	LADO	INclinACION	ANG. INTERIO	AREA (M ²)	PERIMETRO (M)
A	1-2	56.79°	118.91°	364310.7938	680328.8815
B	2-3	339.43°	148.27°	363072.4330	680328.8815
C	3-4	311.88°	139.63°	363772.8317	680328.8815
D	4-5	170.85°	149.21°	363746.1098	680328.8815
E	5-6	188.33°	118.27°	363894.7742	680328.8815
F	6-7	100.15°	182.78°	363848.4574	680328.8815
G	7-8	48.15°	201.70°	364051.2643	680328.8815
H	8-9	88.50°	258.70°	364051.2643	680328.8815
I	9-10	132.90°	282.20°	364000.2095	680328.8815
J	10-11	110.00°	282.00°	364218.3528	680328.8815
K	11-12	110.00°	282.00°	364000.2095	680328.8815
L	12-13	110.00°	282.00°	364000.2095	680328.8815
M	13-14	110.00°	282.00°	364000.2095	680328.8815
N	14-15	110.00°	282.00°	364000.2095	680328.8815
O	15-16	110.00°	282.00°	364000.2095	680328.8815
P	16-17	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
Q	17-18	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
R	18-19	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
S	19-20	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
T	20-21	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
U	21-22	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
V	22-23	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
W	23-24	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
X	24-25	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
Y	25-26	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
Z	26-27	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
AA	27-28	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
AB	28-29	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
AC	29-30	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
AD	30-31	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
AE	31-32	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
AF	32-33	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
AG	33-34	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
AH	34-35	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
AI	35-36	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
AJ	36-37	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
AK	37-38	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
AL	38-39	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
AM	39-40	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
AN	40-41	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
AO	41-42	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
AP	42-43	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
AQ	43-44	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
AR	44-45	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
AS	45-46	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
AT	46-47	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
AU	47-48	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
AV	48-49	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
AW	49-50	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
AX	50-51	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
AY	51-52	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
AZ	52-53	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
BA	53-54	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
BB	54-55	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
BC	55-56	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
BD	56-57	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
BE	57-58	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
BF	58-59	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
BG	59-60	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
BH	60-61	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
BI	61-62	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
BJ	62-63	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
BK	63-64	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
BL	64-65	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
BM	65-66	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
BN	66-67	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
BO	67-68	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
BP	68-69	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
BQ	69-70	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
BR	70-71	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
BS	71-72	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
BT	72-73	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
BU	73-74	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
BV	74-75	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
BW	75-76	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
BX	76-77	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
BY	77-78	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
BZ	78-79	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
CA	79-80	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
CB	80-81	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
CC	81-82	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
CD	82-83	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
CE	83-84	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
CF	84-85	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
CG	85-86	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
CH	86-87	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
CI	87-88	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
CJ	88-89	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
CK	89-90	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
CL	90-91	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
CM	91-92	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
CN	92-93	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
CO	93-94	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
CP	94-95	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
CQ	95-96	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
CR	96-97	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
CS	97-98	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
CT	98-99	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
CU	99-100	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
CV	100-101	282.20°	48.15°	364218.3528	680328.8815
CV	TOTAL	2311.27	364444.57	138958.57	2311.27
CV	AREA	138958.57	2311.27	138958.57	2311.27
CV	PERIMETRO	2311.27	138958.57	2311.27	138958.57
CV	VERTICES	18	138958.57	18	138958.57

A.H. LEONCIO PRADO GUTIERREZ
 AREA = 138958.57 m²
 PERIMETRO = 2311.27 m.
 VERTICES = 18

ESCALA: 1:1000



Proyecto: **DELIMITACION DEL AA-HH LEONCIO PRADO G.**

Folio: **TOPOGRAFICO**

BACHILLER: GALANZA ARNVA FIOR DE VARRA

Unidad: Hualicho

Dirección: Hualicho

Provincia: Hualicho

Departamento: Hualicho

País: PERU

Fecha: FEBRERO 2023

Dibujo: FDMCA

Lamina: **A-03**