



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOTÉCNICOS,
HIDROLÓGICOS, TOPOGRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE
SEGURIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LA LADERA EN LA ASOCIACIÓN DE
VIVIENDA EL PEDREGAL CUSCO - 2021**

Línea de investigación: Calculo y simulación de obras
en la ingeniería civil

Presentado por.

Bach: Luis Alberto Añanca Palomino

<https://orcid.org/0009-0008-9258-3085>

Para optar al Título profesional de.

Ingeniero civil

Asesor: Dr. Ing. Elvis Yuri Mamani Vargas

<https://orcid.org/0000-0001-6139-0960>

Cusco – Perú

2023



METADATOS

Datos del autor	
Nombres y apellidos	Luis Alberto Añanca Palomino
Número de documento de identidad	45041963
URL de Orcid	https://orcid.org/0009-0008-9258-3085
Datos del asesor	
Nombres y apellidos	Dr. Ing. Elvis Yuri Mamani Vargas
Número de documento de identidad	41610570
URL de Orcid	https://orcid.org/0000-0001-6139-0960
Datos del jurado	
Presidente del jurado (jurado 1)	
Nombres y apellidos	Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra
Número de documento de identidad	24006901
Jurado 2	
Nombres y apellidos	Ing. Alain Elvis Alanoca Aragón
Número de documento de identidad	25220925
Jurado 3	
Nombres y apellidos	Mgt. Ing. Eigner Roman Villegas
Número de documento de identidad	23928061
Jurado 4	
Nombres y apellidos	Mgt. Ing. Jose Alberto Montesinos Cervantes
Número de documento de identidad	25001820
Datos de la investigación	
Línea de investigación de la Escuela Profesional	Calculo y simulación de obras en la ingeniería civil



Estabilidad ladera

por Luis Alberto Añanca Palomino

Fecha de entrega: 24-oct-2023 07:15p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2186830431

Nombre del archivo: 2023-10-24_-_Tesis_final._Luis_Alberto_A_anca_Palomino_2023.pdf (4.96M)

Total de palabras: 45581

Total de caracteres: 221343



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOTÉCNICOS,
HIDROLÓGICOS, TOPOGRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE
SEGURIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LA LADERA EN LA ASOCIACIÓN DE
VIVIENDA EL PEDREGAL CUSCO - 2021**

Línea de investigación: Cálculo y simulación de obras
en la ingeniería civil

Presentado por.

Bach: Luis Alberto Añanca Palomino

<https://orcid.org/0009-0008-9258-3085>

Para optar al Título profesional de,

Ingeniero civil

Asesor: Dr. Ing. Elvis Yuri Mamani Vargas

<https://orcid.org/0000-0001-6139-0960>

Cusco – Perú

2023



24%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

6%

2

[Submitted to Universidad Andina del Cusco](#)

Trabajo del estudiante

4%

3

repositorio.uandina.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.uta.edu.ec

Fuente de Internet

1%

6

idoc.pub

Fuente de Internet

1%

7

repositorio.utmachala.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

8

repositorio.espe.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

9

[Submitted to Universidad Cesar Vallejo](#)

Trabajo del estudiante

<1%



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Luis Alberto Añanca Palomino
Título del ejercicio:	Tesis concluidas
Título de la entrega:	Estabilidad ladera
Nombre del archivo:	2023-10-24_-_Tesis_final._Luis_Alberto_A_anca_Palomino_202...
Tamaño del archivo:	4.96M
Total páginas:	225
Total de palabras:	45,581
Total de caracteres:	221,343
Fecha de entrega:	24-oct.-2023 07:15p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre...	2186830431





DEDICATORIA

A Dios, por darme la fuerza
suficiente, su sabiduría y a mis padres Luis
Ceferino y Santusa, por su apoyo
incondicional en mi formación académica y
culmino satisfactorio de la presente
investigación.

Luis Alberto Añanca Palomino



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la fuerza, decisión y guiarme con sabiduría por el camino del bien para el culmino de esta investigación.

Agradezco a mis padres Luis Ceferino y Santusa, por darme motivación, su apoyo incondicional desde el inicio de mi formación académica y ánimos de fuerza a seguir adelante.

Agradezco a mi Asesor el Dr. Ing. Elvis Yuri Mamani Vargas, por el apoyo con el asesoramiento, la absolución de mis consultas, sus consejos, experiencia y la orientación para el desarrollo de esta investigación.

Agradezco a mis Docentes (dictaminantes) el Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra y el Ing. Alain Elvis Alanoca Aragón, por compartir sus conocimientos, sus experiencias, y brindarme la orientación y estímulo para el desarrollo correcto de esta investigación y cumplir con esta meta tan importante en mi formación profesional.

Luis Alberto Añanca Palomino



ÍNDICE GENERAL

METADATOS.....	i
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xix
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
1. Capítulo I: Introducción.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Formulación de los problemas	5
1.2.1. Problema general.....	5
1.2.2. Problemas específicos	5
1.3. Justificación de la investigación	5
1.3.1. Por conveniencia	5
1.3.2. Por relevancia social.....	6
1.3.3. Por implicancia práctica	6
1.3.4. Por valor teórico	6
1.3.5. Por utilidad metodológica.....	6
1.4. Objetivos de la investigación.....	7
1.4.1. Objetivo general	7
1.4.2. Objetivos específicos.....	7
1.5. Delimitación del estudio de investigación	7



1.5.1. Delimitación espacial	7
1.5.2. Delimitación temporal de la investigación	10
2. Capítulo II: Marco teórico	11
2.1. Antecedentes de la investigación.....	11
2.1.1. Antecedentes internacionales	11
2.1.2. Antecedente Nacional.....	14
2.1.3. Antecedentes locales	15
2.2. Bases teóricas.....	18
2.2.1. Ladera o talud	18
2.2.2. Deslizamiento	20
2.2.3. Propiedades físicas de los suelos	23
2.2.4. Propiedades mecánicas de los suelos.	25
2.2.5. Número de puntos de investigación	26
2.2.6. Muestreo de suelos y rocas.....	27
2.2.7. Obtención de muestras de suelo en laboratorio (cuarteo)	28
2.2.8. Métodos de ensayos.....	29
2.2.9. Topografía.....	50
2.2.10. Precipitación pluvial	52
2.2.11. Permeabilidad del suelo.....	53
2.2.12. Método de cálculo para determinar y analizar el factor de seguridad de una ladera....	58
2.2.13. Metodología del software Geo Slope educativo V-8.15 para la obtención del factor de seguridad.....	60
2.3. Marco conceptual (definición de términos básico).....	67
2.3.1. Definición de términos.	67
2.4. Hipótesis de la investigación	70



2.4.1. Hipótesis general de la investigación	70
2.4.2. Hipótesis específicas de la investigación	70
2.5. Variables e indicadores	70
2.5.1. Identificación de variable	70
2.5.2. Operacionalización de variables	72
3. Capítulo III: Método (diseño metodológico)	73
3.1. Alcance de estudio	73
3.2. Diseño de investigación	73
3.3. Población de la investigación	74
3.4. Muestra de la investigación	75
3.4.1. Muestra no probabilística	75
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	76
3.5.1. Hojas de cálculo para los datos recolectados	77
3.6. Validez y confiabilidad de instrumentos.	84
3.6.1. Validez de instrumento	84
3.6.2. Confiabilidad de instrumento.	84
3.7. Plan de análisis de datos	85
3.7.1. Procedimiento y análisis de datos.....	87
3.7.2. Determinación y análisis del factor de seguridad usando el software educativo de análisis de estabilidad de taludes Geo Slope V-8.15	147
4. Capítulo IV: Resultados de la investigación.	151
4.1. Resultado respecto a los objetivos específicos	151
4.1.1. Propiedades físicas y mecánicas de los suelos.	151
4.1.2. Precipitación pluvial	152
4.1.3. Permeabilidad del suelo.....	152



4.1.4. Topografía del terreno	153
4.2. Resultados respecto al objetivo general.....	154
4.2.1. Análisis gráfico de los factores de seguridad obtenidos respecto a las propiedades geotécnicas.....	156
5. Capítulo V: Discusiones	165
5.1. Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos	165
5.2. Limitaciones del estudio	168
5.3. Comparación crítica con la literatura existente.....	169
5.4. Implicancias del estudio.....	169
A. Conclusiones y Recomendaciones	170
Conclusiones.....	170
Recomendaciones.....	175
B. Referencias bibliográficas.....	177
C. Instrumentos de recolección de datos.	181
D. Validación de instrumentos.....	188
E. Anexos.....	193

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación geográfica de la ladera Asociación de Vivienda El Pedregal</i>	9
Figura 2 <i>Registro con datos de la prospección N° 01</i>	17
Figura 3 <i>Registro con los datos de la prospección N° 02</i>	17
Figura 4 <i>Deslizamiento de masa de tierra</i>	19
Figura 5 <i>Nomenclatura para laderas y taludes</i>	19
Figura 6 <i>Nomenclatura de un deslizamiento</i>	21



Figura 7 <i>Deslizamiento rotacional</i>	22
Figura 8 <i>Deslizamiento traslacional</i>	23
Figura 9 <i>Representación de la curva granulométrica</i>	35
Figura 10 <i>Aparato manual para límite líquido</i>	37
Figura 11 <i>Muestras del suelo</i>	37
Figura 12 <i>Coeficientes de permeabilidad “k” en cm/seg.</i>	54
Figura 13 <i>Rango de permeabilidad hidráulica para varios suelos</i>	54
Figura 14 <i>Coeficientes de permeabilidad de los suelos</i>	55
Figura 15 <i>Grado de permeabilidad de los suelos</i>	55
Figura 16 <i>Ensayo de Lefranc con nivel de carga constante</i>	56
Figura 17 <i>Funciones utilizadas con el método de análisis de Morgenstern-Price</i>	59
Figura 18 <i>Expresión grafica de los parámetros de la ecuación de Morgenstern-Price</i>	62
Figura 19 <i>Ubicación de la zona de estudio</i>	74
Figura 20 <i>Ladera en la Asociación de Vivienda El Pedregal</i>	75
Figura 21 <i>Vista la ladera en la Asociación de Vivienda El Pedregal</i>	76
Figura 22 <i>Ladera de estudio</i>	87
Figura 23 <i>Ingreso de datos al equipo de trabajo</i>	88
Figura 24 <i>Recepción del disparo del equipo en toda la zona de estudio</i>	88
Figura 25 <i>Colocación de puntos</i>	92
Figura 26 <i>Excavación de calicata</i>	93
Figura 27 <i>Excavación de calicata</i>	93
Figura 28 <i>Recipiente con muestra de suelo</i>	95
Figura 29 <i>Retiro de muestras de suelo luego de su secado en el horno</i>	95



Figura 30 <i>Pesado de las muestras de suelo luego del retirado del horno</i>	96
Figura 31 <i>Pesaje del material homogéneo a criterio del investigador</i>	100
Figura 32 <i>Lavado del suelo en el tamiz N°200</i>	100
Figura 33 <i>Tamizado de la muestra de suelo</i>	101
Figura 34 <i>Pesaje de las muestras de suelo retenidos</i>	102
Figura 35 <i>Materiales a usar durante el ensayo</i>	107
Figura 36 <i>Tamizando la muestra de suelo malla N° 40</i>	107
Figura 37 <i>Colocado de la muestra de suelo a la Copa de Casagrande</i>	108
Figura 38 <i>Corte de la muestra de suelo y colocado en los recipientes</i>	108
Figura 39 <i>Moldeo de los bastoncitos de 1/8” (3mm) de la mezcla plástica</i>	109
Figura 40 <i>Muestras de los bastoncitos para limite plástico y retiro de las muestras secas del horno de los ensayos limite líquido y plástico</i>	109
Figura 41 <i>Muestra de suelo tamizado y la caja de corte</i>	116
Figura 42 <i>Colocación de muestra de suelo pesada hacia la caja de corte</i>	116
Figura 43 <i>Colocación de papel y la tapa sobre la muestra de suelo compactada</i>	117
Figura 44 <i>Caja de corte con la muestra de suelo</i>	117
Figura 45 <i>Retiro de la caja de corte y muestra de suelo fallada</i>	118
Figura 46 <i>Pluviógrafo mecánico en la estación meteorológica de Luis Olazo Olivera. Perayoc. (UNSAAC),</i>	134
Figura 47 <i>Estación automática DAVIS en la estación meteorológica de Luis Olazo Olivera. Perayoc. (UNSAAC).</i>	134
Figura 48 <i>Herramientas utilizadas durante la prueba de ensayo</i>	142
Figura 49 <i>Excavación del agujero N°02</i>	143



Figura 50 <i>Colocación de la tubería cribada para el agujero N° 02</i>	143
Figura 51 <i>Llenado con agua la tubería cribada de PVC en el agujero N° 01 y N° 03</i>	144
Figura 52 <i>Determinación del factor de seguridad mediante el análisis de Morgenstern-Price. software Geo-Slope educativo V-8.15</i>	149
Figura 53 <i>Determinación del factor de seguridad mediante el análisis de Morgenstern-Price software Geo-Slope educativo V-8.15</i>	149
Figura 54 <i>Determinación del factor de seguridad mediante el análisis de Morgenstern-Price software Geo-Slope educativo V-8.15</i>	150
Figura 55 <i>Factores de seguridad en relación al peso específico ángulo de fricción interna y cohesión analizado bajo condiciones no saturado parcialmente saturado y saturado</i>	156
Figura 56 <i>Peso específico del suelo en relación a su contenido de humedad y vacíos</i>	159
Figura 57 <i>Peso específico del suelo en relación a su grado de saturación (%)</i>	159
Figura 58 <i>Distribución normal entre el peso específico húmedo y el contenido de humedad</i>	160
Figura 59 <i>Angulo de fricción interna del suelo en relación a su gradación</i>	161
Figura 60 <i>Angulo de fricción interna del suelo en relación a su contenido de humedad y grado de saturación</i>	162
Figura 61 <i>Distribución normal entre el ángulo de fricción interna y el contenido de humedad</i>	163
Figura 62 <i>Cohesión del suelo en relación a su índice de plasticidad y grado de saturación</i>	163
Figura 63 <i>Distribución normal entre la cohesión y el contenido de humedad</i>	164
Figura 64 <i>Calibración de instrumentos de medición. Balanza electrónica</i>	188
Figura 65 <i>Calibración de instrumento de medición. Copa Casagrande</i>	189
Figura 66 <i>Calibración de instrumento de medición. Tamices</i>	190
Figura 67 <i>Calibración de Equipo. Estufa</i>	191



Figura 68 *Calibración de equipo de corte directo* 192

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Ubicación y coordenadas geográficas del lugar de trabajo* 8

Tabla 2 *Número de puntos de investigación* 26

Tabla 3 *Determinación del número de calicatas para la obtención del ángulo de fricción, cohesión y peso específico* 27

Tabla 4 *Clasificación de suelo método (SUCS)* 44

Tabla 5 *Operacionalización de variables* 72

Tabla 6 *Formato para el registro del levantamiento topográfico*..... 77

Tabla 7 *Formato para la recolección del registro de datos meteorológicos* 78

Tabla 8 *Formato para la recolección de datos del ensayo de permeabilidad insitu* 79

Tabla 9 *Formato para la recolección de datos de contenido de humedad* 80

Tabla 10 *Formato para la recolección de datos del ensayo de análisis granulométrico por tamizado* 81

Tabla 11 *Formato para la recolección de datos limite líquido, plástico e índice de plasticidad*

Tabla 12 *Formato para la recolección de datos ensayo de corte directo*..... 82

Tabla 13 *Interpretación de un coeficiente de confiabilidad*..... 85

Tabla 14 *Puntos topográficos para el modelamiento en 2D en el software Geo Slope educativo V-8.15 y el cálculo de las pendientes de la ladera para las siete secciones; **Error! Marcador no definido.***

Tabla 15 *Conversión de los puntos topográficos para el modelamiento en 2D en el software Geo Slope educativo V-8.15 y el cálculo de las pendientes de la ladera para las siete secciones* 91

Tabla 16 *Determinación del contenido de humedad, calicata N°01* 98



Tabla 17 <i>Procesamiento de datos para el análisis granulométrico por tamizado. Calicata N°01</i>	105
Tabla 18 <i>Procesamiento y obtención de datos del ensayo limite líquido y plástico calicata N°01</i>	112
Tabla 19 <i>Determinación del tipo de suelo por el método de Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS). Calicata N°01</i>	114
Tabla 20 <i>Procesamiento y obtención de datos por el ensayo de corte directo, calicata N°01. Muestra N°01</i>	123
Tabla 21 <i>Procesamiento y obtención de datos por el ensayo de corte directo, calicata N°01. Muestra N°02</i>	126
Tabla 22 <i>Procesamiento y obtención de datos por el ensayo de corte directo, calicata N°01. Muestra N°03</i>	129
Tabla 23 <i>Resultado de los datos por el ensayo de corte directo, ángulo de fricción interna y cohesión. Calicata N°01</i>	132
Tabla 24 <i>Resultado de los ensayos realizados. Tipo de suelo, peso específico, ángulo de fricción y cohesión</i>	133
Tabla 25 <i>Procesamiento del registro de datos. Estación Meteorológica Agrícola Principal MAP Granja Kayra - Senamhi</i>	135
Tabla 26 <i>Procesamiento del registro de datos. Estación Meteorológica Luis Olazo Olivera Perayoc-UNSAAC</i>	136
Tabla 27 <i>Resumen de datos máximos de precipitación pluvial obtenidos de las Estaciones Meteorológicas</i>	137



Tabla 28 <i>Determinación del coeficiente de permeabilidad del suelo. calicata N°01, N°02 y N°03</i>	147
Tabla 29 <i>Resumen de las propiedades físicas y mecánicas obtenidos de ensayos de las calicatas N°01, 02 y 03</i>	151
Tabla 30 <i>Valores máximo de precipitación en 40 años</i>	152
Tabla 31 <i>Valores de Coeficiente de permeabilidad (cm/s). Agujero N°01, N°02 y N°03</i>	153
Tabla 32 <i>Valores de las pendientes para las siete secciones</i>	153
Tabla 33 <i>Datos obtenidos del ensayo de corte directo para el cálculo de los factores de seguridad</i>	154
Tabla 34 <i>Resumen del análisis paramétrico de cada propiedad geotécnica determinado respecto a los factores de seguridad de la ladera en estudio para las siete secciones bajo condiciones no saturado, parcialmente saturado y saturado</i>	155
Tabla 35 <i>Análisis paramétrico del peso específico del suelo en relación a su contenido de humedad, relación de vacíos y su grado de saturación.</i>	159
Tabla 36 <i>Relación del peso específico húmedo y contenido de humedad entre la distribución normal muestral</i>	160
Tabla 37 <i>Análisis paramétrico del ángulo de fricción interna del suelo en relación a su gradación, contenido de humedad y su grado de saturación.</i>	161
Tabla 38 <i>Relación del ángulo de fricción y contenido de humedad entre la distribución normal</i>	162
Tabla 39 <i>Análisis paramétrico de la cohesión del suelo en relación a su índice de plasticidad y su grado de saturación</i>	163
Tabla 40 <i>Relación de la cohesión y contenido de humedad entre la distribución normal</i>	164



Tabla 41 <i>Valores del registro de coeficientes de permeabilidad</i>	166
Tabla 42 <i>Condición de estabilidad e inestabilidad de la ladera</i>	171
Tabla 43 <i>Resumen de los ensayos realizados para la obtención de los factores geotécnicos en las calicatas N°01, 02 y 03</i>	172
Tabla 44 <i>coeficientes de permeabilidad</i>	173
Tabla 45 <i>Determinación de las pendientes sobre la superficie estudiada</i>	174
Tabla 46 <i>Porcentajes de muestras de suelo pasantes, malla N°4 y N°200</i>	175
Tabla 47 <i>Formato para el registro del levantamiento topográfico</i>	181
Tabla 48 <i>Formato para la recolección del registro de datos meteorológicos</i>	182
Tabla 49 <i>Formato para la recolección de datos para el ensayo del coeficiente de permeabilidad</i>	183
Tabla 50 <i>Formato para el registro de datos del ensayo de contenido de humedad</i>	184
Tabla 51 <i>Formato para el registro de datos del ensayo de análisis granulométrico por tamizado</i>	185
Tabla 52 <i>Formato para el registro de datos del ensayo de limite líquido, plástico e índice de plasticidad</i>	186
Tabla 53 <i>Formato para el registro de datos del ensayo de corte directo</i>	187
Tabla 54	193
Tabla 55 <i>Cuadro de operacionalización de variables</i>	195
Tabla 56 <i>Análisis paramétrico de cada propiedad geotécnica obtenido respecto a los factores de seguridad de la ladera en estudio para las siete secciones bajo condiciones no saturado, parcialmente saturado y saturado</i>	¡Error! Marcador no definido.



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 <i>Plano topográfico con las siete secciones de la zona afectada</i>	199
Anexo 2 <i>Plano topográfico con la ubicación de las calicatas excavadas</i>	200
Anexo 3 <i>Plano topográfico con la ubicación de los agujeros excavadas para ensayo de permeabilidad insitu</i>	201
Anexo 4 <i>Plano topográfico con secciones 1-1, 2-2, 3-3</i>	202
Anexo 5 <i>Plano topográfico con secciones 4-4, 5-5, 6-6</i>	203
Anexo 6 <i>Plano topográfico con sección 7-7</i>	204
Anexo 7 <i>Documento donde solicita la universidad a la institución Agrícola Principal Kayra – Senamhi para la recolección de datos de precipitación pluvial</i> Nota: Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco (UAC, (2022)	205
Anexo 8 <i>Constancia de haber realizado la recolección de datos de precipitación pluvial. Estación meteorológica Luis Olazo Olivera. Perayoc (UNSAAC)</i> Nota: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC, (2022).....	206
Anexo 9 <i>Documento con informe de ensayos de laboratorio para estudio de mecánica de suelos realizados en UNITEST</i>	207



RESUMEN

La presente investigación se realizó con el fin de determinar la estabilidad de la ladera de la Asociación de Vivienda el Pedregal, el análisis paramétrico de las siete secciones y los factores de seguridad se realizaron en condiciones no saturadas, parcialmente saturadas y saturadas, en relación al peso específico, ángulo de fricción interna y cohesión, con el fin de brindar más información técnica a la literatura existente. En la investigación, para la selección de la muestra se tomó a criterio del investigador, muestra no probabilística (toma de decisiones). La investigación es de enfoque cuantitativo, según el alcance es descriptivo y el diseño metodológico es no experimental, las muestras obtenidas de campo y de laboratorio de suelos son requisitos para la obtención del tipo de suelo que fue grava arcilloso limosa con arena (GC-GM). Se logro comprobar la hipótesis general que se menciona “Los factores de seguridad se obtendrán con el método de equilibrio límite y su interpretación se hará con un análisis paramétrico” y el objetivo general que se menciona “Determinar y analizar los factores de seguridad obtenido de la ladera en la Asociación de Vivienda el Pedregal. En conclusión, la ladera de estudio con las siete secciones trazadas sobre la superficie afectada, es estable en condiciones no saturados y parcialmente saturados, los valores obtenidos de los factores de seguridad son superiores a la unidad y es inestable en condiciones saturadas, los valores obtenidos de los factores de seguridad son inferiores a la unidad. Se recomienda la creación de andenerías en la corona, con el fin de disminuir la pendiente y/o la construcción de un muro de contención en la base de la ladera, con el fin de darle sostenimiento a la ladera y de esta forma incrementar los factores de seguridad de la superficie afectada.

Palabras claves: Coeficiente de permeabilidad, estabilidad, factor de seguridad, factores geotécnicos, factores topográficos, precipitación y método de equilibrio limite.



ABSTRACT

The present investigation was carried out in order to determine the stability of the slope of the El Pedregal Housing Association, the parametric analysis of the seven sections and the safety factors were performed in unsaturated, partially saturated and saturated conditions, in relation to the specific weight, angle of internal friction and cohesion, in order to provide more technical information to the existing literature. In the research, for the selection of the sample, a non-probabilistic sample was taken at the discretion of the researcher (decision making). The research is of quantitative approach, according to the scope is descriptive and the methodological design is non-experimental, the samples obtained from field and laboratory of soils are requirements for obtaining the type of soil that was silty clayey gravel with sand (GC-GM). The general hypothesis mentioned "The safety factors will be obtained with the limit equilibrium method and its interpretation will be done with a parametric analysis" and the general objective mentioned "To determine and analyze the safety factors obtained from the slope in the Pedregal Housing Association. In conclusion, the study slope with the seven sections drawn on the affected surface, is stable in unsaturated and partially saturated conditions, the values obtained for the safety factors are higher than unity and is unstable in saturated conditions, the values obtained for the safety factors are lower than unity. The creation of walkways in the crown is recommended, in order to reduce the slope and/or the construction of a retaining wall at the base of the slope, in order to give support to the slope and thus increase the safety factors of the affected surface.

Key words: permeability coefficient, stability, factor of safety, geotechnical factors, topographic factors, precipitation and limit equilibrium metho



1. Capítulo I: Introducción

En la ciudad del Cusco por lo general en zonas rurales es frecuente los deslizamientos de laderas, gran parte ocasionado por las intensas precipitaciones pluviales que desestabilizan la estructura interna de los estratos del suelo, un deslizamiento de masa de tierra ubicado en zonas urbanas y/o rurales puede causar pérdida de vidas humanas y de bienes materiales

El tema de prevención ante un deslizamiento de masa de suelo, es importante, se realiza con el fin de mitigar el problema recurrente frente a este tipo de desastres naturales y a salvaguardar la integridad de la población en general.

Según Huallpa (2019) el cambio climático en estos tiempos genera efectos negativos, degradando el medio ambiente e influyendo en la generación de fenómenos climatológicos como los ciclones que dan origen al exceso de precipitación pluvial que afectan la estabilidad en las laderas.

La ladera de la Asociación de Vivienda el Pedregal se encuentra ubicado en la zona nor occidental de la ciudad del Cusco. El deslizamiento de la ladera es afectado por las precipitaciones pluviales en temporadas de los meses de noviembre a abril y la poca vegetación, causando su inestabilidad. Ante este evento se procede con realizar estudios a la zona afectada.

Un análisis paramétrico nos permite que los factores de seguridad con respecto a los factores geotécnicos y topográficos sean más exactos y de esta forma poder interpretar los resultados. Cuanto más grande sea el tamaño de una muestra, más exacto será nuestro resultado.

En el capítulo N°1, se presenta la introducción, el planteamiento del problema, los problemas planteados, los objetivos, las justificaciones, y las delimitaciones. Capítulo N°2, se presenta los antecedentes de la tesis, las bases teóricas, marco conceptual (definición de términos), las hipótesis y las variables e indicadores. Capítulo N°3, se presenta el método (diseño



metodológico), alcance del estudio, diseño de la investigación, la población, la muestra y el plan de análisis de los datos. Capítulo N°4, se presenta los resultados respecto a los objetivos específicos y objetivo general. Capítulo N°5, se presenta las discusiones, las conclusiones respecto a las hipótesis y objetivos, las recomendaciones, las referencias bibliográficas, los instrumentos para la recolección de los datos, la validación de los instrumentos y los anexos.



1.1. Planteamiento del problema

En años pasados y en la actualidad se han estado registrando deslizamientos de laderas, que vienen ocurriendo principalmente por las intensas lluvias que debilitan los estratos de los suelos, ocasionando riesgo a la zona y viviendas aledañas a laderas inestables.

Las propiedades físicas, mecánicas de los suelos, las precipitaciones pluviales y la topografía, son requisitos para determinar la estabilidad y/o inestabilidad de la ladera.

Según Console (2022), en América del sur vienen ocurriendo deslizamientos de tierra en especial en Perú, Colombia y Brasil, también menciona, antes ocurrían en lapsos de 20 y 30 años en determinadas zonas y ahora lo estamos viendo cada 02 y 03 años. Inclusive en algunas zonas ya se han hecho común.

Según el Instituto Nacional de Defensa Civil INDECI (2022), a nivel nacional en el año 2022, también se registró deslizamientos de tierra en el centro poblado de Retamas, distrito de Parcoy, provincia de Pataz, departamento de la Libertad, que fue ocasionado por las intensas precipitaciones pluviales. La ladera presentaba una pendiente muy pronunciada, ocasionando que decenas de viviendas quedaran sepultadas y quedando damnificadas las familias del lugar.

Según Galdós y Carrasco (2002), a nivel regional la ladera de estudio se encuentra ubicado en la zona de Tambobamba formación Vilque chico, la zona de estudio se caracteriza por la presencia de arcillas, limoareniscas, areniscas y lutitas rojas, limoarcillas de color rojo que afloran en la zona de Tambobamba.

A nivel local la ladera de estudio se encuentra ubicado geomorfológicamente en la zona Nor occidental de la ciudad del Cusco. Carretera Cusco-Abancay. Arco de ticatica.

En el año 2018, se deslizo la ladera en la Asociación de Vivienda el Pedregal, fue ocasionado por las precipitaciones pluviales, escorrentías y la poca vegetación. Para entonces la



población aledaña coloca plásticos con el fin de que en temporadas de lluvias no continúe con su deslizamiento y siga debilitando más la estructura de los estratos del suelo.

Se plantea diferentes formas de solución como es la modificación de la topografía del terreno, mediante la construcción de andenería en la corona, el diseño de un sistema de drenaje (cunetas de coronación) también en la corona, para evitar que se siga debilitando la estructura interna del suelo y/o la creación de un muro de sostenimiento en la base, con el fin de dar sostenimiento a la ladera. De esta manera incrementar los factores de seguridad para las siete secciones sobre la superficie afectada. Todo esto se menciona y considera en el capítulo de recomendaciones.

Respecto a las conclusiones que se llegó con el estudio, se logró determinar los factores geotécnicos como son las propiedades físicas y mecánicas del suelo, hidrológicos como es la precipitación pluvial máxima diaria mensual obtenido de hacer la comparabilidad de ambas estaciones meteorológicas, el cálculo del coeficiente de permeabilidad de suelo (insitu) y topográfico como es el cálculo de las pendientes.

Se trazaron las siete secciones con el software AutoCAD Civil 3D educativo V-2019, posterior como elementos de borde (cotas y progresivas), se ingresaron al software de análisis de estabilidad de taludes Geo Slope educativo V-8.15 para obtener los factores de seguridad y luego se hizo el análisis paramétrico en relación al peso específico, ángulo de fricción interna, cohesión y los gráficos generados.



1.2. Formulación de los problemas

1.2.1. Problema general

¿Cómo se determinará y analizará los factores de seguridad obtenido de la ladera en la Asociación de Vivienda el Pedregal?

1.2.2. Problemas específicos

Problema específico N°01

¿Qué valores tendría el peso específico, ángulo de fricción interna y cohesión del suelo obtenidos de los ensayos de laboratorio en la ladera de la Asociación de Vivienda el Pedregal?

Problema específico N°02

¿Cómo la precipitación pluvial será requisito en la obtención de valores del coeficiente de permeabilidad del suelo obtenido con el ensayo de Lefranc insitu con carga constante de la ladera en la Asociación de Vivienda el Pedregal?

Problema específico N°03

¿Qué parámetro topográfico será requisito para la obtención de los factores de seguridad de la ladera en la Asociación de Vivienda el Pedregal?

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Por conveniencia

Es conveniente y útil la investigación, brinda una secuencia con información técnica de cómo se obtuvieron los factores geotécnicos y topográficos en relación al cálculo y análisis de los factores de seguridad para las siete secciones en condiciones no saturadas, parcialmente saturadas y saturadas. Así como la recolección de datos de precipitación pluvial de las estaciones meteorológicas en la ciudad del Cusco y el cálculo del coeficiente de permeabilidad del suelo.



1.3.2. Por relevancia social

La investigación planteada, otorga información técnica social, beneficiando de forma directa a investigadores, educadores en la especialidad, entidades estatales, privadas y pobladores que habitan alrededor y/o colindan con laderas. Para ello se presenta un procedimiento de cómo realizar el análisis paramétrico en relación a los factores solicitados y los factores de seguridad, con el fin de generar gráficos y poder interpretarlos.

1.3.3. Por implicancia práctica

La investigación se justifica en la práctica, brinda información de cómo se obtuvo los factores geotécnicos, hidrológicos y topográficos, de esta forma los datos obtenidos se aplicaron en la realización del análisis paramétrico con respecto a los factores de seguridad también obtenidos con el software Geo Slope V-8.15, teniendo resultados de las siete secciones trazadas en la ladera de estudio.

1.3.4. Por valor teórico

La investigación se justifica por valor teórico, al brindar información con los resultados obtenidos y su análisis paramétrico de los datos al conocimiento, enriquecer a la literatura existente y servir como base teórica a otras investigaciones con características de enfoque cuantitativo similares y ser un antecedente académico para otras investigaciones donde se cuente con otros factores de inestabilidad para laderas.

1.3.5. Por utilidad metodológica

La investigación se justifica metodológicamente al brindar la información técnica que fue recolectado e investigado de bibliografías existentes y de investigaciones ya presentadas, por lo tanto, para la obtención de los factores solicitados como geotécnicos, hidrológicos y topográficos es mediante un procedimiento y técnica ya existente.



1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. *Objetivo general*

Determinar y analizar los factores de seguridad obtenido de la ladera en la Asociación de Vivienda el Pedregal.

1.4.2. *Objetivos específicos*

Objetivo específico N °01

Obtener los valores de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos obtenidos de los ensayos de laboratorio en la ladera de la Asociación de Vivienda el Pedregal

Objetivo específico N °02

Obtener los valores de los coeficientes de permeabilidad del suelo obtenido con la precipitación pluvial y el ensayo de Lefranc insitu con carga constante de la ladera en la Asociación de Vivienda el Pedregal.

Objetivo específico N °03

Determinar el parámetro topográfico que será requisito para la obtención de los factores de seguridad de la ladera en la Asociación de Vivienda el Pedregal.

1.5. Delimitación del estudio de investigación

1.5.1. *Delimitación espacial*

El trabajo de investigación que titula. **DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOTÉCNICOS, HIDROLÓGICOS, TOPOGRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LA LADERA EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA EL PEDREGAL CUSCO - 2021.**

Viene a ser el lugar donde se realizó la investigación y se describe a continuación:



En primer lugar, se visitó el lugar afectado para la exploración, luego se colocaron puntos para realizar las excavaciones, extracción, toma de muestras de suelo para los ensayos requeridos y luego se llevaron a un laboratorio de suelos certificado para los respectivos ensayos. Posterior a ello se procesó todos los datos en gabinete para obtener las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

Todo ello se llevó a cabo en el distrito, provincia y departamento del Cusco.

Las coordenadas geográficas es la ubicación donde se realizó la investigación:

Tabla 1

Ubicación y coordenadas geográficas del lugar de trabajo

	Ubicación	Referencia geográfica	
	Ladera de la		
Lugar	Asociación de	Grados, minutos y	13°30'25,0496 latitud sur
	Vivienda el Pedregal	segundos	72°00'20,05812 latitud oeste
Distrito	Cusco		
Provincia	Cusco		Zona 18 L
			X: 824133.647 E.
Departamento	Cusco	UTM	Y: 8504494.304 N
			Altitud: 3734.674 msnm



Figura 1

Ubicación geográfica de la ladera Asociación de Vivienda El Pedregal



(Google Maps, 2022)

La ubicación del lugar afectado, es en la zona Nor occidental. Arco de Tica Tica carretera Cusco-Abancay, más específico en la Asociación de Vivienda el Pedregal, con una altitud de 3734.674 msnm.



Colindantes con la Asociación de Vivienda el Pedregal (ADV):

- **Norte:** Asociación de Vivienda el Arco.
- **Sur:** Asociación de Vivienda el Pedregal 2da Etapa
- **Este:** Asociación de Vivienda Lourdes Carrión.
- **Oeste:** Asociación de Vivienda Villa las Rocas

1.5.2. Delimitación temporal de la investigación

Con la presente investigación se logró determinar los factores geotécnicos, hidrológicos y topográficos, para posterior procesarlo en gabinete y obtener el factor de seguridad con el respectivo análisis paramétrico. La investigación se desarrolló en un periodo de 02 años.



2. Capítulo II: Marco teórico

2.1. Antecedentes de la investigación.

Se muestra en los siguientes párrafos los estudios de las tesis de investigaciones desarrolladas, que están relacionados con el tema planteado.

2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Antecedente N°01

Según Marín (2019), en la investigación menciona la problemática existente de un derrumbe ocurrido por el año 2013, este ocasionó la inhabilitación total de una parte de la estructura del centro médico de cantón piñas en la provincia de el Oro. Ecuador.

El investigador presento tres alternativas de solución para estabilizar. Número uno, con material inflamable (llantas), número dos, la construcción de un muro de contención y número tres, la construcción de andenerías.

El investigador optó por el diseño de andenerías con el software AutoCAD civil 3D, posterior realizó el análisis de estabilidad con el método de equilibrio límite, bajo el análisis de Morgenstern-Price y el software Geo Slope, con tres diferentes suelos del lugar de estudio para un perfil seleccionado y obtuvo tres diferentes factores de seguridad.

Realizo la extracción de puntos topográficos con el software Global Mapper para luego exportarlo al Civil 3D, donde obtuvo 7 perfiles del talud de estudio, cada perfil tuvo 3 perforaciones.

Hubo tres perforaciones a una profundidad de 1.40 m para cada perfil, posterior a ello efectuó los respectivos ensayos de laboratorio, obtuvo mediante el ensayo de compresión simple, perfil 1-1, perforación 1, peso específico, fue de 18.05 kN/m³, ángulo de fricción, fue de 79°, cohesión, fue de 40 kPa y el tipo de suelo es ML (limo inorgánico). Perforación 2, peso



específico, fue de 16.82 kN/m³, ángulo de fricción, fue de 72°, cohesión, fue de 232 kPa y el tipo de suelo es ML (limo inorgánico). Perforación 3, peso específico, fue de 19.98 kN/m³, ángulo de fricción, fue de 66°, cohesión, fue de 108 kPa y el tipo de suelo es ML (limo inorgánico), el perfil 1-1 tiene una pendiente de 58.65%, realizo el análisis de estabilidad con el software Geo Slope. Obteniéndose factores de seguridad como se describe. PL 1-1, fue de (4.028, 2.616, 2.205), PL 2-2, fue de (4.287, 2.693, 2.281), PL 3-3, fue de (3.968, 2.533, 2.138), PL 4-4, fue de (3.786, 2.427, 2.049), PL 5-5, fue de (3.813, 2.432, 2.058), PL 6-6, fue de (4.574, 2.797, 2.346), PL7-7, fue de (3.47, 2.314, 1.941).

Por tanto, llego a la conclusión para los 7 perfiles que son estables. En sus recomendaciones menciona la modificación de la geometría en la corona mediante la construcción bermas ya que haría más estable la zona afectada.

La tesis mencionada anteriormente guarda relación en lo siguiente. El deslizamiento de la ladera ocasionado por las precipitaciones pluviales que se ha visto más vulnerable, para entonces se tomó como guía la investigación antes mencionada para dar inicio a la presente tesis que planteo con sus características parecidas, pero en diferente contexto y aplicando el método de equilibrio límite, bajo el análisis de Morgenstern-Price.

Antecedente N°02

Según Gallardo *et al.* (2013), en su investigación mencionan la problemática del deslizamiento de las laderas en el barrio de San Fermín Municipio de Ocaña departamento de Norte de Santander - Colombia.

El Asentamiento Humano del barrio de San Fermín está comprendido por numerosas familias que en un inicio realizaron cortes y excavaciones en la base de las laderas sin tener un previo asesoramiento técnico y desconociendo futuros accidentes, como consecuencia de la



intervención antrópica y aún más la presencia de lluvias se produjeron deslizamientos que puso en riesgo a su población aledaña.

Los investigadores plantean como solución tres parámetros de la geotecnia para una próxima solución. En primer lugar, se realizaron trabajos de campo, exploración del subsuelo y trabajos de topografía. Segundo lugar, realizaron ensayos de mecánica de suelo en laboratorio, obtuvieron tres secciones. Sección 1-1, perforación 1(base), peso específico, fue de 24.53 kN/m³, ángulo de fricción, fue de 33.26°, cohesión, fue de 37.10 kPa. Perforación 2 (corona), peso específico, fue de 21.62 kN/m³, ángulo de fricción, fue de 31.78°, cohesión, fue de 23.52 kPa, con una pendiente de 52.24%, el tipo de suelo encontrado es SC (Suelo arena arcillosa) y dibujaron las tres secciones. En tercer lugar, la aplicación del software Geo Slope para el modelamiento con el método de equilibrio límite, bajo el análisis de bishop simplificado. Se obtuvieron factores de seguridad de la sección 1-1, fue de (0.92), sección 2-2, fue de (0.959) y sección 3-3, fue de (1.083).

Por tanto, llegaron a la conclusión para las dos primeras secciones, inestables ya que son menores a la unidad y la tercera sección es estable.

La investigación mencionada anteriormente, tiene semejanza con la presente investigación que planteo. Cómo son, la determinación de los factores geotécnicos y topográficos, desde la exploración al lugar, los ensayos de mecánica de suelos en laboratorio y culminando con la aplicación del software Geo Slope educativo V-8.15, pero en diferente contexto y aplicando el método de equilibrio límite, bajo el análisis de Morgenstern-Price.



2.1.2. Antecedente Nacional

Antecedente N°03

Según Sanchez (2014), en su investigación menciona el deslizamiento de una ladera ocasionado por las precipitaciones pluviales. Se pretendía construir una losa deportiva en la base de la ladera que era a cargo de una Entidad Pública. La investigadora plantea el uso de la aplicación del software Geo Slope para el análisis de estabilidad de taludes en la ladera de la Institución Educativa La Libertad, departamento La Libertad. Perú, aplicando el método de equilibrio limite, bajo el análisis de Morgenstern-Price.

La solución que plantea la investigadora en primer lugar fue, el levantamiento topográfico de la ladera afectada y obtuvo 7 secciones para así obtener los planos respectivos.

La investigadora eligió a juicio crítico un punto para la excavación de la calicata al medio de la ladera afectada, de distancia horizontal total de 60 m y altura de 11.5 m, obtuvo muestras de suelo que fueron llevados al laboratorio y obtuvo el tipo de material GP (grava mal gradada con arena), peso específico, fue de 18.60 kN/m³, ángulo de fricción, fue de 29.32°, cohesión, fue de 6.86 kPa y las pendientes para las secciones fueron (tramo km 0+30 a tramo km 0+80) de (45 % - 75%).

El modelado y análisis de estabilidad de taludes con el software, le permitieron el ingreso de los datos recolectados y mencionados anteriormente y obtuvo los siguientes factores de seguridad. Sección 1-1. (Tramo km 0+0.30), fue de 0.537. Sección 2-2. (Tramo km 0+0.40), fue de 0.621. Sección 3-3. (Tramo km 0+0.50), fue de 0.573. Sección 4-4. (Tramo km 0+0.60), fue de 0.554. Sección 5-5. (Tramo km 0+0.70), fue de 0.887. Sección 6-6. (Tramo km 0+0.80), fue de 1.111. Sección 7-7. (Tramo km 0+0.90), fue de 1.310.



Por lo tanto, en conclusión, para las primeras cinco secciones obtuvo que el factor de seguridad es inferior a la unidad, determinando su inestabilidad. Para las dos secciones siguientes se obtienen factores de seguridad superiores a la unidad, determinando su estabilidad. En el capítulo de recomendaciones menciona que se construya banquetas en la ladera de estudio, con el fin de darle más estabilidad e incrementar los factores de seguridad.

La tesis de investigación anterior, tiene significancia con la presente tesis que planteo, como es la determinación de los factores geotécnicos que forman parte del estudio de la ladera, estos datos fueron obtenidos mediante la recolección de datos en campo y ensayos en laboratorio de suelos con el fin de obtener los factores de seguridad, mediante la aplicación del software Geo Slope educativo V-8.15.

2.1.3. Antecedentes locales

Antecedente N°04

Según Bustamante y García (2018), en su investigación mencionan el deslizamiento del talud inferior y junto con ello la carpeta de rodadura en la carretera Cusco - Abancay en el sector de la quebrada de Sipaspucyo, que fue originado por la presión vehicular y la infiltración de agua en sus estratos del suelo.

La solución que plantearon fue, realizaron un previo estudio de cómo se encontraba la zona a investigar, determinaron el tipo de suelo mediante los ensayos en laboratorio método SUCS, calicata N°01, CL-ML (arcilla limosa y tipo grava con arena), calicata N°02, CL-ML (arcilla limosa y tipo grava con arena), y calicata N°03, ML (Limo y tipo grava con arena), los factores geotécnicos fueron obtenidos mediante el ensayo de corte directo, calicata N°01 peso específico, fue de 2.43 tn/m³, ángulo de fricción, fue de 43.00° y cohesión, fue de 18.50 kPa, calicata N°02 peso específico, fue de 2.33 tn/m³, ángulo de fricción, fue de 36.80° y cohesión,



fue de 18.20, calicata N°03 peso específico, fue de 2.37 tn/m³, ángulo de fricción, fue de 38.80° y cohesión, fue de 18.70 kPa y así sucesivamente para las 6 calicatas. Los estudios de infiltración y la topografía con pendientes del perfil A (47.85%), perfil B (46.94%) y perfil C (39.03%), trabajaron bajo condiciones estáticas. Estos parámetros sirvieron como datos para el ingreso a la hoja de cálculo (Excel) y estimar los factores de seguridad, con el método de equilibrio límite, bajo el análisis de bichop simplificado. Los factores de seguridad obtenidos son. Perfil Longitudinal A, fue de (1.05), Perfil Longitudinal B, fue de (1.28) y Perfil Longitudinal C, fue de (1.41).

En conclusión, estos valores son inferiores a 1.5 (condición estática), por tanto, se determina su inestabilidad. según la normativa peruana MVCS, C E.020 (2012). Los investigadores plantean la construcción de un muro de sostenimiento (gaviones), con el fin de incrementar los factores de seguridad.

La tesis de investigación mencionada anteriormente, tiene semejanza con la presente investigación que planteo, como es la determinación de los factores geotécnicos, topográficos, que influyen en la obtención y análisis de los factores de seguridad de la ladera.

Antecedente N°05

Según Huallpa (2019), en su investigación menciona el deslizamiento de la ladera en la quebrada de Qolcohuayco por el año 2012, urbanización Santa Rosa, distrito de San Sebastián departamento Cusco, que puso en peligro a los habitantes de la parte baja de la zona. Fue iniciado por la intervención de la mano del hombre al pie de la ladera y seguido por la presencia de lluvias en temporadas, ocasionando riesgos a la población aledaña, el cual identifico los factores geotécnicos y topográficos.



Para ello plantea como solución lo siguiente. Identifico los factores geotécnicos que obtuvo luego de realizar el ensayo de SPT, prospección N°01 y prospección N°02, y los ensayos de mecánica de suelos en laboratorio.

Figura 2

Registro con datos de la prospección N° 01

Prospeccion N°01								
Estrato	Espesor (m)	Clasificacio n SUCS	Condicion normal			Condicion saturado		
			Peso especifico seco	Angulo de friccion (°)	Cohesion kpa	Peso especifico saturado	Angulo de friccion (°)	Cohesion kpa
E - 1	1.5	ML	1.35	28	12.9	1.811	26	12.9
E - 2	2.8	SM	1.52	31	10.5	2.077	31	11.1
E - 3	1.2	ML	1.37	29	14.1	1.824		
E - 4	1.5	CL	1.75	7	14.1	2.25	26.16	12.1
E - 5	1.5	SM	1.51	31	11.7	2.063		
E - 6	2.1	ML	1.37	29	14.1	1.821		
E - 7	1.5	CL	1.75	7	14.1	2.25		
E - 8	1.2	ML	1.37	29	14.1	1.821		

Figura 3

Registro con los datos de la prospección N° 02

Prospeccion N°02								
Estrato	Espesor (m)	Clasificacio n SUCS	Condicion normal			Condicion saturado		
			Peso especifico seco	Angulo de friccion (°)	Cohesion kpa	Peso especifico saturado	Angulo de friccion (°)	Cohesion kpa
E - 1	1.2	ML	1.35	13	28	1.849	12	26
E - 2	2.1	SM	1.53	11.2	31	2.13	1.1	31
E - 3	0.9	ML	1.38	14.1	29	1.865		
E - 4	1.5	CL	1.75	14.1	7	2.293	12.1	26
E - 5	2.7	SM	1.51	14.1	31	2.106		
E - 6	1.5	ML	1.37	11.1	29	1.859		
E - 7	1.2	CL	1.75	14.2	7	2.293		
E - 8	1.8	ML	1.37	14.1	29	1.86		



La recolección de datos topográficos para trazar los dos perfiles, Perfil Longitudinal 1-1 y Perfil Longitudinal 2-2, fue con la finalidad de estimar los factores de seguridad con el método de equilibrio límite, bajo el análisis de Morgenstern-Price y con la aplicación del software educativo Slide V-5.0.

Obtuvo factores de seguridad, en condición normal, método de Morgenstern- Price. Perfil longitudinal 1-1, fue de (1.40), Perfil Longitudinal 2-2, fue de (1.33). Condición saturada método de Morgenstern-Price. Perfil longitudinal 1-1, fue de (1.39), Perfil longitudinal 2-2, fue de (1.28).

En conclusión, los valores obtenidos están por encima de la unidad, por lo tanto, se determina su estabilidad. El investigador recomienda la construcción de banquetas y cunetas de coronación para una mejor estabilidad de la zona afectada.

La investigación desarrollada anteriormente, tiene semejanza con la presente investigación que planteo, cabe mencionar la determinación de los factores geotécnicos y topográficos que influyen en la obtención y análisis de los factores de seguridad.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Ladera o talud

Según Pinto (2015), “ladera es aquella superficie con pendiente con respecto a la horizontal teniendo esa posición de forma permanente o temporal y que está contenida sobre una estructura de roca y/o suelo”.

Figura 4

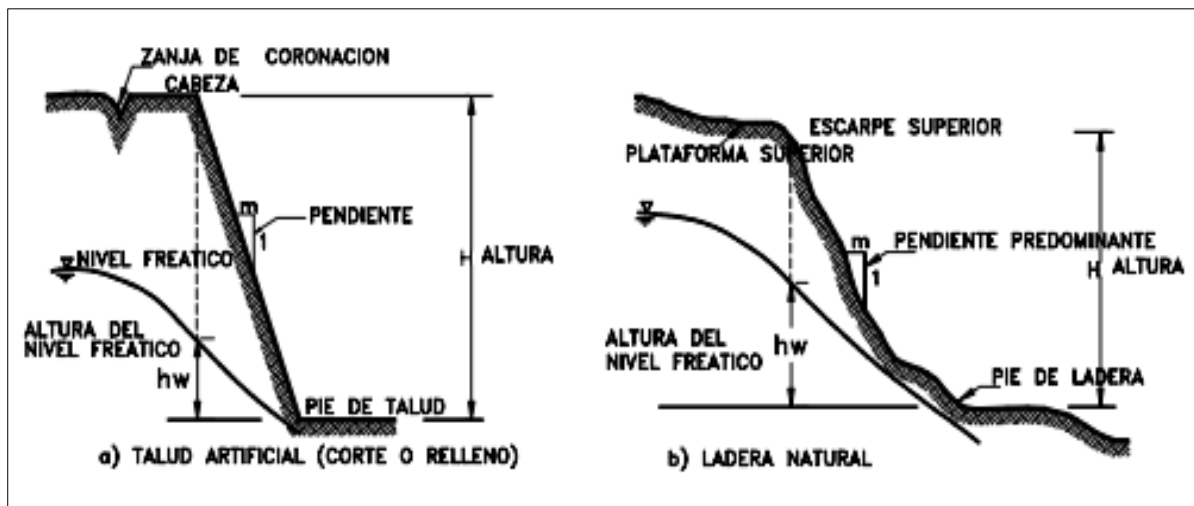
Deslizamiento de masa de tierra



2.2.1.1. Partes de una ladera y/o talud.

Figura 5

Nomenclatura para laderas y taludes



Nota: Suarez Días (1998)

Cabeza. Parte superior del talud donde ocurre los cambios bruscos de la pendiente.

Pie de ladera. Parte inferior del talud donde se inicia la pendiente y va hacia la parte superior del talud.

Altura. Es la longitud vertical que va entre el pie y la cabeza del talud.



Altura de nivel freático. Longitud vertical que va entre la cabeza del talud hacia el nivel del agua existente.

Pendiente. Longitud inclinada de la superficie del talud, se llega a medir en porcentajes.

2.2.1.2. Tipos de taludes.

Según Das (2013), los tipos de taludes son:

Naturales. Son aquellos formados por la naturaleza que va a través de la historia geológica.

Artificiales. Son aquellos donde interviene la mano del hombre y se empiezan a construir en carreteras, represas ferrocarriles, etc.

2.2.2. Deslizamiento

Según Suarez Días (1998), “son deslizamientos superficiales que forman un fenómeno de inestabilidad que afecta primordialmente a las capas superficiales de espesor mínimo.”

Por lo general se producen por factores naturales, como las precipitaciones de lluvias que ingresa al interior (estratos) de la ladera y son estos factores que desestabilizan las masas de tierra.

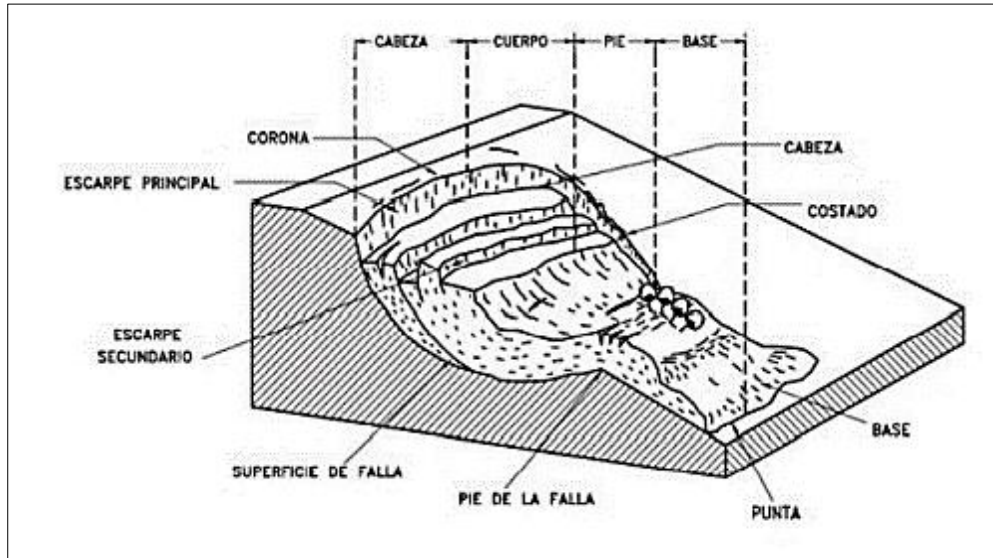
Los deslizamientos llegan a ser procesos naturales que causan la desestabilización de masas de tierra y también se dan por efecto de excavaciones (intervención antrópica).

2.2.2.1. Partes de un deslizamiento.

Se observa en la figura N°6.

Figura 6

Nomenclatura de un deslizamiento



Nota: Suarez Días (1998)

Según Suarez Días (1998), la descripción es el siguiente:

Escarpe principal. Se origina por el desprendimiento del material hacia afuera del terreno.

Escarpe secundario. Se da por las diferencias que se exhiben en el movimiento de tierra.

Superficie de la falla. Correspondiente al volumen de material desplazado y delimitado por debajo de la misma área de falla.

Pie de la falla. Es la intersección entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie natural del terreno.

Punta. Es el punto más lejano donde se desplaza la base.

Base. Es el espacio cubierto por el material desplazado que va debajo del pie de la falla.

Corona. Zona no afectada por el desplazamiento de masa de tierra en la cabeza del talud.

Cabeza. Parte superior de la masa de tierra desplazado.

Costado. Perfil lateral del material desplazado.

Cuerpo. Zona que comprende entre el escarpe principal y la falla del pie.

2.2.2.2. Deslizamiento rotacional.

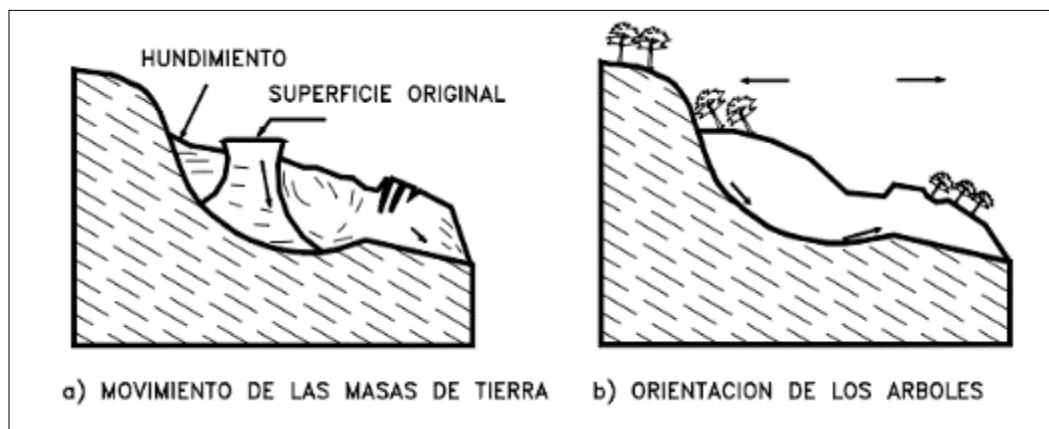
Según Barroso y Sáenz (2017), se caracteriza por ser una superficie de deslizamiento interno, que puede tener la forma circular o forma cóncava. El movimiento de masa es rotacional que va entre su eje de forma paralela al talud y con dirección a su deslizamiento.

Este tipo de deslizamiento se describe como una de las causas que se da por la disminución del ángulo de fricción o rozamiento y la baja cohesión del material suelo.

“En lugares tropicales este tipo de deslizamiento es común, ya que notoriamente presenta una curva no circular, cabe destacar, en zonas de meteorización profunda y en rellenos de altura predominan algunas superficies de falla que pueden asemejarse a círculos.” (Suarez Dias, 1998)

Figura 7

Deslizamiento rotacional



Nota: (Suarez Dias, 1998)

2.2.2.3. Deslizamiento traslacional

Según Suarez Días (1998), se da cuando su movimiento de masas de desplaza hacia adelante, que va en dirección a la superficie de falla sea con pendiente fuerte o moderadas, no

hay notoriedad de volteo en su masa deslizante, se origina por una ruptura o quiebre en la estructura interna del suelo.

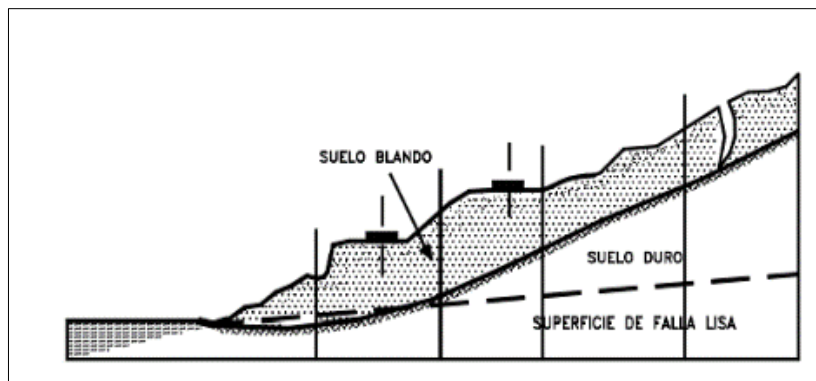
Existen diversos programas de modelamiento para aplicar a un determinado deslizamiento, sea rotacional o traslacional.

La masa de suelo cuando se desplaza traslacionalmente llega a romperse la estructura del suelo en un punto de quiebre y esto con la saturación (presencia de lluvia) llega a volverse un flujo deslizante.

La ladera de estudio tiene esta característica y el principal indicador de ruptura de la estructura del suelo es la precipitación pluvial.

Figura 8

Deslizamiento traslacional



Nota: (Suarez Dias, 1998)

2.2.3. *Propiedades físicas de los suelos*

2.2.3.1. **Contenido de humedad del suelo.**

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC-E-108 (2016), “la humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación expresada como porcentaje del peso de agua en una masa dada de suelo respecto al peso de las partículas sólidas”.



2.2.3.2. Peso específico del suelo

Según Botia (2016), es la relación existente que va entre el peso total de la masa de suelo (W_t) y su volumen total de la masa de suelo (V_t).

El peso específico húmedo del suelo para gravas se obtiene a través de operaciones matemáticas, y para suelos finos el ensayo de gravedad específica además de ello guarda relación con su peso/volumen e influye de manera directa a la estabilidad e inestabilidad de la ladera.

2.2.3.3. Relación de vacíos

Según Juárez y Rico (2005), viene a ser la relación entre el volumen de los vacíos y el volumen de los sólidos del suelo y se expresa de la siguiente manera.

$$e(\%) = \frac{V_v}{V_s} \quad (1)$$

Donde:

$e(\%)$ = Relación de vacíos

V_v = Volumen de los vacíos

V_s = Volumen de los sólidos

En la Ec. (1) se menciona la relación de los dos parámetros de cálculo

2.2.3.4. Grado de saturación (%)

Según Juárez y Rico (2005) Viene a ser la relación entre el volumen del agua y el volumen de los vacíos y se expresa de la siguiente manera.



$$G_w(\%) = \frac{V_w}{V_v} \quad (2)$$

Donde:

G_w (%) = Grado de saturación

V_w = Volumen del agua

V_v = Volumen de los vacíos

En la Ec. (2) se menciona la relación de los dos parámetros de cálculo

2.2.4. Propiedades mecánicas de los suelos.

2.2.4.1. Angulo de fricción

Según Suarez Días (1998), “es un parámetro geotécnico matemático que representa el ángulo del coeficiente de rozamiento de la muestra de suelo.”

Se obtiene mediante una recta lineal, método de mínimos cuadrados que viene de unir puntos de esfuerzos normales y esfuerzos cortantes máximos, el cual al procesar nos da una ecuación con un valor de la pendiente y su cohesión para luego realizar la operación matemática sacándole el arco tangente a la pendiente y de esta forma se obtiene el ángulo de rozamiento.

Arco tang (θ) = Coeficiente de Rozamiento.

Parámetros importantes para su representación:

- Es el tipo de suelo que los constituye.
- Tamaño de los granos. A mayor tamaño tenga la partícula de suelo, mayor será el ϕ .
- Forma de los granos, mientras sean partículas angulosas aumenta el valor de ϕ .
- La gradación de suelos es importante, el ángulo de fricción ϕ es mayor en suelos uniformes.



- Hay disminución del ángulo de fricción cuando existe un aumento de carga en los esfuerzos normales.
- El ángulo de fricción disminuye cuando se satura parcialmente sus estratos de los suelos.

2.2.4.1.1. Cohesión.

Según Suarez Días (1998), “viene a ser la cementación y/o adherencia de las partículas gruesas a finas a mayor cohesión tenga el material (suelo), mayor será su resistencia al esfuerzo cortante”.

El valor numérico de cohesión puede tener un resultado de cero, eso ocurre cuando solo exista suelo granular sin cementación y se les denomina suelos no cohesivos.

2.2.5. Número de puntos de investigación

Ministerio de vivienda construcción y saneamiento (MVCS, (2006), “para excavaciones, extracciones y toma de muestras de suelo se menciona en la tabla N°2 y está con respecto al tipo de edificación y el área de superficie a ocupar por este”.

Tabla 2

Número de puntos de investigación

Tipo de suelo	Número de puntos de investigación
A	1 cada 225 m ²
B	1 cada 450 m ²
C	1 cada 800 m ²

Urbanizaciones para viviendas, 3 por cada Ha de terreno habilitado. Unifamiliar es de hasta 3 pisos

Nota: MVCS (2006)



Tabla 3

Determinación del número de calicatas para la obtención del ángulo de fricción, cohesión y peso específico

Número de puntos para la excavación, extracción y toma de muestras de suelo					
Calicata		Muestra	Angulo de fricción	Cohesión	Peso específico
C-n, N°01		M-01, 02, 03	AF-01	C-01	PE-01
C-n, N°02		M-01, 02, 04	AF-02	C-02	PE-02
C-n, N°03		M-01, 02, 03	AF-03	C-03	PE-03

Nota: Elaboración propia

2.2.6. Muestreo de suelos y rocas

MTC-E-101 (2016)

Objetivo.

En la investigación el muestreo de suelo se debe de realizar en base a procedimientos que deben de cumplir con la respectiva norma.

Finalidad.

Muestreo de los suelos mediante un procedimiento para obtener las propiedades mecánicas, peso específico, gradación y su resistencia al corte, etc.

Equipos, materiales e insumos

Herramientas manuales. Son picos, palas, barretas y otras herramientas necesarias para realizar una excavación a cielo abierto, se realiza a profundidades de menos de 3.00 m,

Muestra.

Extraer muestras de suelo suficiente por calicata.



Las muestras provenientes de las calicatas se identifican con nombres dentro de las bolsas herméticas para mantener su humedad natural y luego llevarlos al laboratorio para sus respectivos ensayos.

2.2.7. Obtención de muestras de suelo en laboratorio (cuarteo)

MTC-E-105 (2016)

Objetivo.

Es establecer un procedimiento que sea necesario para determinar diferentes ensayos.

Finalidad.

El procedimiento ayuda a obtener muestras homogéneas de suelos necesarios para ensayar.

Equipos.

- Lona o plástico con una dimensión de 2 x 2.5 m
- Pala. herramientas manuales, cuchara metálica para mezclar el material.
- Varilla metálica o madera, separar el material.

Muestra.

- Las muestras de suelo obtenidos, se transportan cuidadosamente hasta llegar al laboratorio para sus respectivos ensayos y no se debe de realizar el secado del material al aire libre.

Método B. cuartero manual.

- La muestra de suelo obtenido en campo, se coloca sobre una lona o plástico extendido para que no se pierda nada de material, tampoco ingrese otros materiales ajenos.
- Con una pala se realiza el mezclado y formando una pila varias veces, esta operación se repite hasta que el material sea homogéneo.



- Enseguida con la pala se aplana y extiende el material suelo presionando verticalmente, luego se divide el material diametralmente en cuatro partes utilizando una varilla metálica o madera y una escobilla para limpiar. Se selecciona la muestra homogénea(uniforme) para un ensayo determinado y los restantes se mezclan nuevamente y se inició otra vez con el procedimiento anterior.
- El material seleccionado por su homogeneidad, se coloca sobre un recipiente de aluminio para realizar el respectivo ensayo requerido.

2.2.8. Métodos de ensayos

La tesis de investigación requirió de ensayos de laboratorio y se trabajó en función al manual de ensayo de materiales (EM) 2016, aprobado con resolución directoral N°18-2016-MTC / 2016 en Lima- Perú.

2.2.8.1. Método de ensayo de contenido de humedad.

MTC-E-108 (2016)

El objetivo.

Es determinar el contenido de humedad de un suelo aplicando el respectivo método de ensayo.

Definiciones

El contenido de humedad de un suelo, es la relación que se expresa como porcentaje del peso de agua en una masa dada de suelo al peso de las partículas sólidas secas.

Para determinar el peso de agua eliminada se sigue un procedimiento, es secando el suelo húmedo hasta conseguir un peso constante en un horno controlado a 110 ± 5 °C.

Equipos y materiales

Equipos:



Horno de secado. Horno de secado termostáticamente controlado, capaz de mantener una temperatura de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Balanza. De capacidad conveniente y con las siguientes aproximaciones:

- De 0,01 g para muestras de menos de 200 g.
- De 0,1 g para muestras de más de 200 g.

Materiales de trabajo a usar.

Recipientes. - Recipientes apropiados fabricados de material resistente a la corrosión, y al cambio de peso cuando es sometido a enfriamiento o calentamiento continuo, exposición a materiales de pH variable y a limpieza.

Nota. Los recipientes y sus tapas deben ser herméticos a fin de evitar pérdida de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para prevenir la absorción de humedad de la atmósfera después del secado y antes de la pesada final.

Muestras.

La preservación de las muestras de suelo y su transporte son almacenados en bolsas herméticas, cerrados a la temperatura de 3° a 30° , con el fin de conservar su humedad natural, tener un peso aproximado de 1500 gr a 2000 gr.

Espécimen del ensayo

El espécimen de muestras debe ser para tres contenidos de humedad y luego se obtiene un promedio de las tres muestras.

Procedimiento

- Se determina y registra la masa de un recipiente limpio, seco y la muestra de suelo.
- Se coloca la muestra de suelo húmedo para el ensayo en el recipiente y luego se coloca la tapa asegurando su posición.



- Se pesa el recipiente con el material suelo (húmedo) utilizando una balanza, para registrar este valor.
- Se ingresa al horno eléctrico para su secado respectivo a una temperatura de $110^{\circ} \pm 5$ °C en un tiempo de 12 a 18 horas.
- Terminado el secado en el horno eléctrico se retira el recipiente con la muestra de suelo, se hace el pesaje en la balanza y así obtener el peso de las muestras de suelo seco.

Cálculos:

$$W\% = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad (3)$$

La Ec. (3) muestra el cálculo del contenido de humedad.

Donde:

W_w = Peso del agua

W_s = Peso del suelo

$W\%$ = Contenido de humedad,

Referencia normativa

- Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales. ASTM D 2216.

2.2.8.2. Análisis granulométrico por tamizado.

MTC-E-107 (2016)

Objetivo



Es determinar por medio de una serie de tamices de abertura cuadrada la distribución de partículas de agregados grueso y fino en una muestra lavada y seca de peso conocido.

Equipos y materiales

Equipos

- **Balanza.** Balanza de precisión que tiene las siguientes características:
 - Para agregado fino, con aproximación de 0,1 g y sensibilidad a 0,1% del peso de la muestra que va a ser ensayada.
 - Para agregado grueso, con aproximación a 0,5 g y exactitud a 0,1% del peso de la muestra a ser ensayada.
- **Estufa y/o horno eléctrico.** De tamaño adecuado y capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Materiales

- **Tamices.** Los tamices son seleccionados de acuerdo con las especificaciones del material que va a ser ensayado.

Muestra

- Se obtiene una muestra de suelo con peso aproximado de 1500 gr a 2000 gr por calicata.
- Luego de la extracción y toma de muestras de suelo, se sigue con el cuarteo método B, para obtener muestras homogéneas sin que estas pierdan mucha humedad natural, se mezcla homogéneamente sin que pierda finos, tomar la muestra uniforme y colocarlo en un recipiente para ser secado en el horno eléctrico por un tiempo de 18 a 24 horas.

Procedimiento de ensayo.

Luego del secado de la muestra de suelo a una temperatura de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$.



- Se retira del horno la muestra de suelo secado y pesarlo. Pasamos a lavar la muestra de suelo en la malla N° 200, con el fin de retirar la materia orgánica de los suelos secados y nuevamente llevar al horno eléctrico por un tiempo de 18 a 24 horas para secarlo.
- Se seleccionan los tamices a utilizar uniformemente cumpliéndose con la normativa, se ordena de menor a mayor, se coloca la muestra de suelo al primer tamiz superior. Se realiza el tamizado manualmente por un tiempo estimado asesorado por el especialista.
- Terminando de tamizar se toma el primer tamiz para retirar la muestra de suelo retenido y pesarlo, enseguida los siguientes tamices se retiraron cuidadosamente para verter la muestra retenida y pesarlo en la balanza.
- Al terminar de pesar todas las muestras retenidas en los tamices, se suma para tener un segundo peso total y coincidir con el peso original, se hace la corrección de pesos.

Cálculos efectuados.

Retención de muestra de suelo en el tamiz 4,760 mm (N°4):

- Se calcula el porcentaje pasante 4,760 mm (N°4), posterior se divide el peso retenido entre el peso total original y lo multiplicamos por 100.
- Se comprueba que el material del tamiz de 9,52 mm (3/8") se suma al peso total del suelo que pasa del tamiz de 6.30 mm (1/4") y así a los tamices inferiores.
- Se continua con el mismo procedimiento para los demás tamices
- Se determina el porcentaje total de la muestra que pasa el tamiz, se hace la división entre el peso que pasa y el peso total de la muestra, luego se multiplica el resultado por 100.



Retención de muestra de suelo en el tamiz 0.08 mm (N°200)

$$\% \text{Pasa corregido (N}^\circ 200) = \frac{\text{Peso total} - \text{Peso corregido en el tamiz N}^\circ 200}{\text{Peso total corregido}} \times 100 \quad (4)$$

- En la Ec. (4) realiza el cálculo para determinar el porcentaje del material suelo que pasa el tamiz de 0,074 mm (N °200).

$$\% \text{ Re tenido} = \frac{\text{Peso retenido por tamiz}}{\text{Peso total corregido}} \times 100 \quad (5)$$

- Con la Ec. (5) se obtiene el porcentaje de los retenidos.

$$\% \text{ Pasante} = 100\% - \text{Retenido acumulado}\% \quad (6)$$

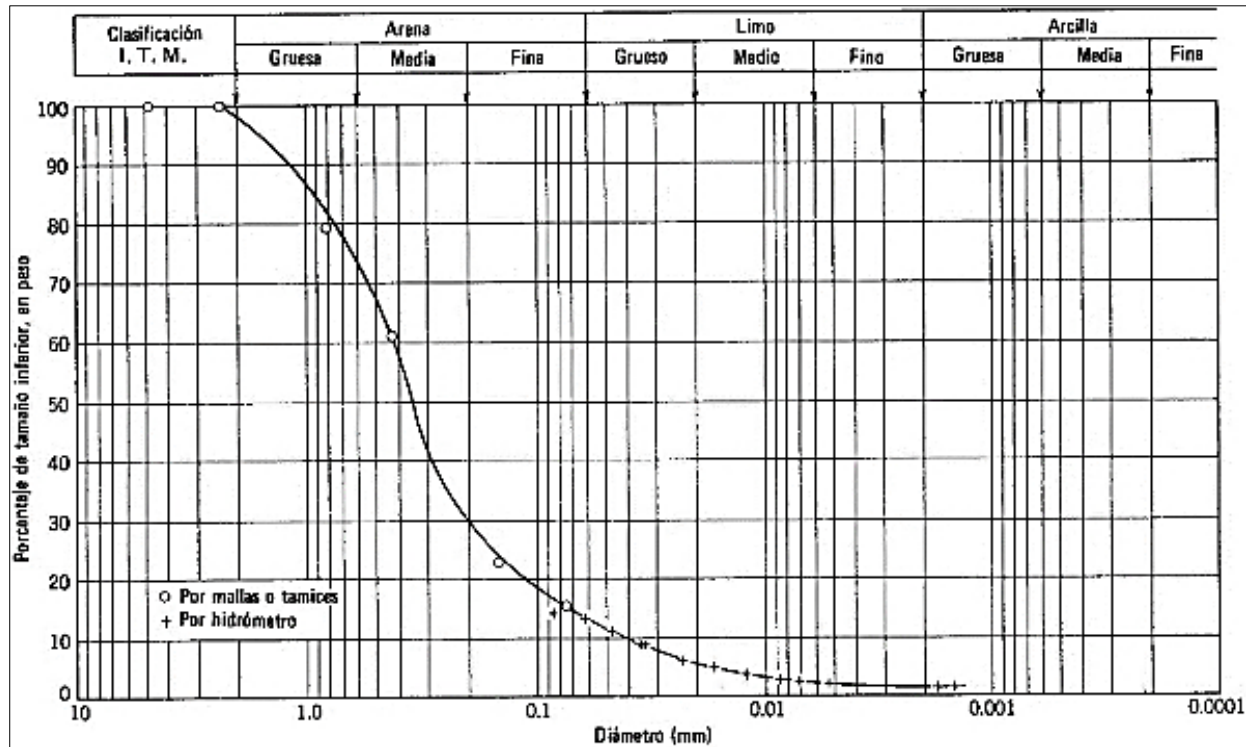
- Con la Ec. (6) se obtiene los porcentajes pasantes, restamos el pasante de 100% menos el acumulado retenido.

Referencia normativa del ensayo descrito.

- Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales. ASTM D 422.
- Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes. AASHTO T 88.

Figura 9

Representación de la curva granulométrica



Nota: Juárez y Rico (2005)

A. Coeficientes de uniformidad de las partículas de suelo

Según Bowles (1981), es un indicador representativo de la uniformidad de las partículas. C_u , La uniformidad de las partículas de suelo tiene como parámetros a los diámetros D_{60} y D_{10} (efectivo).

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (7)$$



Con la Ec. (7) se obtiene el coeficiente de uniformidad, el diámetro D₆₀ es la representación del tamaño del 60% pasante de su pesaje de la muestra y el tamaño D₁₀ (diámetro efectivo), es la representación del tamaño del 10% pasante de su pesaje.

Los suelos con $C_u < 3$, son más uniformes que las partículas con $C_u < 2$.

B. Coeficiente de concavidad de las partículas de suelo

Según Juárez y Rico (2005), “es la representación de la concavidad de la partícula de suelo y está dado por los diámetros pasantes D₆₀, D₃₀ y D₁₀(diámetro efectivo).”

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60}D_{10}} \quad (8)$$

Con la Ec. (8) se obtiene el coeficiente de concavidad. En suelos gradados se muestran valores de concavidad del 1 a 3.

2.2.8.3. Determinación del Limite Líquido de los Suelos.

MVCS (1999)

Objetivo.

- Es determinar el porcentaje de humedad del límite líquido mediante el número de golpes.

Equipos, materiales e insumos

Equipos

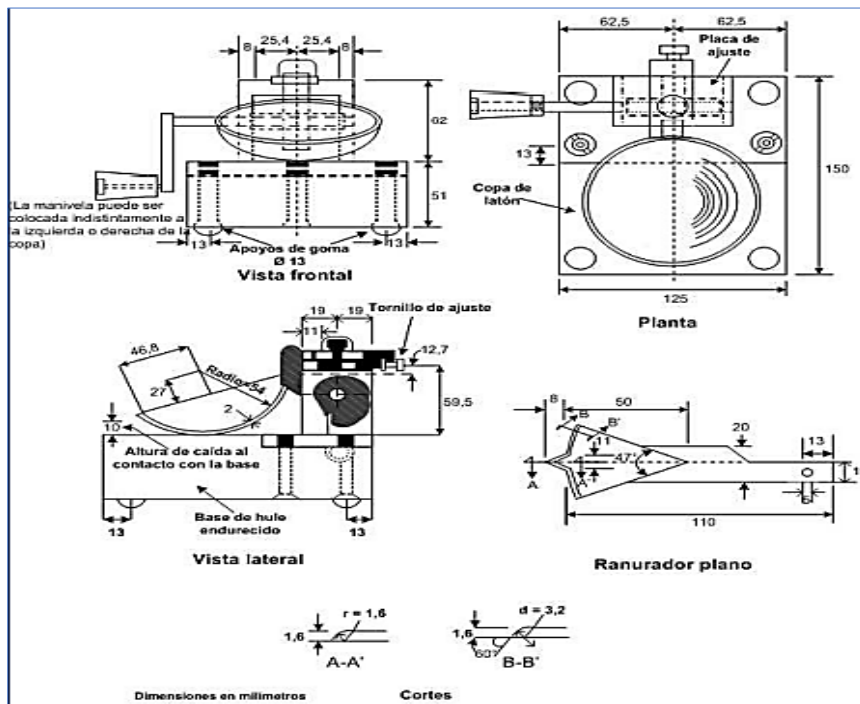
- **Recipiente para almacenaje.** Una vasija de porcelana de 115 mm (4 ½”) de diámetro aproximadamente.

- **Aparato del límite líquido (Copa Casagrande).**

- ✓ De operación mecánica, la Copa de Casagrande mecánica está constituido por una copa de bronce diseñado para realizar el ensayo específico, sus dimensiones son estandarizadas según normativas y programado para realizar el número de golpes solicitados.

Figura 10

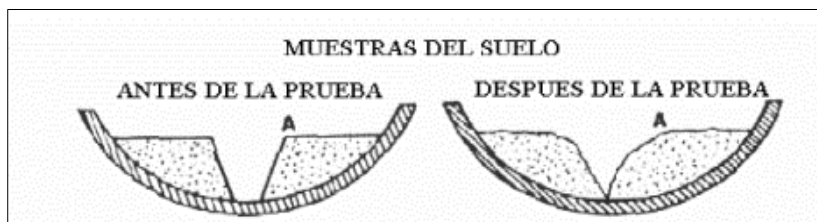
Aparato manual para límite líquido



Fuente: MTC-E-110 (2016)

Figura 11

Muestras del suelo



Fuente: MTC-E-110 (2016)



- **Ranurador plano.** Es conforme a las dimensiones críticas indicadas en la figura N°10.
- **Calibrador.** – Este accesorio forma parte del equipo de Casagrande cumple con las dimensiones establecidas anteriormente según la figura con un espesor de 2” aproximadamente.
- **Recipientes metálicos.** Que no cambie a la corrosión o su calentamiento.
- **Las tapas.** Son herméticas con el fin de que no se pierda su humedad antes de su pesaje inicial y final.
- **Balanza.** Con sensibilidad de 0,01 g.
- **Estufa y/o horno eléctrico.** Tiene la función de controlar la temperatura de la muestra para que esta no se pase del secado que es de $110^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$.

Materiales a usar en el ensayo

- **Espátula.** - Cuya dimensión es de longitud (75 a 100 mm) y de ancho aprox 20 mm.

Insumos

- **Pureza del agua.** - Sugerible emplear agua destilada o agua potable.

Muestra

- Se determina una porción suficiente de la muestra total para proporcionar en un aprox 150 g a 200 g de material pasante del tamiz $425\ \mu\text{m}$ (N.º 40).

Procedimiento

- Coloque la muestra de suelo en una vasija de porcelana y mézclese completamente con 15 a 20 ml de agua destilada, agitándola, amasándola y tajándola con una espátula en forma alternada y repetida.
- Añadir más agua en incrementos de 1 a 3 ml. mezcle completamente en cada incremento de agua con el suelo como se ha mencionado previamente, antes de cualquier nueva adición.



- Una vez mezclada el suelo con suficiente agua y tenga una consistencia, se coloca una porción de pasta a la Copa de Casagrande con la ayuda de una espátula. Se enciende el equipo ya programado, dos golpes por segundo hasta que se cierre sobre la cazuela de bronce.
- Se nivela con la espátula la pasta con el fin de excluir el aire generado y al mismo tiempo emparejar hasta conseguir una profundidad de 1 cm.
- Se usa el ranurador con el fin de realizar el surco sobre la pasta en la Copa de Casagrande.
- Se inicia el golpeo programado, hasta conseguir que se cierre la ranura
- Se retira una tajada de suelo del ancho de la espátula en ángulo recto con la ranura, y se coloca en un recipiente adecuado, pesar y anotar. Colocar el espécimen en el horno a $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ} \text{F}$) durante 16 a 24 horas aproximadamente.
- Se registra los pesos secos de cada recipiente.
- La pasta sobrante se transfiere de la taza de bronce a la capsula de porcelana y se lava para luego armar uno nuevo para un próximo ensayo.
- Se repite el proceso hasta obtener cuatro muestras.

Cálculos

$$W\% = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad (9)$$

- Con la Ec. (9) se obtiene el porcentaje de contenido de humedad del suelo,
- Calcule el porcentaje de humedad, con aproximación a un entero.



- Ingrese los datos obtenidos de las muestras ensayadas para luego utilizar una hoja de cálculo donde se puedan obtener los porcentajes de contenido de humedad con sus respectivos números de golpes.
- Genere la curva de fluidez con los respectivos puntos y luego se obtiene el porcentaje de contenido de humedad.

Referencia normativa.

- Ministerio de transportes y comunicaciones. MTC. 2016
- Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes. AASHTO T 89.
- Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales. ASTM D 4318

2.2.8.4. Determinación del Limite plástico e índice de plasticidad.

MVCS (1999)

Objetivo

Es determinar el límite plástico de un suelo y el índice de plasticidad (I.P.), previo cálculo del límite líquido (L.L.) del suelo mismo.

Equipos, materiales e insumos

Equipos

- **Espátula.** Cuya dimensión es de longitud (75 a 100 mm) y de ancho aprox 20 mm.
- **Recipiente de aluminio.** Para su almacenaje, de medida 115 mm (4 ½”) de diámetro.
- **Balanza.** Con sensibilidad de 0,01 g.
- **Estufa y/o horno eléctrico.** Controlable a temperatura constante de $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$.
- **Tamiz.** De diámetro de abertura, medida 0.40 mm (N° 40).
- **Agua potable.** (sugerible).
- Recipientes en buen estado para la estimación de su humedad.



- Superficie lisa o un material de vidrio esmerilado.

Preparación de la muestra

- La muestra de suelo se obtiene del límite líquido restante (sugerible).
- La pasta de suelo es húmeda, esta con el fin de que no se pegue en las yemas de los dedos al realizar los cilindros esféricos.
- Sugerencia, si el ensayo se realiza después del ensayo de límite líquido, entonces se le añade agua controlada.

Procedimiento

- Se tamiza el material (suelo) por la malla N° 40 hasta obtener 250 gramos aproximadamente.
- En un recipiente se agrega agua a la muestra hasta que esté en un estado plástico.
- Tomamos la muestra en la mano, realizamos los cilindros cuidadosamente sin que este se quiebre con la yema de la mano.
- Se llega a un diámetro de 3.2 mm, sin que este se quiebre.
- Se obtiene un aproximado de 6 a 7 gramos, previo peso del recipiente vacío y con muestra húmeda.
- Luego de ello se lleva al horno para que seque a una temperatura de $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$, durante 16 a 24 horas aproximadamente.
- Se registra los pesos secos de cada recipiente.
- Este proceso se continuo hasta obtener 3 muestras.

Cálculos

$$\% Lp = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad (10)$$



- Con la Ec. (10) se obtiene el porcentaje de límite líquido de los suelos.

2.2.8.5. Cálculo de Índice de Plasticidad.

MVCS (1999)

Viene a ser la diferencia entre el porcentaje de límite líquido y el porcentaje del límite plástico.

$$IP = Ll - Lp \quad (11)$$

Con la Ec. (11) se obtiene el índice de plasticidad del suelo

Donde:

L.L. = Límite Líquido

L.P. = Límite Plástico

I.P. = Índice de Plasticidad

- En el caso que el índice de plasticidad no se llega a estimarse, entonces procede a desestimarse como no plástico (NP).
- Por otra parte, si el límite plástico resulta ser igual o mayor que el límite líquido, entonces el índice de plasticidad también se informará como NP (no plástico).

Referencias normativas.

- ✓ Ministerio de transportes y comunicaciones. MTC-E, 2016.
- ✓ Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes. AASHTO T 90.
- ✓ Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales. ASTM D 4318.



2.2.8.6. Clasificación de los suelos.

Según Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual INDECOPI (1999), la inestabilidad de un talud es un problema y se resuelve empleando soluciones de ingeniería que son referido a suelos, empezando se debe conocer y utilizar pruebas sencillas para tener ciertas características propias del suelo, con el objetivo de realizar la clasificación de suelos y de esta manera nombrar a que grupo pertenece (tipo de suelo).

Para la investigación planteada se trabajó con el (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS), las partículas de suelo son clasificados según su tamaño granulométrico, solicitados por la ingeniería de suelo y bajo la normativa técnica peruana NTP 339.129 - 1999.

Pasos preliminares para su clasificación.

- Un suelo es gravoso, si más del 50 % es retenido en la malla N°200 (75 μm).
- Un suelo es fino, si más del 50 %, pasa la malla N°200 (75 μm).



Tabla 4

Clasificación de suelo método (SUCS)

Identificación de las partículas de suelo		Símbolo del grupo	Nombres típicos	Criterios de clasificación en el laboratorio						
Suelo de grano grueso. Mas de la mitad del material es retenido por el tamiz N°200	Gravas más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz N°4	Gravas limpias (con pocos finos o sin ellos)	Amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con pocos finos	<p>Determine los porcentajes de grava y arena a partir de la curva granulométrica según el porcentaje de finos (fracción que pasa por el tamiz N° 200, los suelos gruesos se clasifican como se muestran</p> <p>Menos del 5 % Mas del 12 % Pasante entre el 5 % y 12 %</p>	<p>Cu= D60/D10 Cu > 4 No se cumple con los requisitos de granulometría para GW y GP</p> <p>Cc= D30xD30/D60 x D10 va entre 1 < Cc < 3</p>			
			Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños con ausencia de algunos tamaños intermedios	GP	Gravas mal graduadas, mezclas de arena y grava con pocos finos o sin ellos			<p>Para el caso donde se requiera de símbolos con doble denominación estos son los pasantes de la malla N°200 (GW-GC, GP-GM, GC-GM, SW-SC, SP-SM, SC-SM)</p> <p>Límite de atterberg por debajo de la línea A o Ip < 4</p> <p>Límite de atterberg sobre la línea A o Ip >7</p>		
			Fracción fina no plástica (para la identificación ver el grupo ML más abajo)	GM	Gravas limosas, mezcla mal graduadas de gravas, arena y fino					
	Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	Gravas limpias (con pocos finos o sin ellas)	Finos plásticos (para la identificación ver el grupo CL más abajo)	GC	Gravas arcillosas, mezclas mal graduadas de grava, arena y arcilla				<p>Por encima de la línea A, con 4 < Ip < 7, son casos donde se requiere de doble simbología</p>	
			Amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava con pocos finos o sin ellos					
			Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños con ausencia de algunos tamaños intermedios	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava con pocos finos o sin ellos					
	Arenas más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz N°4	Arenas con finos (cantidades apreciables de finos)	Arenas limpias (con pocos finos o sin ellas)	Finos no plásticos (para identificación ver el grupo ML más abajo)	SM					Arenas limosas, mezclas de arena y limo mal graduados
				Finos plásticos (para la identificación ver el grupo CL más abajo)	SC					Arenas arcillosas, mezclas mal graduadas y arenas y arcillas
				Limos y arcillas con límite líquido < 50	ML					



Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillas con ligera plasticidad

CL

Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas

OL

Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad

Limos y arcillas con límite líquido > 50

MH

Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o con diatomeas, suelos limosos

CH

Arcillas inorgánicas de plasticidad elevada, arcillas grasas

OH

Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta

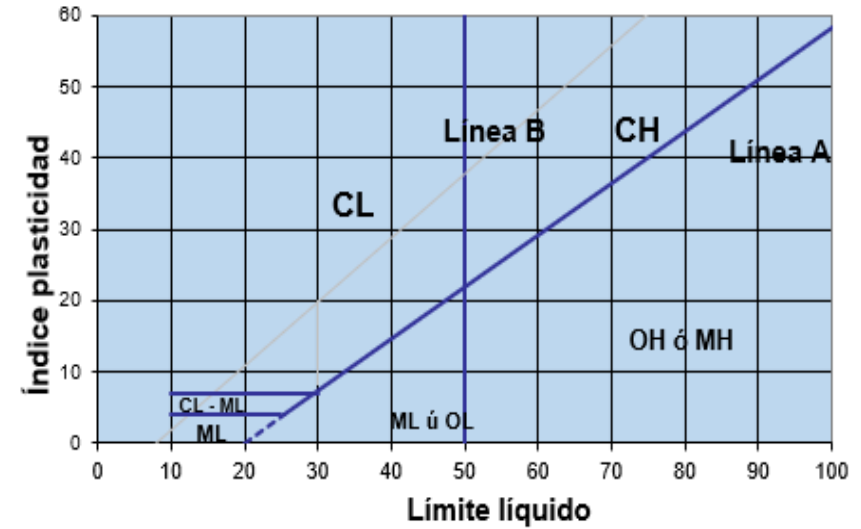
Suelos altamente orgánicos

Fácilmente identificables por color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por si textura fibrosa

Pt

Turba y otros suelos altamente orgánicos

Ábaco de Casagrande





2.2.8.7. Corte Directo.

Según MVCS (1999)

Objetivo

Es determinar un procedimiento para el cálculo de la resistencia al esfuerzo cortante en muestras de suelo no consolidada y no drenada.

Definición.

Es aplicar una fuerza vertical y horizontal a la mitad de la caja de corte y medir sus desplazamientos horizontales como verticales y así poder determinar los gráficos de esfuerzo vs desplazamiento.

Preparación de muestras de suelos para el ensayo de corte directo:

Según MTC (2016)

- Se obtienen muestras de suelo uniforme mediante el cuarteo, método B (cuarteo manual)
- Se coloca las muestras de suelo uniformes en un recipiente de aluminio.

Equipos y materiales para el ensayo

Según MVCS (1999)

Equipos:

- **Deformímetro.** Es un dispositivo de carga que debe cumplir con lo siguiente:

Medir el esfuerzo vertical proporcionado por el equipo de corte sobre la muestra de suelo

- **Piedras porosas de la caja de corte.**

Es de un material resistente carburo silicio o de algún material que se corroe por la presencia de materias orgánicas como químicos en el suelo.



Aplicación de la fuerza de corte.

- Se enciende el equipo de corte directo digital al igual que la compresora para llenarlo de aire durante 10 minutos.
- El equipo de corte directo digital mediante un dispositivo de deformaciones tiene la capacidad para cortar la muestra a una velocidad de desplazamiento uniforme estimado en el laboratorio y permite el ajuste de la velocidad de desplazamiento dentro de un rango más o menos amplio.
- Se ingresan los datos a un software denominado (GEODAS) que tiene el laboratorio y es parte del equipo de corte directo, como las dimensiones de la muestra de suelo, la velocidad de carga y la fuerza de aplicación vertical, mediante el uso de una computadora.
- Balanza con una sensibilidad de 0,1 gramos.
- Recipientes para el preparado y pesaje de la muestra de suelo a moldear.
- Equipo para el moldeo, caja de corte (cuadrado) para muestras alteradas.
- Se incluye en el preparado de la muestra de suelo, espátula, cuchillos,

Preparación de la Muestra

- El transporte y la preservación de muestras de suelo se debe hacer con mucho cuidado y manteniendo su humedad natural, cumpliendo las normativas de ensayo de materiales.
- Tener las muestras de suelo suficientes un aproximado de 3.00 a 5.00 kg para obtener 03 puntos para el ensayo de corte directo.
- Tamizar por la malla N°100 la muestra de suelo a ensayar.

Nota. Se debe tener un ambiente con una humedad óptima para este ensayo.

- Se realiza el pesaje de las muestras de suelo en tres etapas, los pesos deben estar en los rangos de 145 gr a 160 gr por capa, con el fin de mantener la altura de la caja de corte.



- El accesorio utilizado es el pistón de compactación es de un material metálico, con el fin de moldear el material suelo.
- El contenido de humedad de la muestra de suelo se obtuvo previo ensayo del contenido de humedad.
- Las dimensiones de la caja de corte fueron de 10 cm de lado (cuadrado) y con un espesor de 2.4 cm.

Calibración.

- El equipo de corte directo digital trabaja de la siguiente forma:
- Este equipo funciona con la ayuda de una compresora, se enciende el equipo de corte y se llena de aire el deformímetro por un tiempo de 10 minutos.
- Se hace unos ajustes en el equipo para la colocación de la caja de corte,
- Se enciende la computadora y se ingresan los datos mencionados al software denominado (GEODAS).

Procedimiento

- Se ensambla la caja de corte para la colocación de la muestra de suelo.
- Se impermeabiliza con grasa, con el fin lograr el desmoldeo al culminar en el ensayo
- Se coloca la piedra porosa en la base, encima un papel filtro con dimensiones de la caja de corte.
- Se coloca la muestra de suelo pesada en tres capas, culminado se colocó la piedra porosa y ultimo el papel filtro con las dimensiones de la caja.

Ejecución del ensayo:

- Se coloca su tapa sobre la caja de corte



- Se introduce la caja de corte al equipo de corte directo digital con mucho cuidado.
- Se realiza unos ajustes al equipo, como la colocación de los tornillos para sujetar la caja de corte.
- Se ingresa los datos de las dimensiones de la caja de corte, la velocidad de carga, el valor de la carga aplicada a la muestra al software (GEODAS) en la computadora.
- la velocidad de aplicación de la carga hasta que falla es de 0.0533 mm/min
- Se inicia con el proceso del consolidado (presión de carga vertical) con una carga inicial en la primera muestra de 10 lb y una carga final de 40 lb en la última muestra de ensayo.
- El primer incremento dependerá de la resistencia y de la sensibilidad del suelo. En general, esta fuerza no debe ser tan grande que haga fluir el material constitutivo de la muestra por fuera del dispositivo de corte.
- Durante el proceso de la consolidación se registra en la computadora los valores de carga vertical.
- Culminado la consolidación vertical, se detiene el equipo, se retira el perno de ajuste de la caja de corte, para iniciar con la fuerza horizontal.
- Se representa gráficamente las lecturas del desplazamiento horizontal versus el esfuerzo cortante originados por el programa (GEODAS).
- Cortada la muestra a la mitad se retiran los perno y marcos de la caja de corte separándolos aproximadamente 0,25mm (0,01") para permitir el corte de la muestra.
- Culminado el ensayo, los datos se registran en el software (GEODAS) en la computadora, esfuerzo cortante y desplazamiento horizontal.

Cálculos realizados durante el ensayo

- Humedad de la muestra antes del ensayo



- Dimensiones de la caja de corte
- Control de pesos específicos natural después de la compactación de los moldes de suelo
- Registro de los esfuerzos de corte de cada muestra ensayada.
- Registro de los desplazamientos horizontales de cada muestra ensayada.
- Diagrama de esfuerzo cortante y desplazamiento horizontal
- Diagrama de esfuerzos cortante y esfuerzo normal con el fin de determinar la ecuación de la recta lineal, por lo tanto, se determina el ángulo de fricción y cohesión del suelo.

Referencias Normativas

- Ministerio de transportes y comunicaciones. MTC-E, 2016
- Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales. ASTM D 3080.

2.2.9. Topografía

Según Espartel (1980), “viene a ser aquella superficie o área donde se tienen dimensiones de longitud, distancia, cotas, pendientes y estos parámetros que son obtenidos por un equipo topográfico”.

El estudio de la topografía tiene como finalidad la identificación de puntos representados en coordenadas y permite elaborar el plano topográfico de una zona de trabajo.

2.2.9.1. La topografía se compone de dos elementos.

La altimetría. Representa la expresión gráfica de las diferencias de altura de un terreno.

La planimetría. Representa la expresión gráfica de una superficie plana con diferentes alturas.



Parámetros de la topografía.

- **La elevación.** Viene a ser aquella altitud que tiene diferentes puntos en un terreno y su representación es mediante las curvas de nivel.
- **La orientación.** Viene a ser aquel ángulo medido desde el meridiano norte o sur.
- **La pendiente.** Viene a ser aquel ángulo que forma entre un plano horizontal con un plano tangencial en una superficie de terreno.
- **El relieve.** Vienen a ser las elevaciones que tiene una superficie con diferentes niveles.

2.2.9.2. Levantamiento topográfico

Según Maccormar (2003), “viene a ser la representación gráfica de un conjunto de datos recolectados de las mediciones realizadas en una zona de trabajo para convertirlos en mapas, planos y otras representaciones”.

Las curvas de nivel son una representación del nivel de altura de puntos que son establecidos mediante líneas trazadas y que estas se visualizan en un plano topográfico.

El levantamiento topográfico está compuesto de dos pasos.

En primer lugar, es hacer un chequeo a la zona de trabajo y posterior realizar el levantamiento con el equipo de estación total y este nos brinde los datos necesarios y en segundo lugar, se descarga los datos del equipo y se procesa en gabinete con el fin de obtener los puntos topográficos del área de trabajo y representarlos en planos.

Pautas para levantar una zona de trabajo

- Exploración de la zona de trabajo y contar con una estrategia de trabajo.
- Levantamiento en la zona de trabajo (recolección de datos).
- Gabinete (procesamiento de datos).



2.2.9.3. Levantamiento con equipo estación total.

Según Franquet y Querol (2010), viene a ser un conjunto de operaciones realizadas sobre el terreno con los instrumentos adecuados para poder construir una correcta expresión gráfica o plano. Este plano se obtiene para situar adecuadamente cualquier trabajo que se desee realizar a cabo, así como para presentar en cualquier proyecto técnico.

Cuando se desea conocer la posición de puntos en una zona de interés, es necesario presentar la ubicación con tres coordenadas como son latitud, longitud y elevación o cota. Para ejecutar el levantamiento topográfico se requirió del equipo estación total y sus accesorios.

Equipo topográfico para un levantamiento en la zona de estudio:

- La estación total.
- Prisma porta prisma
- La wincha o cinta métrica metálica.
- Estacas para la colocación de los vértices en la zona afectada

2.2.10. Precipitación pluvial

Según Villon (2002), la precipitación pluvial es en conjunto una forma de humedad que se origina a partir de las nubes cargadas de vapor y por reacción química este llega a la superficie del suelo por gravedad. Se destaca desde un punto de vista de la hidrología, el agua es una fuente primordial que cubre necesidades. Por consiguiente, nos permite realizar mediciones y análisis de estudios vinculados con la energía del agua.

2.2.10.1. Medición de la precipitación pluvial.

Según Villon (2002), la precipitación pluvial se mide en términos de altura y se expresa normalmente en milímetros. Esta altura de agua nos indica que se acumula en una superficie horizontal si la precipitación permaneciera donde cayó.



Hay aparatos de medición que se colocan a la intemperie como un recipiente cilíndrico abierto, en el cual recoge el agua producto de la lluvia u otro tipo de precipitación, registrando su altura.

Para el trabajo de investigación, la recolección de datos de precipitación pluvial se obtuvo de los registros tomados de las estaciones meteorológicas en la ciudad del Cusco.

2.2.10.2. Diseño de precipitación pluvial.

La recolección de datos de precipitación pluvial se obtuvo de las:

- Estación Meteorológica Agrícola Principal MAP Granja Kayra - Senamhi
- Estación Meteorológica Luis Olazo Olivera. Perayoc. (UNSAAC).

2.2.11. Permeabilidad del suelo

Según Angelone *et al.* (2006), viene a ser una característica del material suelo y tiene la capacidad de ser permeable o impermeables según el tipo de suelo encontrado en la zona, ya sea con presencia de poros o vacíos en los suelos de tal forma que se involucra a las arcillas a un más compactas.

La estructura del suelo en particular muestra poros o vacíos y este al saturarse se llenan con agua, produciéndose como bolsones de agua, esto ocurre en su mayoría en suelos arcillosos.

El estrato de los suelos por lo general es afectado por flujo de agua que viaja a través de ellos, manteniendo su humedad natural.

2.2.11.1. Coeficiente de Permeabilidad.

Según Angelone *et al.* (2006), viene a ser la capacidad de un material (suelo) de transportar agua con sus propiedades establecidas. También define como la porción de agua que viaja a través de sus poros y se representa por el coeficiente de permeabilidad.



Para la investigación el coeficiente de permeabilidad del suelo se obtuvo con el ensayo de permeabilidad método Lefranc (insitu) con nivel constante.

Figura 12

Coeficientes de permeabilidad "k" en cm/seg.

	100	10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸
Drenaje	Bueno						Pobre		Prácticamente impermeable		
Tipo de suelo	Grava limpia	Arenas limpias y mezclas limpias de arena y grava			Arenas muy finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena, limo y arcilla, morenas glaciares, depósitos de arcilla estratificada				Suelos "impermeables", es decir, arcillas homogéneas situadas por debajo de la zona de descomposición		
				Suelos "impermeables", modificados por la vegetación o la descomposición. ^a							
Determinación directa de k	Ensayo directo del suelo "in situ" por ensayos de bombeo. Se requiere mucha experiencia, pero bien realizados son bastante exactos.										
	Permeámetro de carga hidráulica constante. No se requiere mayor experiencia.										
Determinación indirecta de k		Permeámetro de carga hidráulica decreciente. No se requiere mayor experiencia y se obtienen buenos resultados		Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados dudosos. Se requiere mucha experiencia.			Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados de regular a bueno. Se requiere mucha experiencia.				
	Por cálculo, partiendo de la curva granulométrica. Sólo aplicable en el caso de arenas y gravas limpias sin cohesión.						Cálculos basados en los ensayos de consolidación. Resultados buenos. Se necesita mucha experiencia				

Nota: Angelone *et al.* (2006)

Los ensayos de permeabilidad con nivel constante se realizan para suelos de alta permeabilidad como suelos gravosos, arenas mezcladas con limos, etc.

Figura 13

Rango de permeabilidad hidráulica para varios suelos

Tipo de suelo	Permeabilidad hidráulica, k (cm/s)
Grava media a gruesa	Mayor que 10 ⁻¹
Arena gruesa a fina	10 ⁻¹ a 10 ⁻³
Arena fina, arena limosa	10 ⁻³ a 10 ⁻⁵
Limo, limo arcilloso, arcilla limosa	10 ⁻⁴ a 10 ⁻⁶
Arcillas	10 ⁻⁷ o menor

Nota: Das (2013)



Figura 14

Coefficientes de permeabilidad de los suelos

K= cm/s	10²	10¹	10⁰	10⁻¹	10⁻²	10⁻³	10⁻⁴	10⁻⁵	10⁻⁶	10⁻⁷	10⁻⁸	10⁻⁹
Drenaje	Muy Bueno a bueno						Malo		Impermeable			
Capa sello	No apto							Poco apto		Apto		
Suelo	Grava y grava arenosa				Arena limosa			Limoso		Arcilloso		

Nota: Márquez (1987)

Figura 15

Grado de permeabilidad de los suelos

Denominación	K en cm/seg
Muy alta	$<10^{-2}$
Alta	$10^{-2} - 10^{-4}$
Moderada	$10^{-4} - 10^{-5}$
Baja	$10^{-5} - 10^{-7}$
Muy baja	$10^{-7} - 10^{-9}$
Impermeable	$>10^{-9}$

Nota: Martínez (1990)

2.2.11.2. Ensayo de Lefranc.

Según Sánchez San Román (2011), “este tipo de pruebas consiste en una técnica sumamente sencilla y de bajo presupuesto. Es utilizado en la Geotecnia para suelos permeables y semipermeables”.

Para la ejecución de este tipo de ensayo utiliza el método de carga constante y se define a continuación.

2.2.11.2.1. Método de carga con nivel constante

Según Sánchez San Román (2011), para este tipo de ensayo con nivel o carga constante, se efectúa en suelos cuyas estimaciones de permeabilidad son altas, como pueden ser las gravas y arenas mezcladas con grava, donde es dificultoso la extracción de material para los ensayos de laboratorio.



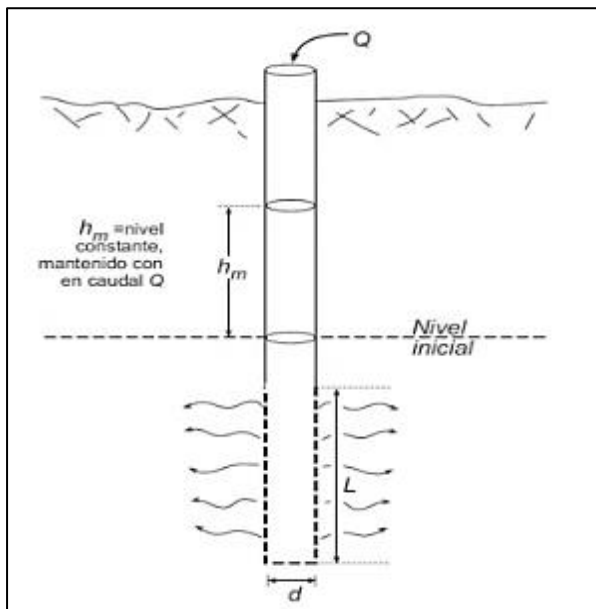
Este ensayo de nivel con carga constante se empieza con la saturación del suelo, hasta que el aire en los vacíos sea expulsado totalmente y de esta forma obtener una permeabilidad más uniforme en el suelo, el agua que ingresa se mide para tener un registro de datos, se incluye un caudal estimado de agua vertido a la tubería en un tiempo controlado por cada etapa de descenso y realizar el registro de datos.

Consideraciones a tomar en cuenta para el ensayo presente.

- Profundidad de la excavación bajo la superficie.
- Longitud de la excavación en la zona estudiada.
- Longitud de la altura descendida (h_m).
- Diámetro de la perforación, por debajo del nivel inicial

Figura 16

Ensayo de Lefranc con nivel de carga constante



Nota: Sánchez San Román (2011)



Calculo

$$K = \frac{Q}{C \times hm} \quad (12)$$

Con la Ec. (12) se obtiene el coeficiente de permeabilidad del suelo.

Donde:

K= Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)

Q= Caudal inyectado (lt/mint)

hm= Altura de agua promedio que desciende dentro del tubo enterrado, por encima del nivel de inicio (cribado).

$$C = \frac{2\pi L}{\ln\left(\frac{2L}{d}\right)} \quad (13)$$

Con la Ec. (13) se obtiene el factor de forma C, para posterior calcular el coeficiente de permeabilidad del suelo en la Ec. (12).

Donde:

C= Factor de forma

L=Longitud de descenso permeable

d= Diámetro de la tubería cribada



2.2.12. Método de cálculo para determinar y analizar el factor de seguridad de una ladera

2.2.12.1. Método de equilibrio límite.

Según Ardila y Londoña (2015), “está determinado por las leyes de la estática dentro del margen de equilibrio límite de un terreno inestable, no presentan deformaciones en el terreno”.

Se clasifican en dos grupos:

- Métodos exactos.
- Métodos no exactos.

A. Métodos exactos

La solución exacta a los problemas es usando las leyes de la estática y se dan solo en taludes de geometría singular, por ejemplo, de rotura planar y de rotura por cuñas.

B. Métodos no exactos

La geometría de la superficie en su mayoría no permite tener una solución exacta del problema, por lo que no es suficiente las leyes de la estática, el problema se vuelve hiperestático y ha de hacerse alguna hipótesis inicialmente que permita su resolución.

“El cálculo de las dovelas verticales se obtiene por separado y son perpendiculares a la zona de falla. El método de las dovelas se estudia bajo el criterio de métodos aproximados y precisos” (Das, 2013).

Métodos aproximados de cálculo de estabilidad

Según Ardila y Londoña (2015), “son aquellos métodos que no cumplen con las ecuaciones de la estática. Se pueden describir a los métodos de análisis de Fellenius, Bishop simplificado y Janbu simplificado”.



Métodos precisos o completos de cálculo de estabilidad

Estos métodos de cálculo cumplen con las ecuaciones de la estática y se mencionan a continuación:

Métodos de análisis de Spencer, Morgenstern-Price y Bishop riguroso. En la investigación se trabajó con el método de análisis de Morgenstern-Price.

a. Método de análisis de Morgenstern-Price

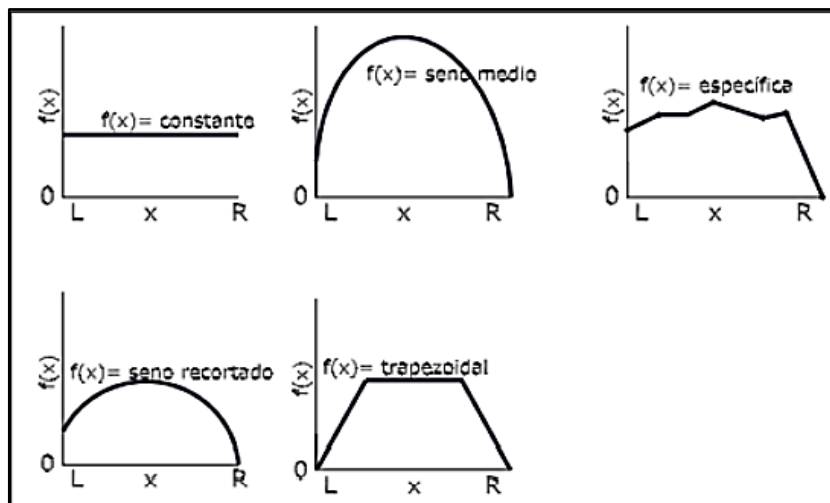
Es el método de análisis que se aplicó para la obtención de los factores de seguridad de la ladera de estudio.

Según Suarez Días (1998), “este método de cálculo es el más completo, según el autor del método, menciona y plantea en su investigación una función $f(x)$ que se relaciona con las fuerzas verticales y horizontales sobre las dovelas y puede ser considerado una función constante u otro tipo de función al hacer el análisis.

Las fuerzas sobre las dovelas se determinan en base a esta función, eso hace que este método de análisis sea el más completo y riguroso que otros métodos de análisis de estabilidad.

Figura 17

Funciones utilizadas con el método de análisis de Morgenstern-Price



Nota: Herrera (2003)



2.2.12.2. Factor de seguridad.

Según Hernández Bartolo (2014), el factor de seguridad (FS), se entiende que es importante para el diseño de taludes y define al factor de seguridad como la relación entre las condiciones reales que presenta un talud y las condiciones que podrían ocurrir en una falla.

Además, se puede llegar a tener un factor de seguridad de grado de incertidumbre por lo general de baja calidad durante una investigación *ínsitu* y más cuando el diseñador cuenta con poca experiencia y como también puede influir en la elección de un factor de seguridad (FS) alto.

El factor de seguridad se elige de acuerdo a los requerimientos y la experiencia del diseñador y también por el método de equilibrio límite de fuerzas actuantes y momentos actuantes.

Según Ludeñas (2014), “es la relación del coeficiente de rozamiento del talud actual y el coeficiente de rozamiento del talud requerido, con el fin de mantener el talud estable”.

2.2.13. Metodología del software Geo Slope educativo V-8.15 para la obtención del factor de seguridad

Metodología.

Según Sanhueza y Rodríguez (2013), “el desarrollo del software Geo Slope V-8.15, fue elaborado por la empresa Geo Slope Internacional de la familia de Geo estudio y se da su aplicación en el cálculo del factor de seguridad y la estabilidad de taludes”.

Método de equilibrio límite

El software trabaja bajo el método de equilibrio límite, analiza el equilibrio de una masa susceptible a la falla y su metodología se basa en el cálculo de los factores de seguridad que existen a lo largo de una superficie de falla.



El método de las dovelas o rebanadas, permite que la geometría de la superficie de falla aborde en dos dimensiones el problema. El primero en una sección representativa del talud, se le divide verticalmente en dovelas o rebanadas del mismo tamaño y el segundo se analiza individualmente cada dovela o rebanada.

El software Geo Slope realiza el análisis de estabilidad de taludes bajo las leyes de la estática e hiperestática y dentro del margen del método de equilibrio límite de un terreno inestable y no analiza bajo deformaciones del suelo.

El software Geo Slope modela con varios métodos de análisis de estabilidad de taludes. Para la investigación se trabajó con el método de análisis de Morgenstern-Price.

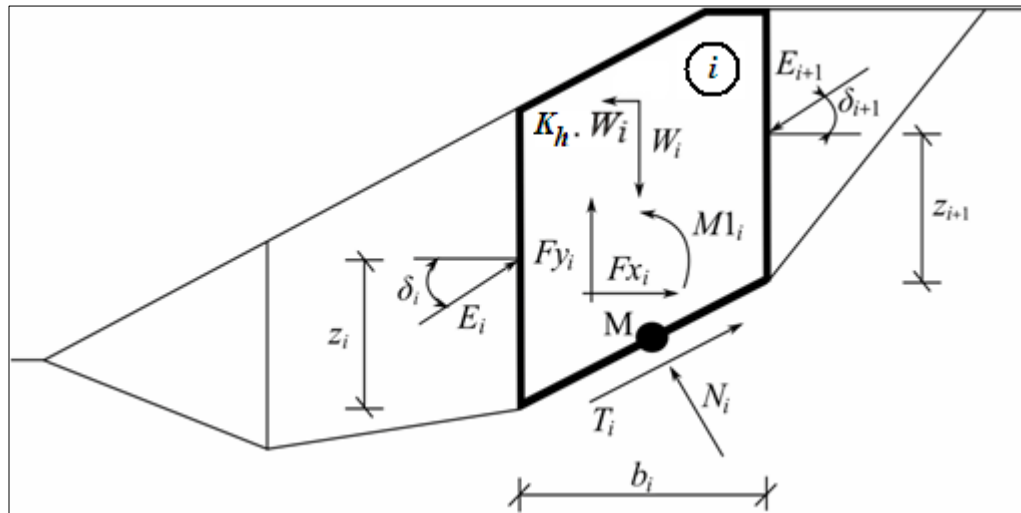
Este método de cálculo es el más completo, según el autor, menciona y plantea en su investigación una función $f(x)$ que se relaciona con las fuerzas verticales y fuerzas horizontales sobre las dovelas.

Las fuerzas ejercidas sobre las dovelas se determinan en base a esta función, eso hace que este método de análisis sea el más completo y riguroso que otros métodos de análisis de estabilidad. El software de análisis Geo Slope educativo V-8.15, modela con un tipo de material para suelos, utiliza el criterio de rotura modelo matemático de Mohr-Coulomb.

En el modelado con de software de análisis, para las condiciones parcialmente saturado y saturado se adiciona una línea piezométrica a menos un metro y a nivel cero sobre la superficie de falla para cada sección generada.

Figura 18

Expresión gráfica de los parámetros de la ecuación de Morgenstern-Price



Fuente: Hernández Bartolo (2014)

Se muestra en la figura N°18, un corte de la superficie de falla donde se detalla las características que tiene una dovela y son lo siguiente:

- ✓ Z_i, Z_{i+1} = Alturas de la dovela ejercidas (inicio y final)
- ✓ b_i = Ancho de la dovela (1m)
- ✓ X = Fuerza cortante en la dirección del deslizamiento
- ✓ E_i, E_{i+1} = Fuerza lateral ejercido por los bloques vecinos
- ✓ λ = Parámetro de iteración (landa)
- ✓ δ = Angulo de inclinacion de la dovela (delta)
- ✓ α = Angulo de inclinación de la base de la dovela con respecto a la horizontal
- ✓ θ = Angulo de fricción del material
- ✓ C_i = Cohesión del material
- ✓ W_i = Peso de la rebanada (bloque)
- ✓ U = Fuerza de la presión del agua en la base



- ✓ K_h = Fuerza sísmica aplicada (opcional)
- ✓ N_i =Fuerza normal en la dirección al deslizamiento
- ✓ T_i = Fuerza de corte en dirección al deslizamiento
- ✓ F_{xi} , F_{yi} = Fuerzas horizontales y verticales que actúan sobre el bloque
- ✓ M_i = Momento del bloque que actúa en F_{xi} , F_{yi} y que rota alrededor del punto M_{1i} (centro de la superficie de deslizamiento).

Se muestra a continuación las ecuaciones de Morgenstern-Price.

$$N_i = N'_i + U_i \quad (14)$$

La Ec. (14) menciona la relación entre el valor de la tensión efectiva y la tensión total de la fuerza normal actuando en la superficie de deslizamiento.

$$T_i = (N_i + U_i) \times \tan\theta_i + \frac{b}{\cos\alpha_i} = N_i \times \tan\theta_i + C_i \times \frac{b}{\cos\alpha_i} \quad (15)$$

La Ec. (15) menciona el modelo de rotura de Mohr-Coulomb que representa la relación entre la fuerza normal y la fuerza de corte en un segmento dado de la superficie de deslizamiento (N_i a T_i).

$$N'_i = U_i - W_i \times \cos\alpha_i + K_h \times W_i \times \sin\alpha_i + F_{yi} \times \cos\alpha_i - F_{xi} \times \sin\alpha_i + E_{(i+1)} \times \sin(\alpha_i - \partial_{i+1}) - E_i \times \sin(\alpha_i - \partial_i) = 0 \quad (16)$$



La Ec. (16) menciona la tensión efectiva de la ecuación de equilibrio en la dirección normal del segmento y en la superficie de deslizamiento.

$$N_i' x \frac{\tan \theta_i}{F_s} + \frac{C_i}{F_s} x \frac{b_i}{\cos \theta_i} - W_i x \sin \alpha_i - K_h x W_i x \cos \alpha_i + F_{y_i} x \sin \alpha_i + F_{x_i} x \cos \alpha_i - E_{i+1} x \cos(\alpha_i - \partial_{i+1}) + E_i x \cos(\alpha_i - \partial_i) = 0 \quad (17)$$

La Ec. (17) menciona la fuerza normal de la ecuación de equilibrio a lo largo del segmento y en la superficie de deslizamiento.

$$E_{i+1} x \cos \partial_{i+1} (Z_{i+q} - \frac{b_i}{2} x \tan \alpha_i) - E_{i+1} x \sin \partial_{i+1} x \frac{b_i}{2} - E_i x \cos \partial_i x (Z_i - \frac{b_i}{2} x \tan \alpha_i) - E_i x \sin \partial_i x \frac{b_i}{2} + M 1_i - K_h x W_i x (y_m y_i) = 0 \quad (18)$$

La Ec. (18) menciona el momento de la ecuación de equilibrio sobre el punto M, modificando las fuerzas de las ecuaciones (16) y (17) se obtiene la siguiente ecuación recursiva.

$$E_{i+1} = \frac{((W_i - F_{y_i}) x \cos \alpha_i - (K_h x W_i - F_{x_i}) x \sin \alpha_i - U_i + E_i x \sin(\alpha_i - \partial_i)) x \frac{\tan \theta_i}{F_s} + \sin(\alpha_i - \partial_{i+1}) x \frac{\tan \theta_i}{F_s} + \cos(\alpha_i - \partial_{i+1})}{\sin(\alpha_i - \partial_{i+1}) x \frac{\tan \theta_i}{F_s} + \cos(\alpha_i - \partial_{i+1})}$$



$$\frac{\frac{C_i}{F_s} x \frac{b_i}{\cos \alpha_i} - (W_i - F_y) x \sin \alpha_i - (K_h x W_i - F x_i) x \cos \alpha_i + E_i x \cos(\alpha_i - \partial_i)}{\sin(\alpha_i - \partial_{i+1}) x \frac{\tan \theta_i}{F_s} + \cos(\alpha_i - \partial_{i+1})} \quad (19)$$

La Ec. (19) permite calcular todas las fuerzas E_i , actuando sobre los bloques para un valor dado de δ_i y el FS. Esta solución asume que en el origen de la superficie de deslizamiento E es conocido y es igual a $E_i = 0$

Adicionalmente la Ec. (19) viene del momento de equilibrio M, de la Ec. (18).

$$Z_{i+1} = \frac{\frac{b_i}{2} x E_{i+1} x (\sin \partial_{i+1} - \cos \partial_{i+1} x \tan \alpha_i) + E_i x (\sin \partial_i - \cos \partial_i x \tan \alpha_i) + \frac{E_i x Z_i x \cos \partial_i - M 1_i + K_h x W_i x (y_m - y_i)}{E_{i+1} x \cos \partial_{i+1}}}{E_{i+1} x \cos \partial_{i+1}} \quad (20)$$

La Ec. (20) permite calcular todos los brazos Z_i de las fuerzas actuando entre los bloques para un valor dado de δ_i conociendo el valor del lado izquierdo en el origen de la superficie de deslizamiento, donde $Z_1 = 0$.

El factor de seguridad FS es obtenido empleado el siguiente proceso de iteración:

- ✓ Los valores iniciales de los ángulos δ_i se determinan según la función de medio seno ($\delta_i = \lambda * f(X)$).



- ✓ El factor de seguridad FS para los valores dados δ_i se deduce de la Ec. (19), asumiendo el valor de $E_{i+1} = 0$ que se ubica en el extremo de la superficie de deslizamiento.
- ✓ El valor de δ_i se obtiene a partir de la Ec. (20) utilizando los valores de E_i determinados en el paso previo con el requisito de tener el momento en el último bloque igual a cero. Los valores funcionales de $f(x)$ son los mismos todo el tiempo durante la iteración, solo se itera el parámetro de λ , la Ec. (20) no provee el valor de Z_{i+1} ya que este es igual a cero. Este valor se satisface con la Ec. (18) de momento de equilibrio.
- ✓ El paso de la Ec. (15) y (16) se repiten hasta que el valor de δ_i (parámetro λ) no cambia.
- ✓ El valor de δ_i para la iteración toma valores de $-\frac{\pi}{2} \text{ a } \frac{\pi}{2}$.
- ✓ Es necesario empezar a iterar con un valor inicial mínimo de factor de seguridad FS (min).

$$\frac{X}{E} = \lambda f(x) \quad (21)$$

La Ec. (21) viene a ser la ecuación final y es con el que trabaja el software de análisis de estabilidad de taludes Geo Slope.



2.3. Marco conceptual (definición de términos básico)

2.3.1. Definición de términos.

Altura. Distancia vertical que va desde una cota inferior a una cota superior y puede estar en m o km.

Análisis paramétrico. Esta comprendido por la utilización de herramientas estadísticas que son utilizados para ejecutar un análisis y para ello se deben de cumplir con algunas consideraciones de tamaño.

Calicata. Son excavaciones realizadas a cielo abierto por la mano del hombre y/o maquinaria ya que son más económicos, con el fin de hacer un reconocimiento geotécnico y ver el perfil estratigráfico.

Coefficiente de permeabilidad. Viene a ser el grado de infiltración del suelo donde se mide el flujo de fluidos durante un ensayo, con el objetivo de estimar qué tan permeable es el suelo.

Confiabilidad de instrumento. Es el grado de medición de un instrumento que produce resultados coherentes y consistentes. A mayor confiabilidad de un instrumento de medición, menor será el error presentado.

Caudal inyectado. Es el gasto proporcionado hacia un instrumento de medición o material, con el objetivo de saber la cantidad de agua ingresada en un determinado tiempo.

Coordenadas UTM. Es un sistema con proyección de mercator de la cartografía y se relaciona con unas cuadrículas que tienen como referencias puntos de la superficie terrestre de la tangente del Ecuador y secante del meridiano.



Coefficiente de rozamiento. También denominado en ingeniería geotécnica ángulo de fricción interna, es aquel parámetro geotécnico que viene de la relación de los esfuerzos normales y cortantes,

Contenido de humedad. La humedad del suelo es la cantidad constante y/o variable de agua que puede tener el suelo.

D10 Diámetro efectivo. Es la pasante del 10 % de material suelo en la malla N°200, este valor numérico representa el diámetro efectivo (D10) del suelo. Con este valor se puede calcular los coeficientes de concavidad y uniformidad.

Equipo de corte directo digital. Es aquel equipo de corte donde no se requiere de pesas para aumentar la carga vertical, este equipo nos proporciona los esfuerzos cortantes y desplazamientos horizontales.

Equipo de estación total. Equipo topográfico digital, tiene la finalidad de registrar puntos como las coordenadas geográficas de la zona a levantar.

Esfuerzo normal. Es aquella fuerza aplicada mediante una carga sobre un área determinada de la muestra de suelo, esta carga ejercida puede ser variable y así obtener esfuerzos normales diferentes.

Estación meteorológica. Es un observatorio donde existen equipo e instrumentos de medición donde se registran datos de presión atmosférica, precipitación, temperatura, humedad, evaporación, tiempo de soleado y nubosidad.

Inestabilidad de ladera. Se origina por un conglomerado de fuerzas externas que sufren un proceso de remoción de sus masas, y que da lugar a la pérdida de su capacidad de autosostenerse y próximo al colapso.



Geo Slope V-8.15. Es un software de análisis de estabilidad de taludes de la familia del Geo Studio. El software permite analizar la estabilidad del talud bajo diferentes modelos, tales como los propuestos por los métodos de análisis como: Fellenius, Bishop, Janbú, Spencer y Morgenstern-Price, entre otros.

Grado de permeabilidad del suelo. Viene a ser la cuantificación numérica del suelo expresado por la letra (K), sus unidades son en m/s o cm/s, cuya denominación del material suelo va desde un grado muy alto(permeables) a bajo(impermeables).

Precipitación pluvial. Es en conjunto una forma de humedad que se origina a partir de las nubes cargadas de vapor y por reacción química llega a la superficie del suelo por gravedad.

Método de equilibrio límite. Es aquel método donde se aplica las leyes de la estática, sumatoria de fuerzas y momentos dentro del margen de equilibrio límite de una zona inestable, no presentan deformaciones en el terreno.

Método de Morgenstern-Price. El autor establece una función $f(x)$, que relaciona las fuerzas verticales y las fuerzas horizontales entre dovelas o rebanadas y lo considera una función seno medio u otra función.

Superficie de falla. Es aquella faja de suelo superficial que se muestra en un análisis donde puede ocurrir un deslizamiento y se encuentre dentro de la ladera.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos. Las técnicas de recolección de datos son en base a la elaboración de formatos como hojas de cálculo y guías de investigación, estas se elaboran de acuerdo a las normativas nacionales e internacionales vigentes.

- **Instrumentos:** Formatos y guías de investigación
- **Técnica:** Recolección de datos



Validez de instrumento. Se refiere al grado de un instrumento que mide realmente la variable que desee medir, su medición es en base a evidencias. A mayor cantidad de evidencias tenga un instrumento de medición, esta se acortará más a representar las variables que se requiere medir.

2.4. Hipótesis de la investigación

2.4.1. Hipótesis general de la investigación

Los factores de seguridad se obtendrán con el método de equilibrio límite y su interpretación se hará con un análisis paramétrico.

2.4.2. Hipótesis específicas de la investigación

Sub hipótesis N.º 01:

Los valores que se obtendrán respecto al peso específico húmedo, ángulo de fricción interna y cohesión del suelo serán superiores a 1.500 tn/m³, 30.00° y 1.000 tn/m² en la ladera de la Asociación de Vivienda el Pedregal.

Sub hipótesis N.º 02:

El caudal obtenido de la precipitación pluvial máxima diaria mensual será requisito en la obtención de los valores de coeficientes de permeabilidad del suelo

Sub hipótesis N.º 03:

La pendiente es el parámetro topográfico que será requisito para el cálculo de los factores de seguridad (FS) de la ladera en la Asociación de Vivienda el Pedregal.

2.5. Variables e indicadores

2.5.1. Identificación de variable

2.5.1.1. Variable dependiente.

- Factor de seguridad



2.5.1.1.1. Indicadores de variable dependiente

- $FS \geq 1.0$: Estable
- $FS < 1$: Inestable

2.5.1.2. Variables independientes.

- Propiedades físicas y mecánicas de los suelos
- Precipitación pluvial
- Permeabilidad
- Topografía

2.5.1.2.1. Indicadores de variables independientes.

- Porcentaje (%)
- Peso (kg)
- Líquido, plástico (%)
- Húmedo y seco (kg/cm³)
- Clasificación de suelos (Adimensional)
- Angulo de fricción interna (°)
- Cohesión (kg/cm²)
- Precipitación (mm)
- Coeficiente de permeabilidad (cm/s)
- Norte, Este (m)
- Cotas (m)
- Porcentajes (%)



2.5.2. Operacionalización de variables

Tabla 5

Operacionalización de variables

DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOTÉCNICOS, HIDROLÓGICOS, TOPOGRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LA LADERA EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA EL PEDREGAL CUSCO - 2021						
TIPO DE VARIABLE	VARIABLE OPERACIONAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	NIVEL	INDICADOR	UNIDAD	INSTRUMENTOS
DEPENDIENTES	Y1: Factor de seguridad	Viene a ser las condiciones reales que presenta una ladera y/o talud respecto a las condiciones que podrían ocurrir en una falla.	Método de equilibrio límite (L.E.M)	<ul style="list-style-type: none"> • FS \geq 1: Estable • FS < 1: Inestable 	Adimensional	Software Geo-Slope V-8.15. Análisis de Morgenstern-Price y hojas de calculo
	X1: Propiedades físicas y mecánicas de los suelos	Vienen a ser las características físicas y mecánicas que presenta el suelo y estos se obtienen mediante ensayos de laboratorio.	<ul style="list-style-type: none"> -Porcentaje de humedad (%) -Granulometría por tamizado -límite de consistencia -Peso específico -Tipo de suelo -Resistencia al esfuerzo cortante 	<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje Peso Líquido, plástico Húmedo y seso Clasificación de suelo Angulo de fricción Cohesión 	<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje kilogramo Porcentaje kg/m³ Adimensional Grados sexagesimales kPa 	Equipos, instrumentos de laboratorio y hojas de calculo
INDEPENDIENTES	X2: Precipitación pluvial	La precipitación pluvial, es en conjunto una forma de humedad que se origina a partir de las nubes hasta que llegue a la superficie del suelo por gravedad para luego medirlas	Datos estación meteorológica	Precipitación	mm/día	Hojas de calculo
	X3: Permeabilidad	Viene a ser una característica del material suelo, con este ensayo se mide la capacidad de infiltración, según el tipo de suelo encontrado en la zona	Velocidad	Coefficiente de permeabilidad	cm/s	Herramientas manuales y hojas de calculo
	X4: Topografía	La topografía es un conjunto de métodos e instrumentos que se usa para representar al terreno y plasmarlo en un plano topográfico.	Coordenadas UTM	Norte, Este	metros	Equipo topográfico y hojas de calculo
			Elevación	Cotas	metros	
			Pendiente	porcentajes	Grados sexagesimales	



3. Capítulo III: Método (diseño metodológico)

3.1. Alcance de estudio

La investigación tiene un alcance de tipo **descriptivo**.

Según Hernández Sampieri (2014), “es **descriptivo** la investigación porque se usa formatos y guías para describir de mejor manera el tema en base a los datos recolectados”.

En primer lugar, se hizo el reconocimiento visual de la zona afectada, se realizó un levantamiento topográfico, fijación de puntos para la excavación y toma de muestras de suelo, ensayos de laboratorio para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, registro de datos de precipitación pluvial facilitados por las estaciones meteorológicas. Agrícola Granja Kayra - Senamhi y Luis Olazo Olivera Perayoc (UNSAAC) y la descripción del ensayo insitu de permeabilidad del suelo, método lefranc, nivel constante. Posterior a ello se describe la obtención de los factores de seguridad.

3.2. Diseño de investigación

Según Hernández Sampieri (2014), “Una investigación es **no experimental**, cuando los estudios que se realizan son sin la manipulación de las variables que los contenga y son obtenidas de zonas en estudio para luego estas ser analizadas”.

La investigación que presento es de tipo **no experimental**, porque no se llegó a alterar los datos recolectados de la zona de estudio, como los factores geotécnicos, hidrológicos y topográficos, tampoco se crearon, sino se obtuvieron tal cual este sin alterar las variables identificadas.

3.3. Población de la investigación

Según Hernández Sampieri (2014), “la población viene a ser un conjunto de una serie de especificaciones, también indica que es la totalidad de un fenómeno a estudiar, la población posee características comunes los cuales se estudian y dan origen a datos para una investigación”.

La población a estudiar en la investigación está conformada por la ladera en la Asociación de Vivienda el Pedregal, distrito, provincia y departamento de Cusco, donde se obtuvo la información suficiente para determinar y analizar los factores que se solicitaron.

Figura 19

Ubicación de la zona de estudio



Nota: Google Maps (2022)



Figura 20

Ladera en la Asociación de Vivienda El Pedregal



3.4. Muestra de la investigación

Según Hernández Sampieri (2014), “la muestra esencialmente es un sub grupo de la población, es decir que pertenece a un conjunto que está definido con las mismas características de la población”.

La muestra a estudiar en la investigación va a ser igual que la población y está conformada por la ladera en la Asociación de Vivienda el Pedregal, distrito, provincia y departamento de Cusco, donde se obtuvo la información suficiente para determinar y analizar los factores que se solicitaron.

3.4.1. Muestra no probabilística

Según Hernández Sampieri (2014), “denominado también muestra dirigida, es un procedimiento de selección, en el que el investigador selecciona las muestras a criterio del investigador (toma de decisiones) en lugar de hacer la selección al azar”.

Las muestras que se recolectaron son los datos topográficos, muestras de suelo para los ensayos en laboratorio, datos de precipitación pluvial y datos del ensayo de permeabilidad insitu.



Esta información obtenida es considerada de tipo **no probabilístico**, debido a que depende únicamente del criterio del investigador.

Figura 21

Vista la ladera en la Asociación de Vivienda El Pedregal



3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos se hizo durante el proceso y desarrollo de la investigación, con el uso de formatos, hojas de cálculo (Excel) y guías de investigación, estas se elaboraron de acuerdo a las normas del Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC), norma técnica peruana (NTP) y la norma de estabilización de suelos y taludes (CE.020).



3.5.1. Hojas de cálculo para los datos recolectados

Tabla 6

Formato para el registro del levantamiento topográfico

	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</i></td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><i>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</i></td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><i>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</i></td></tr> </table>	<i>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</i>	<i>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</i>	<i>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</i>																																																																																																																																																																										
<i>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</i>																																																																																																																																																																														
<i>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</i>																																																																																																																																																																														
<i>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</i>																																																																																																																																																																														
<p>DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOTÉCNICOS, HIDROLÓGICOS, TOPOGRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LA LADERA EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA EL PEDREGAL CUSCO - 2021</p>																																																																																																																																																																														
<p>LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO</p>																																																																																																																																																																														
<p>TESISTA:</p> <p>UBICACIÓN</p> <p>DISTRITO:</p> <p>PROVINCIA:</p> <p>DEPARTAMENTO:</p> <p>LUGAR:</p> <p>FECHA:</p> <p>CLIMA:</p> <p>EQUIPO:</p>	<p>Bachiller: Luis Alberto Añanca Palomino</p> <p>Asociación de vivienda el pedregal El Pedregal</p> <p>Cusco</p> <p>Cusco</p> <p>Cusco</p> <p>Ladera de la asociación de vivienda el pedregal El Pedregal</p>																																																																																																																																																																													
<p>PUNTOS TOPOGRÁFICOS</p>																																																																																																																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">PUNTOS</th> <th style="width: 15%;">ESTE (m)</th> <th style="width: 15%;">NORTE (m)</th> <th style="width: 15%;">COTA (m)</th> <th style="width: 45%;">DESCRIPCION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>					PUNTOS	ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (m)	DESCRIPCION	1					2					3					4					5					6					7					8					9					10					11					12					13					14					15					17					18					19					20					21					22					23					24					25					26					27					28					29					30					.					.					.					N				
PUNTOS	ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (m)	DESCRIPCION																																																																																																																																																																										
1																																																																																																																																																																														
2																																																																																																																																																																														
3																																																																																																																																																																														
4																																																																																																																																																																														
5																																																																																																																																																																														
6																																																																																																																																																																														
7																																																																																																																																																																														
8																																																																																																																																																																														
9																																																																																																																																																																														
10																																																																																																																																																																														
11																																																																																																																																																																														
12																																																																																																																																																																														
13																																																																																																																																																																														
14																																																																																																																																																																														
15																																																																																																																																																																														
17																																																																																																																																																																														
18																																																																																																																																																																														
19																																																																																																																																																																														
20																																																																																																																																																																														
21																																																																																																																																																																														
22																																																																																																																																																																														
23																																																																																																																																																																														
24																																																																																																																																																																														
25																																																																																																																																																																														
26																																																																																																																																																																														
27																																																																																																																																																																														
28																																																																																																																																																																														
29																																																																																																																																																																														
30																																																																																																																																																																														
.																																																																																																																																																																														
.																																																																																																																																																																														
.																																																																																																																																																																														
N																																																																																																																																																																														



Tabla 7

Formato para la recolección del registro de datos meteorológicos

	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</td></tr> </table>	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL										
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO														
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA														
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL														
<p>DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOTÉCNICOS, HIDROLÓGICOS, TOPOGRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LA LADERA EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA EL PEDREGAL CUSCO - 2021</p>														
<p>PRECIPITACIÓN PLUVIOMÉTRICA</p>														
<p>TESISTA: Bachiller: Luis Alberto Añanca Palomino</p> <p>DISTRITO: Cusco</p> <p>PROVINCIA: Cusco</p> <p>DEPARTAMENTO: Cusco</p>														
FECHA:														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">Estacion meteorologica agricola principal Kayra Senamhi</td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>Estacion meteorologica Luis Olazo Olivera Perayoc UNSAAC</td> <td></td> </tr> </table>		Estacion meteorologica agricola principal Kayra Senamhi		Estacion meteorologica Luis Olazo Olivera Perayoc UNSAAC		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Latitud:</td><td></td></tr> <tr><td>longitud:</td><td></td></tr> <tr><td>Altitud:</td><td></td></tr> </table>	Latitud:		longitud:		Altitud:			
Estacion meteorologica agricola principal Kayra Senamhi														
Estacion meteorologica Luis Olazo Olivera Perayoc UNSAAC														
Latitud:														
longitud:														
Altitud:														
<p>PRECIPITACIÓN DIARIA MÁXIMA EN 24 HORAS (MM)</p>														
ITEM	AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MAXIMO
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
.														
.														
.														
.														
40														



Tabla 8

Formato para la recolección de datos del ensayo de permeabilidad insitu

	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</td></tr> </table>	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA					
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL					
DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOTÉCNICOS, HIDROLÓGICOS, TOPOGRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LA LADERA EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA EL PEDREGAL CUSCO - 2021					
ESTIMACIÓN DEL PARÁMETRO DE PERMEABILIDAD "K" CON EL MÉTODO DE ENSAYO LEFRANC CON NIVEL CONSTANTE (INSITU)					
<p> TESISTA: Bachiller: Luis Alberto Añanca Palomino UBICACIÓN: Asociación de vivienda el pedregal El Pedregal DISTRITO: Cusco PROVINCIA: Cusco DEPARTAMENTO: Cusco LUGAR: ENSAYO: FECHA: <table border="1" style="display: inline-table; width: 100px; height: 20px; vertical-align: middle;"></table> CLIMA: <table border="1" style="display: inline-table; width: 100px; height: 20px; vertical-align: middle;"></table> </p>					
DATOS DURANTE EL ENSAYO	AGUJERO N° 01	AGUJERO N° 02	AGUJERO N° 03		
Diametro del tubo (")					
Diametro del tubo (m)					
Profundidad (m)					
Caudal inyectado (lt/min)					
Tiempo (seg)					
Longitud de filtrado (m)					
hm (m)					
Longitud (m)					
Factor de forma (C)					
Conductividad hidráulica K (cm/s)					



Tabla 9

Formato para la recolección de datos de contenido de humedad

	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</i></td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><i>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</i></td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><i>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</i></td></tr> </table>	<i>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</i>	<i>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</i>	<i>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</i>																									
<i>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</i>																													
<i>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</i>																													
<i>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</i>																													
DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOTÉCNICOS, HIDROLÓGICOS, TOPOGRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LA LADERA EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA EL PEDREGAL CUSCO - 2021																													
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS (%)																													
MTC E 108 - 2016																													
TESISTA: UBICACIÓN: DISTRITO: PROVINCIA: DEPARTAMENTO: LUGAR:	Bachiller: Luis Alberto Añanca Palomino Asociación de vivienda el pedregal El Pedregal Cusco Cusco Cusco																												
CALICATA: FECHA: CLIMA:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 30%;">Muestra:</td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Base prof(m):</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Muestra:			Base prof(m):																						
	Muestra:																												
	Base prof(m):																												
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Muestra N°.</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso del recipiente (gr).</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>peso (recip. + muestra húmeda) (gr).</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso (recip. + muestra seca) (gr).</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso muestra humedo (gr).</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso de muestra seca (gr).</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso del agua (gr).</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Estimación del contenido de humedad (%)</td><td></td><td></td></tr> <tr style="background-color: #e0e0e0;"><td style="text-align: center;"><i>Promedio</i></td><td></td><td></td></tr> </table>		Muestra N°.			Peso del recipiente (gr).			peso (recip. + muestra húmeda) (gr).			Peso (recip. + muestra seca) (gr).			Peso muestra humedo (gr).			Peso de muestra seca (gr).			Peso del agua (gr).			Estimación del contenido de humedad (%)			<i>Promedio</i>		
Muestra N°.																													
Peso del recipiente (gr).																													
peso (recip. + muestra húmeda) (gr).																													
Peso (recip. + muestra seca) (gr).																													
Peso muestra humedo (gr).																													
Peso de muestra seca (gr).																													
Peso del agua (gr).																													
Estimación del contenido de humedad (%)																													
<i>Promedio</i>																													



Tabla 11

Formato para la recolección de datos limite líquido, plástico e índice de plasticidad

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOTÉCNICOS, HIDROLÓGICOS, TOPOGRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LA LADERA EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA EL PEDREGAL CUSCO - 2021		
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS NTP 339. 129		
TESISTA: UBICACIÓN: DISTRITO: PROVINCIA: DEPARTAMENTO: LUGAR: FECHA: CLIMA:	Bachiller: Luis Alberto Añanca Palomino Asociación de vivienda el pedregal El Pedregal Cusco Cusco Cusco <input type="text"/> <input type="text"/>	
Calicata Muestra Prof.(m)	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	
LIMITE LIQUIDO		
Numero de recipiente Peso de recipiente (gr). Peso (recipiente + suelo Húmedo) (gr). Peso (recipiente + suelo seco) (gr). Numero de golpes Peso del suelo seco (gr) Peso del agua(gr) Contenido de humedad (%) Promedio (%)		
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <p style="text-align: center;">LIMITE LIQUIDO</p> </div>		
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO DE LOS SUELOS NTP 339. 129		
LIMITE PLÁSTICO		
Numero de recipiente Peso de recipiente (gr). Peso (recipiente + suelo Húmedo) (gr). Peso (recipiente + suelo seco) (gr). Peso del agua (gr) Peso del suelo seco (gr) Contenido de humedad (%) Promedio (%)		
Porcentaje de limite Líquido= Porcentaje de limite Plástico= Coficiente del índice de Plasticidad=	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	



3.6. Validez y confiabilidad de instrumentos.

3.6.1. Validez de instrumento

Según Hernández Sampieri (2014), la validez está referida al grado en el que un instrumento mide realmente la variable que desee medir, por ejemplo, un instrumento válido que mide la capacidad portante del suelo debe de medir la capacidad portante del suelo y no su capacidad permeable del suelo.

“La validez de un instrumento de medición, es en base a evidencias. A mayor cantidad de evidencias de validez tenga un instrumento de medición, esta se acortará más a representar las variables que se requiere medir”.

Para la validación y selección de los instrumentos, se tomó del cuadro de operacionalización de las variables, para luego identificarlos y realizar los ensayos que corresponden y así determinar y analizar los factores que se solicitaron en la investigación. Se muestra en el capítulo V, ítem D, figura 64 – figura 68 los certificados de calibración de los equipos e instrumentos de medición.

3.6.2. Confiabilidad de instrumento.

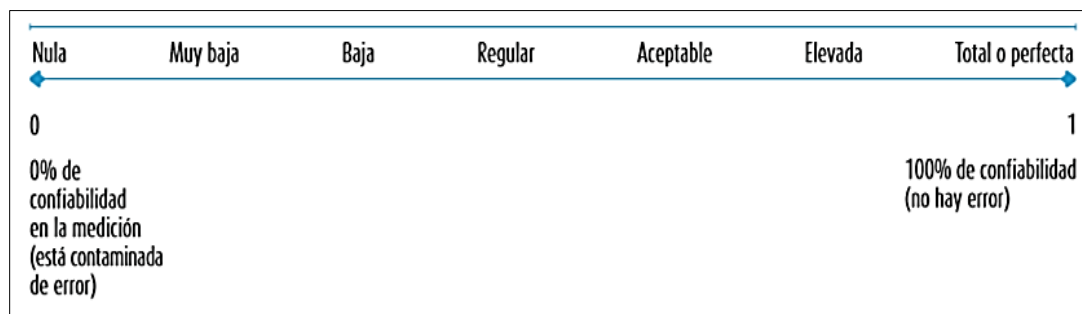
Según Hernández Sampieri (2014), “viene a ser el grado de medición de un instrumento que produce resultados coherentes y consistentes, quiere decir que, si aplicamos al sujeto u objeto lo mismo, esta producirá resultados iguales”.

Según Monje (2011), es la capacidad del instrumento para brindar datos y procesarlos, comprende la realidad que se quiere conocer, cabe mencionar la exactitud y su consistencia de medición en momentos diferentes. A mayor confiabilidad de un instrumento, menor será el error presentado.



Tabla 13

Interpretación de un coeficiente de confiabilidad



Nota: Hernández (2014)

3.7. Plan de análisis de datos

La recolección de datos para la investigación, se hizo utilizando las hojas de cálculo y guías de investigación que se mencionaron anteriormente, están elaborados según el número de la calicata, tipo de suelo y el ensayo al que corresponde.

Los trabajos de campo a realizar son: La topografía, excavaciones de calicatas y la permeabilidad del suelo.

a) Topográfico

- Levantamiento topográfico. Ministerio de transportes y comunicaciones (2012).

b) suelos

- Contenido de humedad del suelo. MTC-E-108 (2016).
- Análisis granulométrico por tamizado. MTC-E-107 (2016).
- Porcentaje de límite líquido, plástico e índice de plasticidad del suelo. MVCS. NTP 339, 129 (1999).
- Sistema unificado de clasificación del suelo. (SUCS).
- Ensayo de corte directo. MVCS. NTP 339, 171 (1999).



c) Hidrológicos

- Precipitación pluvial, registro de datos de las estaciones meteorológicas. Luis Olazo Olivera Perayoc (UNSAAC) y Agrícola Principal MAP Granja Kayra - Senamhi.
- Coeficiente de permeabilidad del suelo insitu, método Lefranc con nivel de carga constante, inyección de caudal. Sánchez San Román (2011).

d) Modelamiento en el software Geo Slope educativo V-8.15 para la obtención del factor de seguridad de cada sección creado.

- Método de equilibrio limite, análisis de Morgenstern-Price



3.7.1. Procedimiento y análisis de datos.

3.7.1.1. Levantamiento topográfico.

3.7.1.1.1. Equipo e instrumentos a utilizar.

- Estación total marca del equipo LEICA TS-06
- Trípode (soporte).
- Porta prisma y prisma.
- GPS marca (GARMIN).
- Libreta de campo (toma de apuntes).
- Laptop (para el procesamiento de los datos).

3.7.1.1.2. Procedimiento de trabajo

En primer lugar, se inició con el reconocimiento visual a la zona de trabajo, se colocaron estacas en la zona a levantar, el BM de referencia y los cuatro puntos, en segundo lugar, se posiciono el equipo (Estación total) en un punto estratégico y visible para levantar toda la zona de estudio.

Figura 22

Ladera de estudio





Se posiciono el equipo (estación total) para luego dar ingreso a los datos que se requiere, como es la ubicación del lugar (coordenadas del GPS), altura del prisma, descripción del punto a disparar, posterior se dio inicio al levantamiento topográfico con el apoyo de un portaprisma y prisma.

Figura 23

Ingreso de datos al equipo de trabajo



Se prosiguió con la obtención de toma de datos (coordenadas de ubicación), haciendo correr el portaprisma y prisma en toda el área afectada, desde la parte alta del talud hasta la parte baja del talud y de esa forma obteniendo las coordenadas de ubicación de la zona de estudio.

Figura 24

Recepción del disparo del equipo en toda la zona de estudio





Al culminar del trabajo se exportaron los puntos obtenidos (coordenadas de ubicación) por el equipo hacia una memoria de almacenamiento con el fin de procesarlos en gabinete haciendo uso de las hojas de cálculo (Excel) y el software Autocad civil 3D V-19 con el objetivo de representarlo en un plano topográfico. A continuación, se muestra la tabla con los puntos topográficos.



Tabla 14

Proceso topográfico espacial mediante 2D en el software Geospatial V8.15 y el cálculo de las pendientes de la obra por las siete secciones

Sección 1-1		Sección 2-2		Sección 3-3		Sección 4-4		Sección 5-5		Sección 6-6		Sección 7-7	
Distancia (m)	Elevación (msnm)	Distancia (m)	Elevación (msnm)	Distancia (m)	Elevación (msnm)	Distancia (m)	Elevación (msnm)	Distancia (m)	Elevación (msnm)	Distancia (m)	Elevación (msnm)	Distancia (m)	Elevación (msnm)
0+000	3750.00	0+000	3750.19	0+000	3750.25	0+000	3750.39	0+000	3750.53	0+000	3750.70	0+000	3750.8
0+001	3749.50	0+001	3749.77	0+001	3749.85	0+001	3749.93	0+001	3750.13	0+001	3750.45	0+001	3749.49
0+002	3748.98	0+002	3749.24	0+002	3749.39	0+002	3749.30	0+002	3749.52	0+002	3749.86	0+002	3750.13
0+003	3748.43	0+003	3748.7	0+003	3748.72	0+003	3748.60	0+003	3748.84	0+003	3749.27	0+003	3749.6
0+004	3747.98	0+004	3748.16	0+004	3748.02	0+004	3748.00	0+004	3748.25	0+004	3748.67	0+004	3748.17
0+005	3747.55	0+005	3747.5	0+005	3747.30	0+005	3747.36	0+005	3747.66	0+005	3748.07	0+005	3748.56
0+006	3747.09	0+006	3746.35	0+006	3746.58	0+006	3746.71	0+006	3747.07	0+006	3747.42	0+006	3747.94
0+007	3746.66	0+007	3746.51	0+007	3746.03	0+007	3746.07	0+007	3746.44	0+007	3746.74	0+007	3747.31
0+008	3746.31	0+008	3748.17	0+008	3745.57	0+008	3745.36	0+008	3745.52	0+008	3746.05	0+008	3746.64
0+009	3746.08	0+009	3745.84	0+009	3745.11	0+009	3744.58	0+009	3744.29	0+009	3745.32	0+009	3745.83
0+010	3745.93	0+010	3745.33	0+010	3744.64	0+010	3743.92	0+010	3743.38	0+010	3744.24	0+010	3745.05
0+011	3745.79	0+011	3744.65	0+011	3744.07	0+011	3743.04	0+011	3742.55	0+011	3743.24	0+011	3744.47
0+012	3745.46	0+012	3743.72	0+012	3742.69	0+012	3742.03	0+012	3742.34	0+012	3742.72	0+012	3743.91
0+013	3744.38	0+013	3742.23	0+013	3741.08	0+013	3741.03	0+013	3741.34	0+013	3742.47	0+013	3743.33
0+014	3743.19	0+014	3740.78	0+014	3740.06	0+014	3740.05	0+014	3740.33	0+014	3741.37	0+014	3742.73
0+015	3741.92	0+015	3739.54	0+015	3738.99	0+015	3738.94	0+015	3739.39	0+015	3740.24	0+015	3742.03
0+016	3741.24	0+016	3738.55	0+016	3737.89	0+016	3737.79	0+016	3738.47	0+016	3739.28	0+016	3741.18
0+017	3740.57	0+017	3737.74	0+017	3737.27	0+017	3737.13	0+017	3737.54	0+017	3738.32	0+017	3740.65
0+018	3739.39	0+018	3736.93	0+018	3736.65	0+018	3736.63	0+018	3736.83	0+018	3737.52	0+018	3740.13
0+019	3737.89	0+019	3736.15	0+019	3735.92	0+019	3736.03	0+019	3736.27	0+019	3736.84	0+019	3739.51
0+020	3737.26	0+020	3735.36	0+020	3735.10	0+020	3735.33	0+020	3735.69	0+020	3736.14	0+020	3738.83
0+021	3736.50	0+021	3734.69	0+021	3734.27	0+021	3734.61	0+021	3735.11	0+021	3735.51	0+021	3738.13
0+022	3735.70	0+022	3734.07	0+022	3733.83	0+022	3734.01	0+022	3734.53	0+022	3734.94	0+022	3736.2
0+023	3735.39	0+023	3733.68	0+023	3733.69	0+023	3733.80	0+023	3733.07	0+023	3734.36	0+023	3735.34
				0+024	3733.66			0+024	3733.95	0+024	3734.00	0+024	3734.94
Pendiente=	63.522 %									0+025	3734.05	0+025	3734.66
		Pendiente=	71.783 %	Pendiente=	69.125 %	Pendiente=	72.130 %	Pendiente=	69.083 %			0+026	3734.35
										Pendiente=	66.600 %	0+027	3734.61
												0+027.96	3734.62
												Pendiente=	57.868 %



Tabla 15

Conversión de los puntos topográficos para el malinero en 2D del software GeoSpeed como V8.15 y el cálculo de las pendientes de la obra por las siete secciones

Sección 1-1		Sección 2-2		Sección 3-3		Sección 4-4		Sección 5-5		Sección 6-6		Sección 7-7	
Distancia (m)	Elevación (msnm)	Distancia (m)	Elevación (msnm)	Distancia (m)	Elevación (msnm)	Distancia (m)	Elevación (msnm)	Distancia (m)	Elevación (msnm)	Distancia (m)	Elevación (msnm)	Distancia (m)	Elevación (msnm)
0.000	14.610	0.000	16.450	0.000	16.230	0.000	16.670	0.000	16.580	0.000	16.650	0.000	16.180
1.000	14.110	1.000	16.030	1.000	15.830	1.000	16.210	1.000	16.180	1.000	16.400	1.000	15.870
2.000	13.590	2.000	15.500	2.000	15.370	2.000	15.580	2.000	15.570	2.000	15.810	2.000	15.510
3.000	13.040	3.000	14.960	3.000	14.700	3.000	14.880	3.000	14.890	3.000	15.220	3.000	14.980
4.000	12.590	4.000	14.420	4.000	14.000	4.000	14.280	4.000	14.300	4.000	14.620	4.000	14.550
5.000	12.160	5.000	13.760	5.000	13.280	5.000	13.640	5.000	13.710	5.000	14.020	5.000	13.940
6.000	11.700	6.000	13.200	6.000	12.560	6.000	12.990	6.000	13.120	6.000	13.370	6.000	13.320
7.000	11.270	7.000	12.770	7.000	12.010	7.000	12.350	7.000	12.490	7.000	12.690	7.000	12.690
8.000	10.920	8.000	12.430	8.000	11.550	8.000	11.640	8.000	11.570	8.000	12.000	8.000	12.020
9.000	10.690	9.000	12.100	9.000	11.090	9.000	10.860	9.000	10.340	9.000	11.270	9.000	11.210
10.000	10.540	10.000	11.590	10.000	10.620	10.000	10.200	10.000	9.430	10.000	10.190	10.000	10.430
11.000	10.400	11.000	10.910	11.000	10.050	11.000	9.320	11.000	8.600	11.000	9.190	11.000	9.850
12.000	10.070	12.000	9.980	12.000	8.670	12.000	8.310	12.000	8.390	12.000	8.670	12.000	9.290
13.000	8.990	13.000	8.490	13.000	7.060	13.000	7.310	13.000	7.390	13.000	8.420	13.000	8.710
14.000	7.800	14.000	7.040	14.000	6.040	14.000	6.330	14.000	6.380	14.000	7.320	14.000	8.110
15.000	6.530	15.000	5.800	15.000	4.970	15.000	5.220	15.000	5.440	15.000	6.190	15.000	7.410
16.000	5.850	16.000	4.810	16.000	3.870	16.000	4.070	16.000	4.520	16.000	5.230	16.000	6.560
17.000	5.180	17.000	4.000	17.000	3.250	17.000	3.410	17.000	3.590	17.000	4.270	17.000	6.030
18.000	4.000	18.000	3.190	18.000	2.630	18.000	2.910	18.000	2.880	18.000	3.470	18.000	5.510
19.000	2.500	19.000	2.410	19.000	1.900	19.000	2.310	19.000	2.320	19.000	2.790	19.000	4.890
20.000	1.870	20.000	1.620	20.000	1.080	20.000	1.610	20.000	1.740	20.000	2.090	20.000	4.210
21.000	1.110	21.000	0.950	21.000	0.250	21.000	0.890	21.000	1.160	21.000	1.460	21.000	3.510
22.000	0.310	22.000	0.330	22.000	0.200	22.000	0.290	22.000	0.580	22.000	0.890	22.000	1.580
23.000	0.000	22.916	0.000	23.000	0.185	23.000	0.080	23.000	0.346	23.000	0.310	23.000	0.720
0.000	0.000	0.000	0.000	24.000	0.000	0.000	0.000	24.000	0.000	24.000	0.148	24.000	0.320
Pendiente =	63.522 %			0.000	0.000			0.000	0.000	25.000	0.000	25.000	0.284
		Pendiente =	71.783 %	Pendiente =	69.125 %	Pendiente =	72.130 %	Pendiente =	69.083 %	0.000	0.000	26.000	0.220
										Pendiente =	66.600 %	27.000	0.124
												27.960	0.000
												0.000	0.000
												Pendiente =	57.968 %



3.7.1.1.3. Análisis de estudio

Al culminar del ingreso de los datos del levantamiento topográfico, se diseñó el plano topográfico.

La configuración topográfica de la zona de estudio es sumamente accidentada, se tiene siete secciones con pendientes que van entre 55% a 75%. El plano topográfico se ubica en el capítulo de anexos, anexo N° 01.

3.7.1.2. Excavación para calicata.

3.7.1.2.1. Herramientas manuales

- Pico
- Pala
- Barreta
- Cinta métrica metálica
- Bolsas herméticas para la recolección de muestras de suelo

3.7.1.2.2. Procedimiento.

Exploración visual.

Se realizó una exploración visual a la zona de trabajo para no encontrar riesgos potenciales durante el proceso de excavación y obtener de manera satisfactoria las muestras de suelo.

Figura 25

Colocación de puntos





“Para la obtención de muestras de suelos de pozos o calicatas, se tiene que hacer una inspección en la zona, identificar los puntos de excavación para dar inicio” MVCS (2006).

Se realizo tres calicatas, dos al pie de la ladera y el tercero en la corona con sección de 1.20 x 0.7 m y de profundidad 2.00 m

Figura 26

Excavación de calicata



Quedando así la calicata mostrada en la figura N°27 y con el objetivo de extraer muestras de suelo para los respectivos ensayos siguientes.

Figura 27

Excavación de calicata





Una vez concluida la excavación de las calicatas se realizó una inspección visual al perfil estratigráfico, teniendo una coloración marrón como se puede apreciar en la figura N° 27. Luego se procedió a la recolección de toma de muestras de suelo de las tres calicatas excavadas cada 70 cm de profundidad y siguiendo el procedimiento del manual de ensayo de materiales.

La extracción de las muestras de suelo obtenidas de las calicatas se almacenó en bolsas herméticas unas dentro de otras, con la finalidad de mantener su estructura y humedad natural.

3.7.1.3. Determinación del contenido de humedad de los suelos.

3.7.1.3.1. Equipo y herramientas para el ensayo

- Recipientes de aluminio para el control de humedad
- Horno eléctrico a temperatura adecuada para el control de secado de las muestras
- Balanza con precisión de 0.01 g.
- Utensilios para el manipuleo.

3.7.1.3.2. Procedimiento

- Para la obtención de la muestra de suelo, se realizó por cuarteo método B, para tener una muestra de peso aproximado 1500 gr y separarlo en tres recipientes de pesos equilibrados.
- Pesar la cápsula de aluminio adecuadamente y colocar la muestra de suelo al recipiente y pesarla nuevamente.



Figura 28

Recipiente con muestra de suelo



Luego de pesar las muestras de suelo con humedad natural y sus recipientes, se llevaron al horno para su secado final a una temperatura constante de $100^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ y se obtuvo un peso seco de la muestra de suelo.

Figura 29

Retiro de muestras de suelo luego de su secado en el horno





Luego de retirar las muestras de suelo del horno que es en promedio 12 a 18 horas se procede a pesar la muestra seca en la misma balanza, para obtener un peso diferente al húmedo y realizar los cálculos para el porcentaje de contenido de humedad.

Figura 30

Pesado de las muestras de suelo luego del retirado del horno



Al termino de pesar todas las muestras secas, se procede a realizar la toma de datos para posteriormente procesarlos.

3.7.1.3.3. Procedimiento de cálculo.

Calicata N°01, muestra N°01

Peso muestra húmeda (gr)

$$p.\text{muestra húmeda} = P.(\text{recipiente} + \text{muestra húmeda}) - P.\text{recipiente}$$

$$P.\text{ muestra húmeda} = 618.35 \text{ gr}$$

Peso muestra seca (gr)

$$P.\text{ muestra seca} = P.(\text{recipiente} + \text{muestra seca}) - P.\text{recipiente}$$

$$P.\text{ muestra seca} = 549.35 \text{ gr}$$



Peso del agua (gr)

$$P.\text{del agua} = P.\text{muestra húmeda} - P.\text{ muestra seca}$$

$$P.\text{ del agua} = 69.00 \text{ gr}$$

Estimación del contenido de humedad

$$\% \text{ Humedad} = 12.56 \%$$

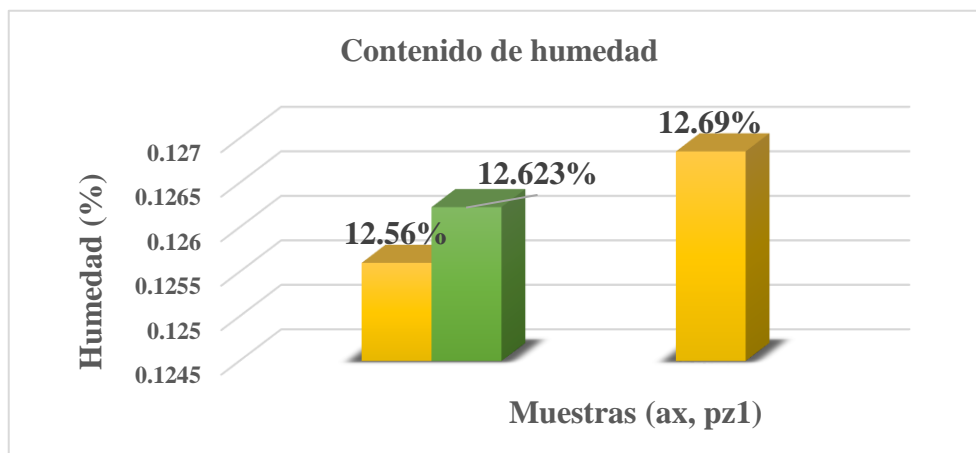
A continuación, se muestran la tabla generada con los resultados del contenido de humedad.



Tabla 16

Determinación del contenido de humedad, calicata N°01

Determinación del contenido de humedad de los suelos (%)			
MTC E 108 - 2016			
Calicata:	C - 01	Muestra:	Suelo marrón
Fecha:	23/05/2022	Base profundidad (m)	2.00
Clima:	Templado - Seco		
Muestra	A x	pz1	
Peso del recipiente (gr).	68.97	74.25	
peso (recipiente. + muestra húmeda) (gr).	687.32	725.64	
Peso (recipiente. + muestra seca) (gr).	618.32	652.31	
Peso muestra húmedo (gr).	618.35	651.39	
Peso de muestra seca (gr).	549.35	578.06	
Peso del agua (gr).	69.00	73.33	
Contenido de humedad (%)	12.56%	12.69%	
Promedio	12.623%		





3.7.1.3.4. Análisis de estudio.

Se realizó el mismo procedimiento para las calicatas N°02 y N°03. El promedio de los contenidos de humedades de las calicatas N°01, N°02 y N°03, van entre los rangos de 10% a 13%.

3.7.1.4. Ensayo de granulometría por tamizado para suelos.

3.7.1.4.1. Uso de equipo y herramientas para el ensayo.

- Juego de tamices según la normativa.
- Balanza de precisión de 0.01 g.
- Recipiente metálico para almacenar las muestras de suelo retenidos.
- Recipiente para el lavado del suelo.
- Brocha para la limpieza de los tamices.
- Cepillo metálico para limpieza.

3.7.1.4.2. Procedimiento

Para este ensayo los pesos con el que se trabajaron, fueron de la calicata N°01= 1455.40 gr, calicata N°02 =1575.82 gr y la calicata N°03 = 1525.68 gr.

Los pesos se obtuvieron previo un procedimiento de cuarteo, método B y se tomaron las muestras más homogéneas a criterio del investigador.

Posterior a ello se obtiene el primer peso del material suelo luego de realizar el cuarteo, para así trabajar el ensayo granulométrico y secarlo en el horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5$ por un tiempo de 18 hrs a 24 hrs.

Figura 31

Pesaje del material homogéneo a criterio del investigador



Luego de secado en el horno, se realizó el lavado del material suelo con agua con el uso del tamiz N°200, con el fin de retirar materia orgánica e impurezas, para posteriormente llevarlo al horno y secarlo nuevamente.

Figura 32

Lavado del suelo en el tamiz N°200



Posteriormente se vertió la muestra de suelo secada a los tamices que va desde el tamiz N°3” hasta el tamiz N° 200 en forma descendente, la operación del tamizado se hizo manualmente, realizando circunferencias de lado a lado con mucho cuidado para no perder



muestras de suelo. La operación de tamizaje se realizó con el apoyo y la supervisión del especialista.

Terminado la operación se retiraron los tamices de arriba hacia abajo.

Figura 33

Tamizado de la muestra de suelo



Luego del tamizado de las muestras de suelo, se retiraron los tamices uno por uno con mucho cuidado y posterior retirar la muestra de suelo retenida para pesarlos y anotar el peso retenido con la ayuda de un cepillo metálico y colocarlo en un recipiente metálico todas las muestras de suelo retenidos.

Figura 34

Pesaje de las muestras de suelo retenidos



3.7.1.4.3. Proceso de cálculo.

Calicata N°01. Tamiz N°2”

Calculando el porcentaje retenido parcial

$$\% \text{ retenido parcial} = \frac{\text{peso retenido en el tamiz}(\text{gr})}{\text{peso total}} \times 100$$

$$\% \text{ retenido parcial} = \frac{179.451}{1455.4001} \times 100$$

$$\% \text{ retenido parcial} = 12.330 \%$$



Calculando el porcentaje retenido acumulado

$\% \text{ retenido acumulado} = \% \text{ retenido parcial} + \% \text{ retenido malla anterior}$

$$\% \text{ retenido acumulado} = 12.330 \% - 0.000\%$$

$$\% \text{ retenido acumulado} = 12.330 \%$$

Calculando el porcentaje que pasa

$\% \text{ pasa} = 100\% - \% \text{ retenido acumulado}$

$$\% \text{ pasa} = 100\% - 12.330 \%$$

$$\% \text{ pasa} = 87.67 \%$$

Porcentaje que pasa el tamiz N°4 = 32.540 %

Porcentaje que pasa el tamiz N°200 = 13.940 %

D60 = 16.00 %

D30 = 1.85 %

D10 (diámetro efectivo) = no existe

No existe un coeficiente de concavidad y uniformidad del suelo, el D10 (diámetro efectivo) no existe, esto debido a que los porcentajes pasantes de la malla N°200, son superiores al 10%.

Se tiene los porcentajes de material:

Grava = 60.460 %

Arena = 22.090 %

Limo y arcilla = 17.450 %

Hacen un total = 100.000 %.



Este procedimiento se realizó para la calicata N°01, N°02 y N°03, con todos los tamices donde hubo retenido de muestras de suelo, así como el porcentaje de gravas, arenas y limos y arcillas.

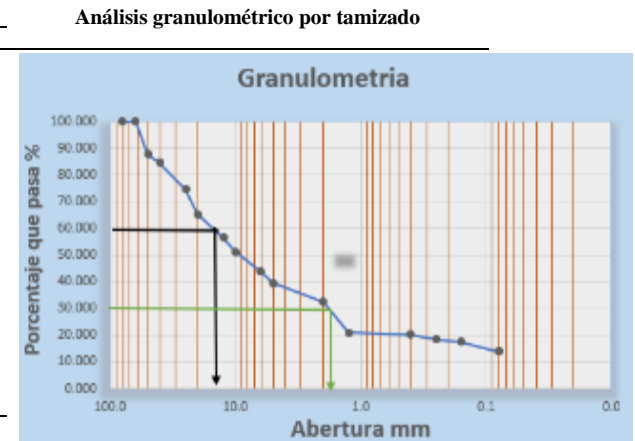
Se registraron el porcentaje de los pesos retenidos y sus respectivos análisis en los instrumentos de recolección de datos (hojas de cálculo) y se muestra a continuación.



Tabla 17

Procesamiento de datos para el análisis granulométrico por tamizado. Calicata N°01

Análisis granulométrico por tamizado						
MTC E - 107 - 2016. ASTM D - 422						
Calicata:	C- 01					
Muestra:	Suelo marrón					
Prof.(m):	2.00					
Peso de muestra al inicio (gr):	1455.4 gr					
Tamaño de tamices		Peso retenido	Peso corregido	Retenido parcial	Retenido acumulado	Pasante
Numero	(mm)	gr	gr	(%)	(%)	(%)
3"	80.0	0.000	0.000	0.000	0.000	100.000
2 1/2"	63.0	0.000	0.000	0.000	0.000	100.000
2"	50.0	179.451	179.451	12.330	12.330	87.670
1 1/2"	40.0	46.282	46.282	3.180	15.510	84.490
1"	25.0	144.085	144.085	9.900	25.410	74.590
3/4"	20.0	136.808	136.808	9.400	34.810	65.190
1/2"	12.5	127.348	127.348	8.750	43.560	56.440
3/8"	10.0	75.826	75.826	5.210	48.770	51.230
1/4"	6.3	109.592	109.592	7.530	56.300	43.700
# 4	5.0	60.545	60.545	4.160	60.460	39.540
# 10	2.0	101.878	101.878	7.000	67.460	32.540
# 20	1.25	167.662	167.662	11.520	78.980	21.020
# 40	0.40	12.371	12.371	0.850	79.830	20.170
# 60	0.25	23.723	23.723	1.630	81.460	18.540
# 100	0.16	15.864	15.864	1.090	82.550	17.450
# 200	0.08	51.085	51.085	3.510	86.060	13.940
Cazuela	0.00	15.740	202.883	13.940	100.000	0.000
Total		1268.257	1455.400	100.000		



Pasa el tamiz N°4 (5mm) =	32.54	%
Pasa el tamiz N°200 (0.080) =	13.94	%
D60=	16.00	%
D30=	1.85	%
D10 (diámetro efectivo) =	0.00	
Cu=	0.00	
Cc=	0.00	
Grava:	60.460	%
Arena:	22.090	%
Limo y Arcilla:	17.450	%
	100.000	%

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

SUELO DE GRANO GRANDE, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	ARENA Y GRAVA Y SUELO GRAVOSO, más del 50% pasa a través de la malla N° 4	GW	Gravas bien graduadas
		GP	Gravas mal graduadas
		GM	Gravas Limosas
		GC	Gravas Arcillosas
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MÁS PASA LA MALLA N° 200	LIMOS Y ARENAS, más del 50% pasa a través de la malla N° 4	SW	Arenas bien graduadas
		SP	Arenas mal graduadas
		SM	Arenas Limosas
		SC	Arenas Arcillosas
LIMOS Y ARCILLAS, más del 50% pasa a través de la malla N° 60	ML	Limo Inorgánicos	
	CL	Arcillas Inorgánicas de baja plasticidad	
	OL	Limos Orgánicos y Arcillas Limosas Orgánicas	
		MH	Limos Inorgánicos
ARCILLAS, más del 50% pasa a través de la malla N° 60	CH	Arcillas Inorgánicas de alta plasticidad	
	DH	Arcillas Orgánicas de media a alta plasticidad	
	PI	Turba y otros suelos altamente orgánicos	
Altamente Orgánico			

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)



3.7.1.4.4. Análisis de estudio.

Se realizó el mismo procedimiento para las calicatas N°02 y N°03. Al finalizar el ensayo de granulometría por tamizado, se tuvo resultados de los porcentajes pasantes de la malla N°4 y La malla N°200, así como los porcentajes de grava, arena, limo y arcilla. También se construyó la curva granulométrica y de ahí se obtuvieron los valores de D60, D30, mas no de D10 (diámetro efectivo), en esta malla N°200 paso más de 10 % de muestra de suelo, por lo que no se tiene un D10, por tal resultado no se llegó a calcular los coeficientes de concavidad y uniformidad.

3.7.1.5. Determinación de limite líquido y plástico de los suelos.

Equipo y herramientas utilizados para los ensayos

- La Copa de Casagrande mecánico es utilizado para el ensayo de limite líquido, sus características son, cuchara de bronce, con revoluciones de 2 golpes por/ seg y una caída de 1 cm.
- Ranurador
- Balanza de sensibilidad 0.01g
- Tamiz N°40
- Recipiente de porcelana para el preparado de la muestra
- Recipientes metálicos para las muestras
- Espátula de acero
- Vernier
- Horno a temperatura $110^{\circ} C \pm 5^{\circ}$
- Mortero
- Pipeta para el control de agua
- Mazo de hule



- Placa de vidrio

Figura 35

Materiales a usar durante el ensayo



3.7.1.5.1. Limite liquido

Procedimiento

Se tomo la muestra de suelo uniforme, luego de realizar el cuarteo método B, para luego tamizarla por la malla N°40 hasta obtener un peso aproximado de 250 gr

Figura 36

Tamizando la muestra de suelo malla N° 40



Posterior se preparó en el recipiente de porcelana la muestra de suelo tamizada utilizando un mazo y controlando el agua, hasta obtener una pasta que este por encima del límite líquido.

Posterior se tomó el equipo de Copa de Casagrande, enseguida se colocó la muestra de suelo (pasta) con una espátula metálica, alisándola y cuidando de no generar aire en la pasta y con el ranurador separar 1 cm.

Figura 37

Colocado de la muestra de suelo a la Copa de Casagrande



Se enciende el equipo de la Copa de Casagrande mecánico, controlando el número de golpes hasta que se cierre las dos mitades de suelo y apagar el equipo. Luego de ello con una espátula metálica se hace un corte transversal para el retiro de la muestra de suelo a los recipientes para su secado en el horno. Este proceso se repite dos a tres veces hasta conseguir cuatro muestras por cada calicata.

Figura 38

Corte de la muestra de suelo y colocado en los recipientes





3.7.1.5.2. Limite plástico

Procedimiento

Se tomó la porción sobrante del ensayo de límite líquido y se le agregó agua hasta conseguir una pasta plástica, luego se empieza a realizar los moldes en forma de elipsoides con la ayuda de la yema de los dedos y la palma de la mano sin que se fracture, hasta conseguir los bastoncitos de diámetro 1/8" (3 mm).

Figura 39

Moldeo de los bastoncitos de 1/8" (3mm) de la mezcla plástica



Figura 40

Muestras de los bastoncitos para limite plástico y retiro de las muestras secas del horno de los ensayos limite líquido y plástico





Esta operación se realizó para obtener tres muestras por cada calicata, se registraron los datos.

Proceso de cálculo.

Calicata N°01. Muestra 2N (35 golpes) húmedo

Peso suelo seco= peso(recipiente+suelo seco)-peso recipiente

$$\text{peso suelo seco} = 18.63 \text{ gr}$$

Peso del agua=p.(recipiente+suelo húmedo)-p.(recipiente+suelo seco)

$$\text{Peso del agua} = 3.82 \text{ gr}$$

Contenido de humedad

$$\% \text{contenido de humedad} = 20.50\%$$

Promedio de contenido de humedad

$$\% \text{contenido de humedad} = 24.00\%$$

Se sigue el mismo procedimiento para las demás muestras de suelo hasta obtener sus contenidos de humedades, para luego pasarlos a un gráfico semilogarítmico donde se indica el número de golpes con sus respectivos contenido de humedad.

Limite plástico

Calicata N°01. Muestra N°2

$$\text{peso suelo seco} = 5.31 \text{ gr}$$

$$\text{Peso del agua} = 0.94 \text{ gr}$$



Contenido de humedad

%contenido de humedad = 17.70 %

Promedio de contenido de humedad

%contenido de humedad = 17.00 %

Se sigue el mismo procedimiento para las demás muestras de suelo hasta obtener sus contenidos de humedades.

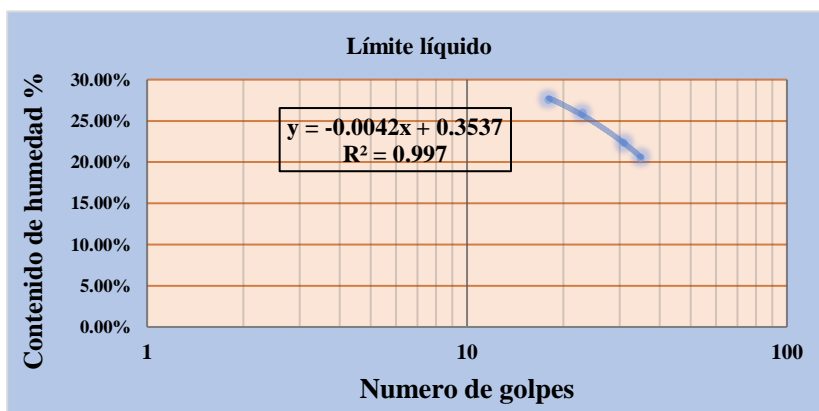
A continuación, se muestran los datos obtenidos en la siguiente tabla.



Tabla 18

Procesamiento y obtención de datos del ensayo limite líquido y plástico calicata N°01

Calculo límite líquido de los suelos				
NTP 339. 129				
Calicata	C -01			
Muestra	Suelo marrón			
Prof. (m)	2.00			
Límite líquido				
Numero de recipiente	2N	18	pz	pz1
Peso de recipiente (gr).	14.12	14.58	15.47	15.4
Peso (recipiente + suelo Húmedo) (gr).	36.57	34.48	33.7	41.06
Peso (recipiente + suelo seco) (gr).	32.75	30.85	29.95	35.51
Numero de golpes	35	31	23	18
Peso del suelo seco (gr)	18.63	16.27	14.48	20.11
Peso del agua(gr)	3.82	3.63	3.75	5.55
Contenido de humedad (%)	20.50%	22.31%	25.90%	27.60%
Promedio (%)	24%			



Determinación del límite plástico de los suelos			
NTP 339. 129			
Límite plástico			
Numero de recipiente	2	4	az
Peso de recipiente (gr).	14.31	14.65	14.74
Peso (recipiente + suelo Húmedo) (gr).	20.56	19.77	20.44
Peso (recipiente + suelo seco) (gr).	19.62	19.03	19.6
Peso del agua (gr)	0.94	0.74	0.84
Peso del suelo seco (gr)	5.31	4.38	4.86
Contenido de humedad (%)	17.70%	16.89%	17.28%
Promedio (%)	17%		
Porcentaje de limite Liquido=	24%		
Porcentaje de limite Plástico=	17%		
Coficiente del índice de Plasticidad=	7%		



Análisis de estudio

Se sigue el mismo procedimiento para la calicata N°02 y N°03. Al culminar de los ensayos de límite líquido y plástico, se obtuvieron los resultados operando mediante fórmulas matemáticas. Estos resultados sirvieron para determinar el tipo de suelo con el método de Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).

3.7.1.6. Determinación de la clasificación de suelos

3.7.1.6.1. Proceso del calculo

- Para encontrar el tipo de suelo de la calicata N°01, N°02 y N°03, se trabajó con la clasificación del sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), con el objetivo de determinar el tipo de suelo, la cantidad en porcentaje de grava, arena, limo y arcilla que existe en cada calicata.
- También se obtuvo que de la malla N°200 paso muestras entre los rangos 12 a 13 % de material por lo que se considera grava.
- La obtención de los valores del límite líquido, plástico e índice de plasticidad, se realizó con la carta de plasticidad para así demostrar la presencia de arcillas y limos.
- Se muestra la siguiente tabla con gráficos en el siguiente.

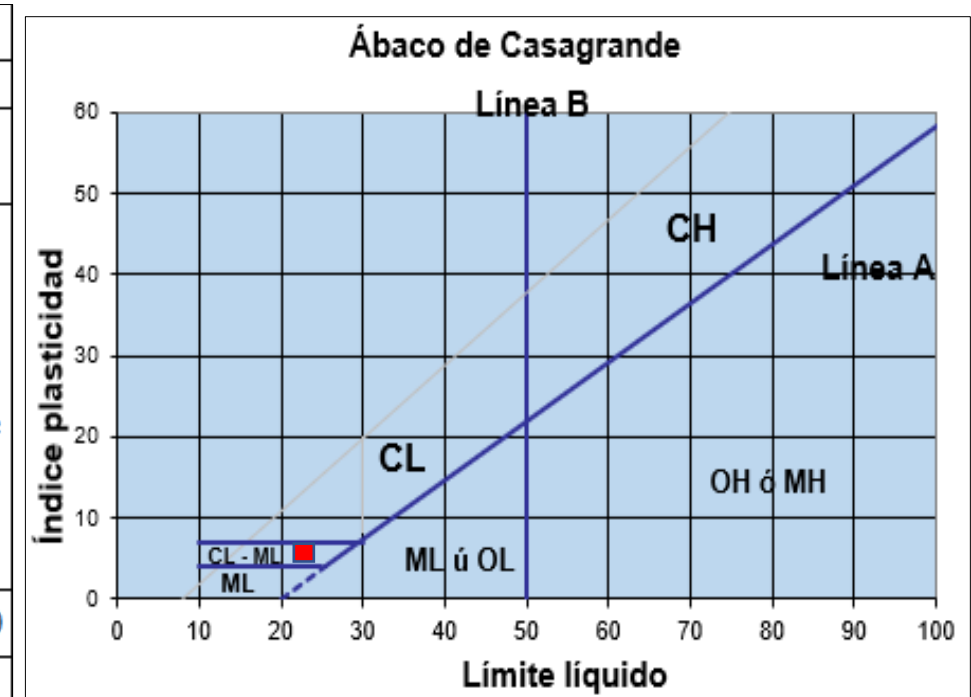
Tb19
Determinación del tipo de suelo por el método de Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), Colicota NOI

Sistema unificado de clasificación de suelos

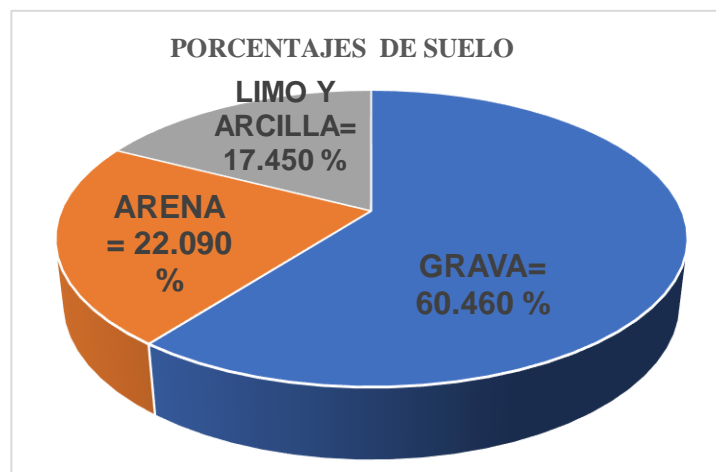
MCE-107-2016/SMD-42

Cátata:	COL
Muestra:	Submarín
Profund:	200
Pasante N° 45mm=	324 %
Pasante N° 20(US)=	1394 %
D₆₀=	160 %
D₃₀=	18 %
D₁₀(diámetro efectivo)=	00 %
C_u=	00
C_c=	00
Grava:	60.460 %
Arena:	22.090 %
Limo y Arcilla:	17.450 %
LCI:	0000 %
Límite líquido:	4%
Límite plástico:	1%
Índice de plasticidad:	3%

GW, GP, SW, SP	GM, GC, SM, SC	Para el caso donde se requiera de símbolos con doble denominación estos son los pasantes de la malla N° 200 (GW-GC, GP-GM, GC-GM, SW-SC, SP-SM, SC-SM)	Cu= D60/D10	Cc= D30xD30/D60 x D10
			Cu > 4	va entre 1 < Cc 3
Menos del 5 %	Más del 12 %	Pasante entre el 5 % y 12 %	No se cumple con los requisitos de granulometría para GW y GP	
			Límites de atterberg por debajo de la línea A o Ip < 4	Por encima de la línea A, con 4 < Ip < 7, son casos donde se requiere de doble simbología
Menos del 5 %	Más del 12 %	Pasante entre el 5 % y 12 %	Cu= D60/D10	Cc= D30xD30/D60 x D10
			Cu > 6	va entre 1 < Cc 3
Menos del 5 %	Más del 12 %	Pasante entre el 5 % y 12 %	No se cumple con los requisitos de granulometría para SW y SP	
			Límites de atterberg por debajo de la línea A o Ip < 4	Por encima de la línea A, con 4 < Ip < 7, son casos donde se requiere de doble simbología
Menos del 5 %	Más del 12 %	Pasante entre el 5 % y 12 %	Límite de atterberg por debajo de línea A o Ip > 7	



SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS			
SUELO DE GRANO GRUESO, MAS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	GRAVA Y SUELO GRAVOSO	GW	Gravas bien graduadas
	GRAVA Y SUELO GRAVOSO	GP	Gravas mal graduadas
	GRAVA Y SUELO GRAVOSO	GM	Gravas Limosas
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA N° 200	ARENA Y SUELO ARENOSO	SW	Arenas bien graduadas
	ARENA Y SUELO ARENOSO	SP	Arenas mal graduadas
	ARENA Y SUELO ARENOSO	SM	Arenas Limosas
LIMOS Y ARCILLAS (LL > 50)	ARCILLAS	SC	Arenas Arcillosas
	ARCILLAS	ML	Limo Inorgánicos
	ARCILLAS	CL	Arcillas Inorgánicas de baja plasticidad
	ARCILLAS	OL	Limos Orgánicos y Arcillas Limosas Orgánicas
	ARCILLAS	ML	Limos Inorgánicos
Altamente Orgánicos	ARCILLAS	CH	Arcillas Inorgánicas de alta plasticidad
	ARCILLAS	OH	Arcillas Orgánicas de media a alta plasticidad
Altamente Orgánicos		Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos



Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)

Suelos de partículas gruesa con finos (suelo sucio)
 Grava arcilloso - limosa con arena (GC - GM)



3.7.1.6.2. Análisis de estudio

Al procesar los datos del ensayo granulométrico y de los límites de consistencia de las muestras de suelo extraídas de las calicatas N°01, N°02 y N°03 que se muestran en las tablas anteriores, se obtuvo el tipo de suelo de la zona de investigación, dando como resultado un suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio), cuyo nombre es **grava arcilloso – limosa con arena** con su nomenclatura (**GC – GM**), según el sistema unificado de clasificación de suelos (**SUCS**).

3.7.1.7. Ensayo de corte directo

3.7.1.7.1. Equipos y herramientas utilizados para el ensayo

- Equipo de corte directo digital
- Caja de corte o cizalladora (cuadrado de lado 10 cm)
- Apisonador metálico
- Espátula
- Recipientes de aluminio
- Balanza con sensibilidad de 0.01 gr

Procedimiento

Para la obtención de las muestras de suelo, se realizó por el método del cuarteo, método B respectivamente, con el fin de obtener muestras de suelo homogéneas a criterio del investigador, para luego estas separarlos en un recipiente de aluminio, con un peso aproximado de 3.00 a 4.00 kg, posterior se tamizaron en la malla N°100 dentro de un recipiente de aluminio con el objetivo de tener muestras más homogéneas de partículas pasantes para luego verter a los moldes respectivo en la caja de corte.

Figura 41

Muestra de suelo tamizado y la caja de corte



Se realizó el pesaje de las muestras de suelo en un recipiente de aluminio, para después verterlo a la caja de corte, este procedimiento se realizó en tres capas y cada capa fue apisonado gradualmente con pesos de 140 gr a 160 gr hasta que este se moldee.

Figura 42

Colocación de muestra de suelo pesada hacia la caja de corte



Al finalizar el procedimiento de pesaje y apisonado en tres capas sobre la caja de corte, se colocó la piedra porosa y el papel filtro con la dimensión de la caja de corte con el fin de que este no se pegue con la tapa de la caja de corte.

Figura 43

Colocación de papel y la tapa sobre la muestra de suelo compactada



Figura 44

Caja de corte con la muestra de suelo



- Una vez colocado la caja de corte al equipo de corte se enciende la compresora con el fin de llenar aire al equipo, este trabaja a presión y por un tiempo de 10 minutos. Concluido el tiempo, se ajustó el interfaz del equipo de corte directo encendiéndolo para el proceso de consolidación (esfuerzo vertical),

- Una vez concluido el proceso de consolidación (fuerza vertical), se apaga el equipo por un momento, se retira el perno que ajusta la caja de corte y se vuelve a encender el equipo de corte para dar inicio a la aplicación de la fuerza horizontal.
- El equipo de corte directa digital registra los datos hacia una computadora mediante un software llamado (GEODAS), el cual trabaja introduciéndole datos como las dimensiones de la caja de corte, la carga aplicada a la muestra, la velocidad de corte y así obtener los resultados de esfuerzo cortante y desplazamiento horizontal de la muestra fallada.

Figura 45

Retiro de la caja de corte y muestra de suelo fallada



Una vez concluido el ensayo de corte directo se descargó los datos registrados en el software (GEODAS) de la computadora del laboratorio de suelos, como son el esfuerzo cortante y su desplazamiento horizontal para luego estos datos procesarlo en los instrumentos de medición (hojas de cálculo), estos datos obtenidos están en el sistema ingles por lo que se tiene que cambiar al sistema internacional. El proceso de los cálculos se da a continuación.



3.7.1.7.2. Proceso del cálculo.

Luego del registro de los datos del esfuerzo normal que viene de una carga aplicada sobre una determinada área de suelo, el esfuerzo cortante y su desplazamiento horizontal, se procedió con la obtención del máximo valor del esfuerzo cortante. El procedimiento de cálculo es el siguiente.

Cálculo de área del molde en la caja de corte con 10 cm de lado.

$$A=L^2 \tag{22}$$

$$\text{Area} = 100 \text{ cm}^2$$

Con la Ec. (22) se obtiene el área del molde de la caja de corte

Cálculo de volumen del molde de la caja de corte con 2.4 cm de altura

$$\text{Volumen} = \text{Area} \times \text{Altura} \tag{23}$$

$$\text{Volumen} = 240 \text{ cm}^3$$

Con la Ec. (23) se obtiene el volumen del molde de la caja de corte

Cálculo del esfuerzo normal (vertical), calicata N°01, Muestra M-01 = 446.58 gr

$$\text{Carga vertical} = 10 \text{ lb}$$

Factor de conversión de lb a kg

$$1.00 \text{ lb} = 0.453592 \text{ kg}$$

$$\text{Carga vertical} = 10 \times 0.453592$$

$$\text{Carga vertical} = 4.53592 \text{ kg}$$

$$\text{Esfuerzo normal} = \frac{\text{Carga vertical}}{\text{Area del molde caja de corte}} \tag{24}$$

$$\text{Esfuerzo normal} = 0.045 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$



Con la Ec. (24) se obtuvo el esfuerzo normal del suelo

Al finalizar el proceso de los cálculos para la obtención del esfuerzo de corte y desplazamiento horizontal determinado por el equipo de corte directo, se obtiene un registro de datos como resultado en el sistema inglés (ksf, in), el equipo de corte directo brinda estos datos al software (GEODAS) mediante la computadora, este software es parte del equipo de corte directo. Estos datos se tienen que convertir al sistema internacional de la siguiente forma.

Esfuerzo cortante. Calicata N°01. Muestra N°01

$$\text{Esfuerzo cortante (ksf)} = 0.00558075 \text{ (tabla N°20)}$$

$$\text{Factor de conversión} = 0.48824276270581 \text{ (S. ingles al S. Internacional)}$$

$$\text{Esfuerzo cortante} = 0.00558075 \times 0.48824276270581$$

$$\text{Esfuerzo cortante} = \mathbf{0.00272476079797045 \text{ (kg/cm}^2\text{)}}$$

Desplazamiento horizontal. Calicata N°01. Muestra N°01

$$\text{Desplazamiento horizontal (in)} = 0.004044241725825 \text{ (tabla N°20)}$$

$$\text{Factor de conversión} = 25.4 \text{ (S. ingles al S. Internacional)}$$

$$\text{Desplazamiento horizontal} = 0.004044241725825 \times 25.4$$

$$\text{Desplazamiento horizontal} = \mathbf{0.10272374 \text{ mm}}$$

Seguidamente al procesar las tres muestras de la calicata N°01 se obtuvieron los esfuerzos normales y los esfuerzos cortantes. Estos datos se procesan en Excel (hojas de cálculo) para obtener una tabla donde se determinó una recta lineal por el método de mínimos cuadrados cuya ecuación es el siguiente:



Ecuación de la recta lineal

$$y = ax + b \quad (25)$$

La Ec. (25) indica la ecuación de la recta lineal

Donde:

y= Ecuación de la recta lineal

a= pendiente de la recta cuya representación es su ángulo de fricción interna

b= Representa la cohesión del suelo

Método de mínimos cuadrados

$$a = \frac{n(\sum xi yi) - \sum (xi) \sum (yi)}{n(\sum xi^2) - (\sum xi)^2} \quad (26)$$

$$b = \frac{(\sum yi - a \sum xi)}{n} \quad (27)$$

La Ec. (26) y (27) muestran los parámetros independientes de la ecuación de la recta lineal.

Caculo del peso específico húmedo del material suelo. Calicata N°01

Proceso de cálculo de la prueba

$$\gamma = \frac{W.promedio}{V} \text{ tn/m}^3 \quad (28)$$

$$\gamma = \frac{451.873}{240.00} \text{ tn/m}^3$$



$$\gamma = 1.883 \text{ tn/m}^3$$

Con la Ec. (28) se obtiene el peso específico húmedo del suelo

Determinación del peso específico seco del material suelo. Calicata N°01. Muestra N°01.

Proceso de cálculo de la prueba

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{(1 + w\%)} \text{ tn/m}^3 \quad (29)$$

$$\gamma_d = \frac{1.883}{(1 + 12.623\%)} \text{ tn/m}^3$$

$$\gamma_d = 1.672 \text{ tn/m}^3$$

Con la Ec. (29) se obtiene el peso específico seco del suelo

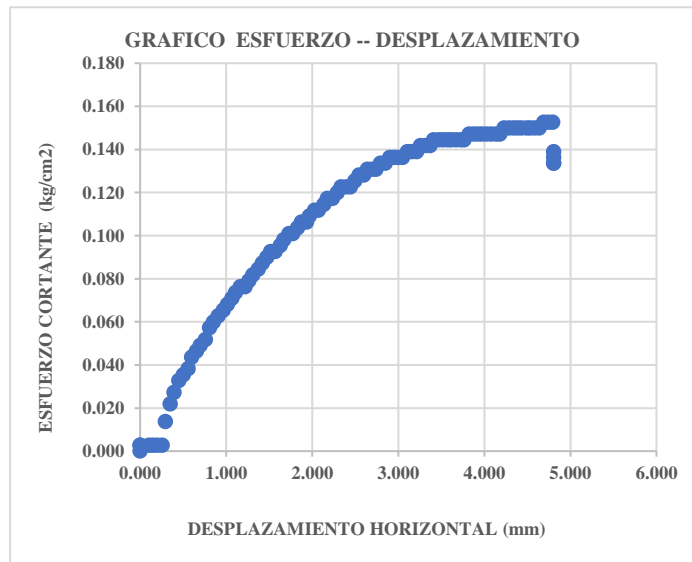
A continuación, se muestra los datos registrados en la siguiente tabla.



Tabla 20

Procesamiento y obtención de datos por el ensayo de corte directo, calicata N°01. Muestra N°01

Corte directo			
NTP 339.171 (ASTM D3080 - 72)			
Calicata	C - 01		
Tipo de muestra	Suelo marrón		
Prof. (m)=	0.00 a -2.00		
Muestra	M-01		
Masa:	446.580 gr	gr	Carga vertical 10 lb
Lado	Volumen	Esfuerzo normal	esfuerzo normal 0.045 kg/cm2
10.00 cm	240.000 cm3		
Altura	Peso específico	Condición de muestra	moldeado
2.400 cm	1.861 gr/cm3		
Área			
100 cm2			
English	Métrico convertido		
in	ksf	mm	kg/cm2
Shear_dis place	Shear_stre ss	Desplazamien to horizontal	Esfuerzo cortante
0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.006	0.000	0.003
0.000	0.006	0.000	0.003
0.004	0.006	0.103	0.003
0.006	0.006	0.152	0.003
0.008	0.006	0.201	0.003
0.010	0.006	0.254	0.003
0.012	0.028	0.293	0.014
0.014	0.045	0.350	0.022
0.016	0.056	0.394	0.027
0.018	0.067	0.448	0.033
0.020	0.073	0.501	0.035
0.022	0.078	0.555	0.038
0.023	0.089	0.597	0.044
0.026	0.095	0.653	0.046
0.028	0.100	0.699	0.049
0.030	0.106	0.758	0.052
0.032	0.117	0.805	0.057
0.033	0.123	0.849	0.060
0.036	0.128	0.907	0.063
0.038	0.134	0.966	0.065
0.040	0.140	1.015	0.068





English		Métrico convertido	
in Shear_dis place	ksf Shear_stre ss	mm Desplazamien to horizontal	kg/cm2 Esfuerzo cortante
0.042	0.145	1.066	0.071
0.044	0.151	1.108	0.074
0.046	0.156	1.164	0.076
0.048	0.156	1.218	0.076
0.050	0.162	1.262	0.079
0.052	0.167	1.309	0.082
0.054	0.173	1.370	0.084
0.056	0.179	1.419	0.087
0.058	0.184	1.472	0.090
0.060	0.190	1.516	0.093
0.062	0.190	1.570	0.093
0.064	0.195	1.629	0.095
0.066	0.201	1.668	0.098
0.068	0.206	1.727	0.101
0.070	0.206	1.773	0.101
0.072	0.212	1.827	0.104
0.074	0.218	1.873	0.106
0.076	0.218	1.932	0.106
0.077	0.223	1.966	0.109
0.080	0.229	2.025	0.112
0.081	0.229	2.069	0.112
0.084	0.234	2.133	0.114
0.086	0.240	2.174	0.117
0.088	0.240	2.233	0.117
0.090	0.246	2.289	0.120
0.092	0.251	2.336	0.123
0.094	0.251	2.397	0.123
0.096	0.251	2.443	0.123
0.098	0.257	2.495	0.125
0.100	0.262	2.541	0.128
0.102	0.262	2.597	0.128
0.104	0.268	2.641	0.131
0.106	0.268	2.693	0.131
0.108	0.268	2.739	0.131
0.110	0.273	2.793	0.134
0.112	0.273	2.849	0.134
0.114	0.279	2.898	0.136
0.116	0.279	2.947	0.136
0.118	0.279	2.999	0.136
0.120	0.279	3.050	0.136
0.122	0.285	3.104	0.139
0.124	0.285	3.155	0.139
0.126	0.285	3.211	0.139
0.128	0.290	3.258	0.142
0.131	0.290	3.317	0.142
0.133	0.290	3.368	0.142
0.134	0.296	3.409	0.144
0.137	0.296	3.473	0.144
0.139	0.296	3.520	0.144
0.141	0.296	3.576	0.144
0.142	0.296	3.615	0.144
0.145	0.296	3.671	0.144



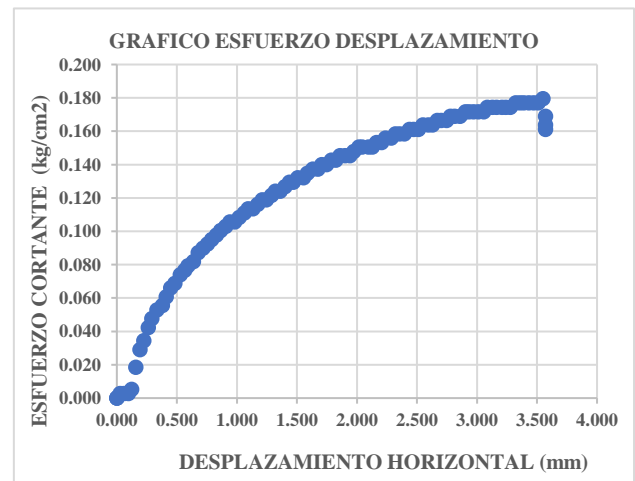
English		Métrico convertido	
in Shear_dis place	ksf Shear_stre ss	mm Desplazamien to horizontal	kg/cm2 Esfuerzo cortante
0.147	0.296	3.725	0.144
0.148	0.296	3.764	0.144
0.151	0.301	3.823	0.147
0.153	0.301	3.879	0.147
0.155	0.301	3.928	0.147
0.156	0.301	3.970	0.147
0.158	0.301	4.023	0.147
0.161	0.301	4.080	0.147
0.163	0.301	4.136	0.147
0.165	0.301	4.180	0.147
0.166	0.307	4.229	0.150
0.169	0.307	4.287	0.150
0.171	0.307	4.339	0.150
0.173	0.307	4.383	0.150
0.174	0.307	4.432	0.150
0.177	0.307	4.493	0.150
0.178	0.307	4.532	0.150
0.181	0.307	4.586	0.150
0.183	0.307	4.637	0.150
0.185	0.313	4.689	0.153
0.187	0.313	4.742	0.153
0.189	0.313	4.794	0.153
0.189	0.285	4.806	0.139
0.189	0.279	4.806	0.136
0.189	0.273	4.806	0.134
0.189	0.273	4.806	0.134
Esfuerzo cortante Max			0.153



Tabla 21

Procesamiento y obtención de datos por el ensayo de corte directo, calicata N°01. Muestra N°02

Corte directo			
NTP 339.171 (ASTM D3080 - 72)			
Calicata	C- 01		
Tipo de muestra	Suelo marrón		
Prof. (m)=	0.00 a -2.00		
Muestra	M-02		
Masa:	452.780 gr	gr	Carga vertical 20 lb
Lado	Volumen	Esfuerzo normal	esfuerzo normal 0.091 kg/cm2
10.00 cm	240.000 cm3		
Altura	Peso específico	Condición de muestra	moldeado
2.400 cm	1.887 gr/cm3		
Área			
100 cm2			
English		Métrico convertido	
in	ksf	mm	kg/cm2
Shear_dis place	Shear_stress	Desplazamiento horizontal	Esfuerzo cortante
0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000
0.001	0.005	0.027	0.003
0.002	0.005	0.059	0.003
0.004	0.005	0.097	0.003
0.005	0.011	0.123	0.005
0.006	0.038	0.157	0.018
0.008	0.059	0.192	0.029
0.009	0.070	0.225	0.034
0.010	0.087	0.264	0.042
0.012	0.097	0.293	0.048
0.013	0.108	0.333	0.053
0.015	0.114	0.379	0.055
0.016	0.124	0.412	0.061
0.018	0.135	0.451	0.066
0.019	0.141	0.483	0.069
0.021	0.151	0.529	0.074





English		Métrico convertido	
in Shear_dis place	ksf Shear_stress	mm Desplazamiento horizontal	kg/cm2 Esfuerzo cortante
0.022	0.157	0.568	0.077
0.023	0.162	0.593	0.079
0.025	0.168	0.639	0.082
0.027	0.178	0.679	0.087
0.034	0.205	0.866	0.100
0.036	0.211	0.908	0.103
0.037	0.216	0.943	0.106
0.039	0.216	0.982	0.106
0.040	0.222	1.020	0.108
0.042	0.227	1.062	0.111
0.043	0.233	1.093	0.114
0.045	0.233	1.135	0.114
0.046	0.238	1.176	0.116
0.048	0.243	1.212	0.119
0.049	0.243	1.247	0.119
0.051	0.249	1.289	0.121
0.052	0.254	1.320	0.124
0.054	0.254	1.361	0.124
0.055	0.260	1.401	0.127
0.057	0.265	1.438	0.129
0.058	0.265	1.471	0.129
0.059	0.270	1.509	0.132
0.061	0.270	1.557	0.132
0.063	0.276	1.588	0.135
0.064	0.281	1.634	0.137
0.066	0.281	1.676	0.137
0.067	0.287	1.709	0.140
0.069	0.287	1.747	0.140
0.070	0.292	1.787	0.143
0.072	0.292	1.826	0.143
0.073	0.297	1.861	0.145
0.075	0.297	1.903	0.145
0.076	0.297	1.941	0.145
0.078	0.303	1.974	0.148
0.079	0.308	2.018	0.150
0.080	0.308	2.044	0.150
0.083	0.308	2.097	0.150
0.084	0.308	2.128	0.150
0.085	0.314	2.165	0.153
0.087	0.314	2.207	0.153
0.088	0.319	2.240	0.156
0.090	0.319	2.286	0.156
0.091	0.324	2.320	0.158
0.093	0.324	2.355	0.158
0.094	0.324	2.395	0.158
0.096	0.330	2.438	0.161
0.097	0.330	2.474	0.161
0.099	0.330	2.513	0.161
0.100	0.335	2.549	0.164
0.102	0.335	2.595	0.164
0.104	0.335	2.630	0.164
0.105	0.341	2.670	0.166



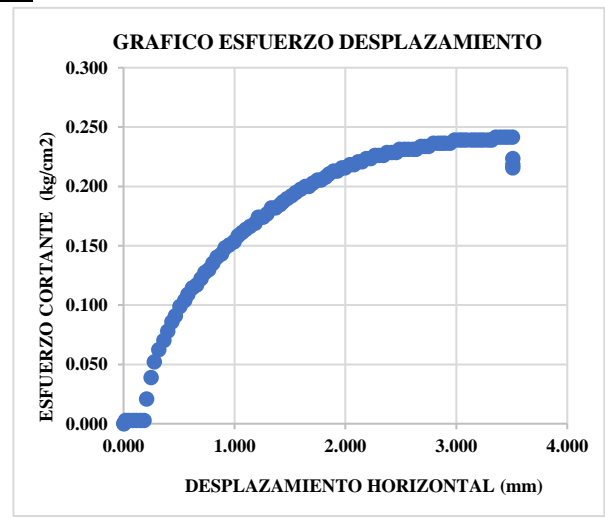
English		Métrico convertido	
in Shear_dis place	ksf Shear_stress	mm Desplazamiento horizontal	kg/cm2 Esfuerzo cortante
0.106	0.341	2.701	0.166
0.108	0.341	2.747	0.166
0.109	0.346	2.780	0.169
0.111	0.346	2.815	0.169
0.113	0.346	2.861	0.169
0.114	0.351	2.905	0.172
0.116	0.351	2.934	0.172
0.117	0.351	2.970	0.172
0.119	0.351	3.013	0.172
0.120	0.351	3.057	0.172
0.122	0.357	3.088	0.174
0.123	0.357	3.128	0.174
0.125	0.357	3.163	0.174
0.126	0.357	3.210	0.174
0.128	0.357	3.241	0.174
0.129	0.357	3.278	0.174
0.131	0.362	3.324	0.177
0.132	0.362	3.359	0.177
0.133	0.362	3.390	0.177
0.135	0.362	3.434	0.177
0.137	0.362	3.472	0.177
0.138	0.362	3.511	0.177
0.140	0.368	3.549	0.180
0.141	0.346	3.573	0.169
0.141	0.335	3.573	0.164
0.141	0.330	3.573	0.161
Esfuerzo cortante Máx.			0.180



Tabla 22

Procesamiento y obtención de datos por el ensayo de corte directo, calicata N°01. Muestra N°03

Corte directo			
NTP 339.171 (ASTM D3080 - 72)			
Calicata	C - 01		
Tipo de muestra	Suelo marrón		
Prof. (m)=	0.00 a -2.00		
Muestra	M-03	Carga vertical	40 lb
Masa:	452.780 gr		gr
Lado	Volumen	Esfuerzo normal	esfuerzo normal 0.181 kg/cm2
10.00 cm	240.000 cm ³		
Altura	Peso específico		
2.400 cm	1.901 gr/cm ³	Condición de muestra	moldeado
Área			
100 cm ²			
English		Métrico convertido	
in	ksf	mm	kg/cm ²
Shear_displace	Shear_stress	Desplazamiento horizontal	Esfuerzo cortante
0.000	0.000	0.004	0.000
0.000	0.000	0.004	0.000
0.001	0.005	0.018	0.003
0.002	0.005	0.047	0.003
0.003	0.005	0.083	0.003
0.005	0.005	0.115	0.003
0.006	0.005	0.151	0.003
0.007	0.005	0.184	0.003
0.008	0.043	0.207	0.021
0.010	0.080	0.249	0.039
0.011	0.106	0.277	0.052
0.012	0.128	0.317	0.062
0.014	0.144	0.362	0.070
0.016	0.160	0.398	0.078
0.017	0.176	0.434	0.086
0.018	0.186	0.468	0.091
0.020	0.202	0.508	0.099
0.022	0.213	0.549	0.104





English		Métrico convertido	
in Shear_di splace	ksf Shear_stress	mm Desplazamiento horizontal	kg/cm2 Esfuerzo cortante
0.023	0.223	0.578	0.109
0.024	0.234	0.620	0.114
0.026	0.239	0.657	0.117
0.028	0.250	0.699	0.122
0.035	0.293	0.883	0.143
0.036	0.303	0.915	0.148
0.037	0.308	0.951	0.151
0.039	0.314	0.996	0.153
0.041	0.324	1.032	0.158
0.042	0.330	1.066	0.161
0.043	0.335	1.102	0.164
0.045	0.340	1.140	0.166
0.047	0.346	1.185	0.169
0.048	0.356	1.216	0.174
0.050	0.356	1.259	0.174
0.051	0.362	1.291	0.177
0.052	0.372	1.333	0.182
0.054	0.372	1.369	0.182
0.056	0.378	1.410	0.184
0.057	0.383	1.437	0.187
0.058	0.388	1.475	0.190
0.060	0.394	1.515	0.192
0.061	0.399	1.553	0.195
0.063	0.404	1.594	0.197
0.064	0.410	1.637	0.200
0.066	0.410	1.670	0.200
0.067	0.415	1.704	0.203
0.069	0.420	1.749	0.205
0.070	0.420	1.780	0.205
0.072	0.425	1.819	0.208
0.073	0.431	1.853	0.210
0.075	0.436	1.893	0.213
0.076	0.436	1.927	0.213
0.077	0.441	1.967	0.216
0.079	0.441	1.996	0.216
0.080	0.447	2.041	0.218
0.082	0.447	2.078	0.218
0.083	0.452	2.115	0.221
0.085	0.452	2.151	0.221
0.086	0.457	2.187	0.223
0.088	0.457	2.228	0.223
0.089	0.463	2.266	0.226
0.091	0.463	2.302	0.226
0.092	0.463	2.341	0.226
0.094	0.468	2.376	0.229
0.095	0.468	2.419	0.229
0.097	0.468	2.457	0.229
0.098	0.473	2.486	0.231
0.100	0.473	2.531	0.231
0.101	0.473	2.567	0.231
0.103	0.473	2.608	0.231
0.104	0.473	2.637	0.231



English		Métrico convertido	
in	ksf	mm	kg/cm2
Shear_di splace	Shear_stress	Desplazamiento horizontal	Esfuerzo cortante
0.106	0.479	2.680	0.234
0.107	0.479	2.718	0.234
0.108	0.479	2.748	0.234
0.110	0.484	2.794	0.236
0.112	0.484	2.837	0.236
0.113	0.484	2.869	0.236
0.114	0.484	2.900	0.236
0.116	0.484	2.941	0.236
0.117	0.489	2.984	0.239
0.119	0.489	3.022	0.239
0.120	0.489	3.055	0.239
0.122	0.489	3.089	0.239
0.123	0.489	3.136	0.239
0.125	0.489	3.172	0.239
0.126	0.489	3.208	0.239
0.128	0.489	3.244	0.239
0.129	0.489	3.285	0.239
0.131	0.489	3.318	0.239
0.132	0.495	3.355	0.241
0.134	0.495	3.395	0.241
0.135	0.495	3.433	0.241
0.137	0.495	3.469	0.241
0.138	0.495	3.505	0.241
0.138	0.457	3.509	0.223
0.138	0.447	3.509	0.218
0.138	0.441	3.509	0.216
Esfuerzo cortante Máx.			0.241



Tabla 23

Resultado de los datos por el ensayo de corte directo, ángulo de fricción interna y cohesión.

Calicata N°01

Corte directo

NTP 339.171 (ASTM D3080)

Fecha:	30/05/2022
Clima:	templado - seco
Calicata:	C - 01
Tipo de muestra:	Suelo marrón
Prof. (m):	0.00 a -2.00

Condición de muestra.	Moldeado	
Humedad	12.623	%
Peso específico	1.883	tn/m ³
Velocidad de ensayo	0.021	in/min
Velocidad de ensayo	0.533	mm/min

Muestra	Resumen	
	Esfuerzo normal (kg/cm ²)	Esfuerzo cortante (kg/cm ²)
M-01	0.045	0.153
M-02	0.091	0.180
M-03	0.181	0.241
Cohesión pendiente	b a	0.1216 0.6575
Cohesión	0.1216	kg/cm ²
Angulo	33.32	°

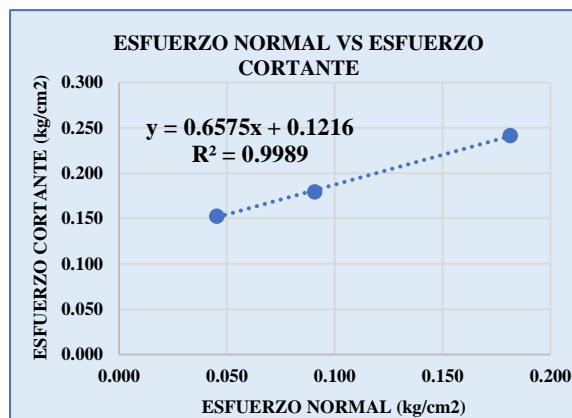




Tabla 24

Resultado de los ensayos realizados. Tipo de suelo, peso específico, ángulo de fricción y cohesión

	Profundidad (m)	Tipo de suelo según (SUCS)	Peso específico húmedo tn/m³	Angulo de fricción °	Cohesión tn/m²
Calicata N°01	0.00 a - 2.00	GC - GM	1.883	33.32	1.216
Calicata N°02	0.00 a - 2.00	GC - GM	1.923	33.35	1.236
Calicata N°03	0.00 a - 2.00	GC - GM	1.990	34.13	1.036

Análisis de estudio

Se determinaron los pesos específicos, el ángulo de fricción interna y cohesión de todas muestras de suelo ensayadas de la calicata N°01, calicata N°02 y calicata N°03 respectivamente.

3.7.1.8. Precipitación pluvial.

Para la obtención del registro de los datos de las precipitaciones pluviales se recurrió a la Estación Meteorológica más cercana a la zona de investigación, para este caso fue. Luis Olazo Olivera Perayoc (UNSAAC) y una segunda Estación Meteorológica. Agrícola Principal MAP Granja Kayra - Senamhi, con el fin de hacer una comparabilidad de los registros de mediciones y obtener la precipitación máxima diaria de ambas estaciones.

Se realizó la solicitud del registro de datos a la Estación Meteorológica de Perayoc, Luis Olazo Olivera (UNSAAC) y de la Estación Meteorológica Agrícola Principal MAP Granja Kayra - Senamhi.

Figura 46

Pluviógrafo mecánico en la estación meteorológica de Luis Olazo Olivera. Perayoc. (UNSAAC),



Figura 47

Estación automática DAVIS en la estación meteorológica de Luis Olazo Olivera. Perayoc. (UNSAAC).



A continuación, se muestran los registros de los datos de precipitación pluvial obtenidos de las Estaciones Meteorológicas.



Tabla 25

Procesamiento del registro de datos. Estación Meteorológica Agrícola Principal MAP Granja Kayra - Senamhi

Precipitación pluviométrica														
Estación Meteorológica. Agrícola Principal Map Granja Kayra - Senamhi										Latitud: 13° 33' 24.7"				
										Longitud: 71° 52' 29.8"				
										Altitud: 3210 msnm				
Precipitación diaria máxima en 24 horas (mm)														
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAXIMO
1	1982	27.4	16.0	29.6	17.1	0.0	5.0	3.4	1.4	3.2	13.4	21.4	18.0	29.6
2	1983	17.4	21.4	13.1	7.5	2.8	2.6	0.5	0.5	4.4	8.2	10.5	20.7	21.4
3	1984	36.5	19.4	14.3	25.9	0.0	0.9	1.0	7.0	2.1	18.6	9.6	31.4	36.5
4	1985	18.1	31.2	24.6	5.0	6.2	4.8	0.9	0.0	13.0	13.1	13.6	20.1	31.2
5	1986	12.5	26.2	14.5	20.8	2.8	0.0	1.8	2.6	3.4	8.0	18.0	27.5	27.5
6	1987	42.1	11.2	19.9	4.4	1.0	0.8	4.6	0.0	4.1	4.9	18.0	20.4	42.1
7	1988	28.4	14.3	35.2	23.8	1.8	0.0	0.0	0.0	7.7	20.2	18.4	25.2	35.2
8	1989	21.2	41.9	15.5	16.3	3.6	6.1	0.0	3.8	16.0		14.0	24.1	41.9
9	1990	26.5	20.3	11.3	8.9	3.6	9.3	0.0	3.6	5.3	14.0	14.5	19.5	26.5
10	1991	25.5	37.6	37.1	14.2	4.8	2.7	1.5	0.0	12.8	13.4	17.5	25.2	37.6
11	1992	13.9	18.8	21.2	6.8	0.0	19.1	0.0	14.0	5.2	16.2	22.6	15.4	22.6
12	1993	48.5	17.4	24.2	2.9	0.9	0.0	1.5	5.3	6.9	14.6	15.6	44.1	48.5
13	1994	39.6	30.0	20.4	12.3	8.6	0.0	0.0	0.0	10.5	17.4	7.1	28.3	39.6
14	1995	23.2	18.5	14.3	6.8	0.0	0.0	0.4	1.2	19.8	8.3	34.6	20.7	34.6
15	1996	24.6	17.3	31.3	7.4	6.0	0.0	0.0	3.0	8.3	11.6	10.5	23.8	31.3
16	1997	20.1	18.2	24.9	9.5	4.1	0.0	0.0	3.5	5.1	12.9	47.0	30.0	47.0
17	1998	35.9	23.1	4.9	11.7	1.0	1.9	0.0	1.5	3.3	11.1	18.9	14.1	35.9
18	1999	12.7	14.9	17.0	13.6	1.3	3.2	1.0	0.0	10.9	7.2	19.3	16.4	19.3
19	2000	25.5	24.9	22.6	5.7	0.8	4.5	1.5	2.4	4.9	9.5	17.3	11.4	25.5
20	2001	15.6	31.0	21.4	10.6	4.3	0.0	9.9	3.6	5.4	15.9	23.1	11.6	31.0
21	2002	21.2	25.1	13.5	8.1	5.7	1.0	6.9	2.4	2.6	15.2	26.7	23.5	26.7
22	2003	24.6	24.0	18.0	39.1	1.0	6.4	0.0	10.8	1.7	10.2	7.0	23.4	39.1
23	2004	24.5	30.8	12.6	6.4	1.4	12.6	8.0	4.9	7.3	14.7	11.0	25.2	30.8
24	2005	23.0	13.2	27.8	23.2	2.0	0.4	1.2	2.2	2.1	13.6	11.7	17.2	27.8
25	2006	37.3	51.6	26.4	30.2	0.2	4.0	0.0	5.4	4.1	15.0	12.6	15.3	51.6
26	2007	26.7	13.7	19.7	32.9	3.4	0.0	3.0	0.0	1.0			16.9	32.9
27	2008	25.6	27.9	11.2	5.6	2.8	1.0	0.0	2.0	8.3	11.2	24.5	16.4	27.9
28	2009	27.8	17.8	23.6	5.9	2.5	0.0	1.8	0.4	7.6	2.2	24.1	11.9	27.8
29	2010	41.2	25.7	25.7	5.1	1.3	0.0	1.4	2.6	3.0	18.6	10.9	35.9	41.2
30	2011	22.6	22.0	25.0	15.6	1.7	3.2	3.0	0.0	9.6	18.9	29.8	14.6	29.8
31	2012	14.8	47.0	8.1	28.4	3.4	1.2	0.0	0.1	10.3	9.2	30.7	24.3	47.0
32	2013	20.5	21.1	18.7	4.5	14.6	3.0	1.0	6.2	2.7	17.9	13.7	27.2	27.2
33	2014	31.1	21.9	8.8	16.9	4.4	0.0	1.4	3.0	7.0		15.8	35.6	35.6
34	2015	38.3	23.6	9.7	12.5	8.0	2.3	5.5	3.0	6.2	6.3	16.5	23.1	38.3
35	2016	19.1	24.2	9.0	5.4	3.0	0.0	4.5	0.5	2.9	22.7	12.8	14.5	24.2
36	2017	24.6		24.9	9.8	5.9	5.8	0.0	7.0	12.7	7.1	14.8	12.9	24.9
37	2018	20.1	27.7	33.9	12.5	0.2	11.6	5.1	3.3	4.5	20.0	13.6	23.0	33.9
38	2019	22.2	17.5	34.0	14.8	10.9	0.8	1.8	0.0	3.8	34.3	25.6	17.8	34.3
39	2020	26.7	20.2					8.2	1.0	3.3	2.7	17.0	22.6	26.7
40	2021	28.8	20.7	11.0			10.7	0.0	4.2	0.9	13.1	25.3	20.0	28.8
Máximo (mm)		48.5	51.6	37.1	39.1	14.6	19.1	9.9	14.0	19.8	34.3	47.0	44.1	51.6
Nº de Datos		40	39	39	38	38	39	40	40	40	37	39	40	40.0



Tabla 26

Procesamiento del registro de datos. Estación Meteorológica Luis Olazo Olivera Perayoc-UNSAAC

Precipitación pluviométrica														
Estación Meteorológica. Luis Olazo Olivera Perayoc UNSAAC										Latitud:		13° 13' 16"		
										Longitud:		71° 57' 53"		
										Altitud:		3365 msnm		
Precipitación diaria máxima en 24 horas (mm)														
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAXIMO
1	1982	40.0	33.0	35.1	22.0	0.0	0.8	3.8	5.0	17.1	29.2	25.5	29.8	40.0
2	1983	27.5	19.0	22.9	8.0	2.4	26.0	0.7	0.0	1.3	11.8	11.2	33.0	33.0
3	1984	21.4	27.8	14.8	16.2	0.2	4.5	0.2	7.7	18.9	25.5	14.7	27.5	27.8
4	1985	17.2	73.3	18.7	19.9	8.7	10.2	3.0	5.1	12.2	15.8	27.0	25.0	73.3
5	1986	26.5	15.2	1.9	21.5	2.5	0.0	2.8	5.6	2.4	13.2	27.0	24.2	27.0
6	1987	31.5	26.7	20.5	17.0	2.8	8.8	7.7	0.0	5.3	27.5	14.5	37.2	37.2
7	1988	38.2	23.4	36.8	21.6	1.2	0.0	0.0	0.0	12.2	30.0	15.0	24.0	38.2
8	1989	30.3	25.0	22.0	22.0	2.1	4.4	0.0	4.3	6.5	38.6	16.5	18.0	38.6
9	1990	59.0	15.8	14.0	33.3	5.0	10.3	0.0	6.2	11.2	38.3	20.0	18.5	59.0
10	1991	29.2	50.0	39.3	25.5	3.9	5.2	1.0	0.0	15.0	55.2	19.0	20.2	55.2
11	1992	26.5	24.0	20.0	7.2	1.0	5.0	21.5	22.1	5.4	11.0	37.0	21.2	37.0
12	1993	40.2	20.8	18.7	6.0	1.7	0.0	1.1	12.0	2.2	16.5	16.3	33.4	40.2
13	1994	21.5	37.5	32.9	16.1	5.0	0.0	0.0	0.0	7.7	12.1	12.7	27.0	37.5
14	1995	23.2	23.2	32.0	11.5	0.8	0.3	2.8	0.0	32.6	8.2	9.4	19.4	32.6
15	1996	20.0	18.4	8.8	5.0	7.6	0.6	0.0	3.6	7.9	19.8	13.6	20.7	20.7
16	1997	22.1	14.8	23.1	15.5	3.2	0.0	0.0	2.7	3.6	8.3	28.8	29.5	29.5
17	1998	44.0	30.6	11.5	10.5	2.0	2.1	0.0	4.2	1.2	10.8	25.0	20.4	44.0
18	1999	30.5	16.5	15.2	18.0	9.2	6.0	0.0	0.0	12.5	11.9	12.9	25.6	30.5
19	2000	24.3	14.5	17.7	4.0	1.5	2.7	1.2	2.0	16.0	14.4	36.3	13.8	36.3
20	2001	27.0	23.5	25.2	7.5	2.4	0.0	19.8	5.0	9.5	21.1	14.3	28.0	28.0
21	2002	27.7	28.5	29.5	8.8	5.5	2.2	8.0	3.0	3.3	18.0	19.0	22.6	29.5
22	2003	42.8	22.8	15.8	29.8	2.5	5.0	0.0	9.5	5.8	6.5	22.0	25.0	42.8
23	2004	22.9	18.3	20.0	20.2	1.2	16.5	8.3	7.7	14.6	10.8	10.0	17.8	22.9
24	2005	21.8	15.8	25.5	16.5	0.4	0.0	1.0	2.9	4.6	11.4	16.0	10.0	25.5
25	2006	35.7	26.0	14.5	17.6	0.0	4.2	0.0	3.3	9.2	20.0	18.6	20.5	35.7
26	2007	16.7	15.8	30.0	20.0	13.0	0.0	2.5	0.8	3.0	27.7	25.3	20.0	30.0
27	2008	18.8	20.3	15.0	3.5	2.5	1.0	2.1	3.0	4.3	31.5	16.8	20.0	31.5
28	2009	17.0	22.4	14.0	12.0	0.8	0.0	0.0	3.0	10.0	10.7	23.0	16.0	23.0
29	2010	47.0	35.0	27.0	7.0	4.8	0.0	44.0	4.5	2.8	23.0	17.0	22.6	47.0
30	2011	28.4	30.0	32.0	17.0	0.5	0.0	3.3	0.0	17.8	13.2		19.0	32.0
31	2012	9.6	19.2	16.4	19.8	2.2	2.0	0.2	0.6	5.6	6.8	20.2	28.2	28.2
32	2013	22.4	35.4	21.2	9.8	4.0	6.9	2.5	13.7	7.5	35.0	28.0	25.1	35.4
33	2014	30.5	17.1	8.9	18.2	10.8	0.0	1.4	5.0	5.7	29.6	6.1	24.3	30.5
34	2015	21.5	35.0	23.8	12.5	5.5	3.9	9.1	3.8	10.3	8.7	14.7	26.7	35.0
35	2016	11.4	22.6	19.7	11.5	4.8	0.2	5.1	0.5	10.0	14.2	10.8	15.0	22.6
36	2017	22.2	17.4	30.3	12.8	6.3	5.0	0.3	10.4	4.7	9.2	14.6	20.0	30.3
37	2018	20.6	35.6	38.6	14.5	1.4	12.0	11.9	5.3	7.4	18.5	15.2	24.6	38.6
38	2019	16.4	17.0	26.9	7.0	8.4	1.8	2.5	0.0	5.1	24.4	18.9	22.8	26.9
39	2020	35.5	35.8	27.9	4.3	8.1	0.3	1.0	0.8	0.6	5.5	17.6	31.0	35.8
40	2021	35.6	29.4	13.4	14.5	3.7	0.5	0.0	1.6	4.6	7.9	12.5	17.0	35.6
Máximo (mm)		59.0	73.3	39.3	33.3	13.0	26.0	44.0	22.1	32.6	55.2	37.0	37.2	73.3
N°de datos		40	39	39	38	38	39	40	40	40	37	39	40	40.0



Tabla 27

Resumen de datos máximos de precipitación pluvial obtenidos de las Estaciones Meteorológicas

Estación Meteorológica Agrícola Principal MAP - Granja Kayra - Senamhi			
Precipitación pluvial diaria máxima 24 horas			
mm			
Ítem	Año	Máxima precipitación mensual	Máximo valor (mm)
1	1982	Marzo	29.6
2	1983	Febrero	21.4
3	1984	Enero	36.5
4	1985	Febrero	31.2
5	1986	Diciembre	27.5
6	1987	Enero	42.1
7	1988	Marzo	35.2
8	1989	Febrero	41.9
9	1990	Enero	26.5
10	1991	Febrero	37.6
11	1992	Noviembre	22.6
12	1993	Enero	48.5
13	1994	Enero	39.6
14	1995	Noviembre	34.6
15	1996	Marzo	31.3
16	1997	Noviembre	47.0
17	1998	Enero	35.9
18	1999	Noviembre	19.3
19	2000	Enero	25.5
20	2001	Febrero	31.0
21	2002	Noviembre	26.7
22	2003	Abril	39.1
23	2004	Febrero	30.8

Estación Meteorológica Luis Olazo Olivera Perayoc - Unsaac			
Precipitación pluvial diaria máxima 24 horas			
mm			
Ítem	Año	Máxima precipitación mensual	Máximo valor (mm)
1	1982	Marzo	40.0
2	1983	Febrero	33.0
3	1984	Enero	27.8
4	1985	Febrero	73.3
5	1986	Diciembre	27.0
6	1987	Enero	37.2
7	1988	Marzo	38.2
8	1989	Febrero	38.6
9	1990	Enero	59.0
10	1991	Febrero	55.2
11	1992	Noviembre	37.0
12	1993	Enero	40.2
13	1994	Enero	37.5
14	1995	Noviembre	32.6
15	1996	Marzo	20.7
16	1997	Noviembre	29.5
17	1998	Enero	44.0
18	1999	Noviembre	30.5
19	2000	Enero	36.3
20	2001	Febrero	28.0
21	2002	Noviembre	29.5
22	2003	Abril	42.8
23	2004	Febrero	22.9



24	2005	Marzo	27.8	24	2005	Marzo	25.5
25	2006	Febrero	51.6	25	2006	Febrero	35.7
26	2007	Abril	32.9	26	2007	Abril	30.0
27	2008	Febrero	27.9	27	2008	Febrero	31.5
28	2009	Abril	27.8	28	2009	Abril	23.0
29	2010	Enero	41.2	29	2010	Enero	47.0
30	2011	Noviembre	29.8	30	2011	Noviembre	32.0
31	2012	Febrero	47.0	31	2012	Febrero	28.2
32	2013	Diciembre	27.2	32	2013	Diciembre	35.4
33	2014	Diciembre	35.6	33	2014	Diciembre	30.5
34	2015	Enero	38.3	34	2015	Enero	35.0
35	2016	Febrero	24.2	35	2016	Febrero	22.6
36	2017	Marzo	24.9	36	2017	Marzo	30.3
37	2018	Marzo	33.9	37	2018	Marzo	38.6
38	2019	Octubre	34.3	38	2019	Octubre	26.9
39	2020	Enero	26.7	39	2020	Enero	35.8
40	2021	Enero	28.8	40	2021	Enero	35.6
Máximo (mm)			51.600	Máximo (mm)			73.300
N° de datos			40	N de datos			40



Análisis de estudio

Se realizó una comparación de los registros de los datos y resulta ser la Estación Meteorológica Luis Olazo Olivera de Perayoc (UNSAAC) la que tiene la máxima precipitación diaria con un valor de 73.30 mm que fue registrado en el mes de febrero del año 1985 y es la más cercana a la zona de investigación.

Conversión de unidades.

Demostrar que:

$$73.33 \text{ mm} = 73.30 \text{ lt/m}^2$$

Sabemos que:

$$1 \text{ mm} = \frac{1 \text{ lt}}{\text{m}^2}$$

$$1 \text{ lt} = 1 \text{ dm}^3$$

Demostremos que:

$$\frac{1 \text{ lt}}{\text{m}^2} = \frac{1 \text{ dm}^3}{\text{m}^2} = \frac{(10^{-1})^3 \text{ m}^3}{\text{m}^2} = \frac{10^{-3} \text{ m}^3}{\text{m}^2} = 10^{-3} \text{ m} = 1 \text{ mm}$$

Por consiguiente:

$$73.30 \text{ mm} = \frac{73.30 \text{ lt}}{\text{m}^2}$$

Para la presente investigación se tiene un área de afectación de la zona levantada topográficamente:

$$751.50 \text{ m}^2$$



Por consiguiente.

$$\begin{array}{r}
 73.30 \text{ lt/día} \text{ ----- } 1 \text{ m}^2 \\
 X \text{ ----- } 751.50 \text{ m}^2 \\
 X = 55084.95 \text{ lt/día}
 \end{array}$$

Convertimos matemáticamente a minutos

$$\frac{55084.95 \text{ lt}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ día}}{1440 \text{ min}} = 38.25 \text{ lt/min}$$

Por consiguiente:

$$73.30 \text{ mm} = 38.25 \text{ lt/min}$$

Área de suelo afectado para ensayo de permeabilidad insitu

$$0.3\text{m} \times 0.3\text{m} = 0.09 \text{ m}^2$$

Por consiguiente.

$$\begin{array}{r}
 73.30 \text{ lt/día} \text{ ----- } 1 \text{ m}^2 \\
 X \text{ ----- } 0.09 \text{ m}^2 \\
 X = 6.597 \text{ lt/día}
 \end{array}$$

Convertimos matemáticamente a minutos

$$\frac{6.597 \text{ lt}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ día}}{1440 \text{ min}} = 0.0046 \text{ lt/min}$$



Por consiguiente:

$$73.30 \text{ mm} = 0.0046 \text{ lt/min}$$

Este caudal obtenido de 0.0046 lt/min, no fue dato para el cálculo del coeficiente de permeabilidad del suelo, debido a que es demasiado bajo para controlar los descensos cada 5 minutos.

3.7.1.9. Ensayo de permeabilidad del suelo con el método de Lefranc (insitu) con nivel de carga constante.

3.7.1.9.1. Herramientas para el ensayo.

- Tubo de 2 ½ de pulgada PVC cribado (20 cm)
- Pico
- Pala
- Barreta
- Balde de plástico (20 lt)
- Recipiente de plástico (2 lt)
- Cinta métrica metálica (flexómetro)
- Agua
- Cronometro
- Libreta de apuntes
- Cámara fotográfica



Figura 48

Herramientas utilizadas durante la prueba de ensayo



3.7.1.9.2. Procedimiento

Se realizó la excavación del agujero lo más cercano a las calicatas excavadas anteriormente anexo N°2 y N°3 que fueron para los ensayos de mecánica de suelos, para este ensayo de permeabilidad método Lefranc con nivel de carga constante, las dimensiones de excavación fueron de 0.30 x 0.30 x 0.60 m, con la ayuda de las herramientas manuales como son el pico, pala y la barreta.



Figura 49

Excavación del agujero N°02



Seguidamente terminado de realizar las excavaciones con las dimensiones establecidas, se procedió a colocar la tubería cribada de 2 ½ de pulgada al agujero excavado, y el mismo procedimiento se realizó para los tres agujeros.

Figura 50

Colocación de la tubería cribada para el agujero N°02





Se procedió con la saturación del suelo superficial con 6 litros de agua al alrededor de la tubería cribada y se esperó un tiempo de 10 minutos hasta que se sature, para luego continuar vertiendo.

Según Sánchez San Román (2011), sugiere que se trabaje con un caudal de 8.00 litros/minuto dentro de la tubería cribada de 2 ½ de pulgada hasta su llenado con el fin de controlar el descenso del agua, se realizó en seis etapas vertiendo agua cada 5 minutos y controlando su descenso en las seis etapas, para esto se realiza con nivel constante, sugerido para suelos tipo grava. El descenso del agua se controló mediante un cronometro.

Figura 51

Llenado con agua la tubería cribada de PVC en el agujero N°01 y N°03



3.7.1.9.3. Proceso del calculo

Cálculo del coeficiente de permeabilidad. Calicata N°01.

Determinar el factor de forma (C)

Longitud de cribado: $L = 0.20 \text{ m}$

Diámetro de tubo cribado: $D = (2.5'' \times 2.54 \text{ cm}) / 100$



$$D = 0.064 \text{ m}$$

$$C = \frac{2\pi \times 0.2}{\ln\left(\frac{2 \times 0.2}{0.064}\right)}$$

$$C = 0.683 \text{ m}$$

Se determino el coeficiente de permeabilidad, con un caudal inyectado según el material de suelo grava que es sugerido por el autor de 8.00 lt/ minuto.

No se trabajó con el caudal calculado anteriormente de precipitación pluvial que es equivalente a 0.0046 lt/min debido a que este caudal es demasiado bajo para poder controlar los descensos cada 5 minutos.

Conversión de unidades de lt/minuto a m3/día

$$Q = \frac{8.00 \text{ lt}}{\text{min}} \times \frac{0.0001 \text{ m}^3}{1 \text{ lt}} \times \frac{1 \text{ min}}{0.000694444 \text{ dia}}$$

$$Q = 11.52 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Cálculo de la altura de descenso hm (m) cada 5 minutos

Longitud de tubo PVC = L= 0.60 m

Altura de descenso del agua cada 5 minutos (hm)

$$hm1 = 0.122 \text{ m}$$

$$hm2 = 0.120 \text{ m}$$

$$hm3 = 0.119 \text{ m}$$

$$hm4 = 0.120 \text{ m}$$

$$hm5 = 0.119 \text{ m}$$



$$h_{m6} = 0.121 \text{ m}$$

$$h_m (\text{promedio}) = (0.122 + 0.12 + 0.119 + 0.12 + 0.119 + 0.121) / 6$$

$$h_m (\text{promedio}) = 0.12 \text{ m}$$

Cálculo del coeficiente de permeabilidad

$$K = \frac{11.52 \text{ m}^3/\text{día}}{0.683 \text{ m} \times 0.12 \text{ m}}$$

$$K = 140.556 \text{ m/día}$$

$$K = 0.162 \text{ cm/s}$$

Se siguió el mismo procedimiento para la calicata N°02 y calicata N°03 donde se tuvo resultados parecidos de permeabilidad del suelo.

Concluido el trabajo del ensayo se registraron todos los datos de descenso del agua que fueron constantes y se muestran en la siguiente tabla.



Tabla 28

Determinación del coeficiente de permeabilidad del suelo. calicata N°01, N°02 y N°03

Cálculo del coeficiente de permeabilidad "k" con el método de ensayo Lefranc con nivel de carga constante (insitu)			
Datos del ensayo	Agujero N°01	Agujero N°02	Agujero N°03
Diámetro del tubo (")	2 1/2"	2 1/2"	2 1/2"
Diámetro del tubo (m)	0.064	0.064	0.064
Profundidad (m)	0.600	0.600	0.600
Caudal inyectado (lt/min)	8.000	8.000	8.000
Tiempo (seg)	600.000	600.000	600.000
Longitud de filtrado (m)	0.200	0.200	0.200
hm (m)	0.120	0.170	0.152
Longitud (m)	0.600	0.600	0.600
Factor de forma (C)	0.683	0.683	0.683
Coeficiente de permeabilidad. K (cm/s)	0.162	0.115	0.129

Análisis de estudio

El grado de permeabilidad del suelo es alto, el agujero N°01 ubicado en la base de la ladera presenta la permeabilidad más alta y este tipo de suelo es apto para drenaje.

3.7.2. Determinación y análisis del factor de seguridad usando el software educativo de análisis de estabilidad de taludes Geo Slope V-8.15

Proceso de cálculo

Para la obtención del factor de seguridad se requirió de datos como los puntos topográficos (alturas y distancias horizontales) para así obtener la pendiente de cada perfil longitudinal, pesos específicos de los tres puntos excavados, ángulos de fricción y cohesiones del material suelo.



3.7.2.1. Solicitaciones para el ingreso de datos al software educativo Geo-Slope V-8.15.

- Puntos topográficos obtenidos AutoCAD civil 3D y de la hoja de cálculo (Excel), para el modelamiento en 2D y el análisis de estabilidad en el software Geo Slope educativo V-8.15.
- El trazado de las 7 secciones sobre la superficie de falla.
- El peso específico húmedo de la ladera.
- Los parámetros de ángulo de fricción interna y cohesión

Se muestran los datos de peso específico (kN/m^3), ángulo de fricción, cohesión (kPa) y las coordenadas cartesianas de distancia X (m) y elevación Y (m).

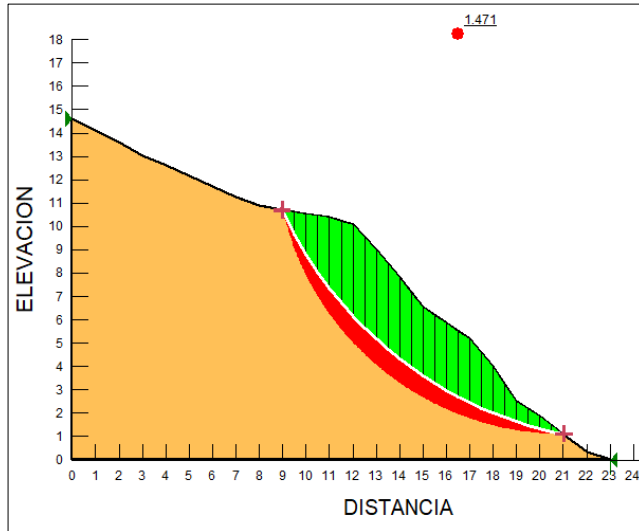
Luego de reunir todos los datos solicitados para el software Geo Slope educativo V-8.15, se inició con el modelamiento para el cálculo del factor de seguridad de la ladera en la Asociación de Vivienda el Pedregal para las siete secciones longitudinales obtenidos aplicando el análisis de Morgenstern-Price, perteneciente al método equilibrio límite,

Se muestra en las figuras siguientes el modelamiento en 2D en el software de análisis educativo Geo-Slope V-8.15, para las secciones y el cálculo de los factores de seguridad.

3.7.2.1.1. Sección 1-1 no saturado

Figura 52

Determinación del factor de seguridad mediante el análisis de Morgenstern-Price. software Geo-Slope educativo V-8.15

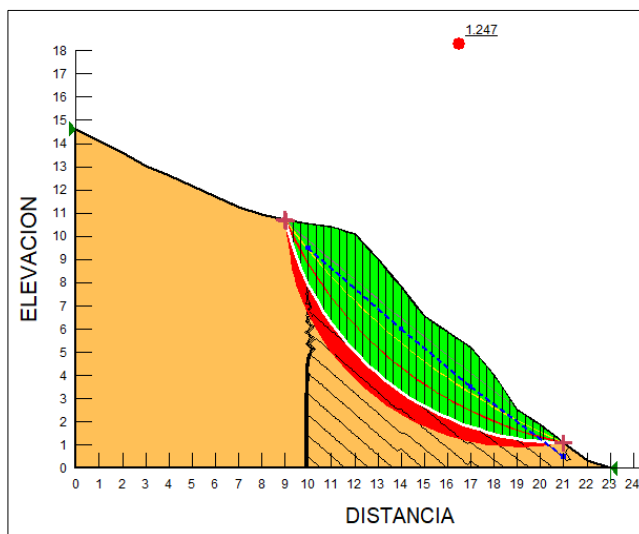


Nota: Geo Studio (2012)

3.7.2.1.2. Sección 1-1 parcialmente saturado

Figura 53

Determinación del factor de seguridad mediante el análisis de Morgenstern-Price software Geo-Slope educativo V-8.15

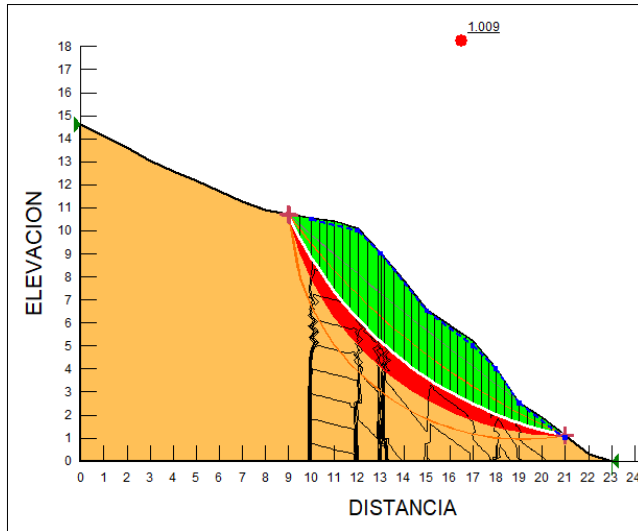


Nota: Geo Studio (2012)

3.7.2.1.3. Sección 1-1 saturado

Figura 54

Determinación del factor de seguridad mediante el análisis de Morgenstern-Price software Geo-Slope educativo V-8.15



Nota: Geo Studio (2012)

Análisis de estudio

Se ingresaron los valores de mínimo, medio y máximo en función al peso específico, ángulo de fricción interna y cohesión manteniendo el promedio de los demás parámetros geotécnicos al software de análisis Geo Slope V-8.15, con el objetivo de obtener los factores de seguridad. Es el mismo procedimiento para las secciones (2-2, 3-3, 4-4, 5-5, 6-6 y 7-7) con sus parámetros geotécnicos y en condiciones no saturados, parcialmente saturados y saturados.



4. Capítulo IV: Resultados de la investigación.

4.1. Resultado respecto a los objetivos específicos

4.1.1. Propiedades físicas y mecánicas de los suelos.

La siguiente tabla muestra los resultados de los pesos específicos, contenidos de humedades, el tipo de suelo, ángulo de fricción interna del suelo y su cohesión.

Tabla 29

Resumen de las propiedades físicas y mecánicas obtenidos de ensayos de las calicatas N°01, 02 y 03

Descripción	Operaciones matemáticas			Ensayos de laboratorio				
	Peso específico húmedo (tn/m3)	Peso específico o seco (tn/m3)	Contenido de humedad (%)	Clasificación método (SUCS)			Angulo de fricción (°)	Cohesión (tn/m2)
				Nomenclatura	Tipo de suelo	Descripción		
Calicata N°01	1.883	1.672	12.623	GC- GM	Grava arcilloso - limosa con arena	Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio)	33.32	1.216
Calicata N°02	1.923	1.724	11.578				33.35	1.236
Calicata N°03	1.990	1.798	10.650				34.13	1.036

La tabla (29), muestra los valores de los contenidos de humedades del suelo, el peso específico húmedo y seco, el tipo de suelo (GC -GM), se determinó a partir de los ensayos de granulometría y límites de consistencia.

Sus propiedades físicas y mecánicas vienen a ser el contenido de humedad, peso específico, ángulo de fricción interna y su cohesión.



4.1.2. Precipitación pluvial

Los datos registrados de precipitación pluvial máximas diarias mensuales tienen un historial de 40 años, obtenidos de las Estaciones Meteorológicas de Agrícola Principal MAP - Granja Kayra - Senamhi y Luis Olazo Olivera Perayoc. (UNSAAC), se procesaron para determinar los valores máximos.

Llegando a los resultados: La Estación Meteorológica de Agrícola Principal MAP - Granja Kayra – Senamhi tiene la precipitación máxima que fue en el mes de febrero del 2006 y de la Estación Meteorológica Luis Olazo Olivera Perayoc – (UNSAAC), es la Estación más cercana a la zona de investigación y tiene la precipitación pluvial más alta que fue en el mes de marzo del 1985. A continuación, se muestra la tabla (30).

Tabla 30

Valores máximo de precipitación pluvial en 40 años

Estación Meteorológica agrícola principal Map - Granja kayra SENAMHI			Estación Meteorológica Luis Olazo Olivera perayoc - UNSAAC	
Precipitación pluvial diaria máxima 24 horas mm				
AÑO	Mes	Máxima(mm)	Mes	Máxima(mm)
2006	Febrero	51.60		
1985			Marzo	73.30

4.1.3. Permeabilidad del suelo

Los valores de permeabilidad del suelo se obtuvieron de los agujeros excavados que son cercanos a las calicatas ya excavadas el cual se encuentran en el anexo N°03, el tipo de suelo encontrado es grava arcilloso- limosa con arena (GC – GM). El coeficiente de permeabilidad de este tipo de suelo es alto.



A continuación, se muestra la siguiente tabla (31).

Tabla 31

Valores de Coeficiente de permeabilidad (cm/s). Agujero N°01, N°02 y N°03

	Agujero N°01	Agujero N°02	Agujero N°03
Coeficiente de permeabilidad K (cm/s)	0.162	0.115	0.129

4.1.4. Topografía del terreno

La superficie de la ladera en la Asociación de Vivienda el Pedregal presenta una topografía accidentada con pendientes fuertes que varían entre 55% a 75%. Sobre la superficie de la zona de trabajo se trazaron siete secciones que van en la dirección al deslizamiento, La sección (4-4) es la más crítica, tiene una pendiente de 72.130% y la sección (7-7) tiene una pendiente mínima de 57.868%.

Tabla 32

Valores de las pendientes para las siete secciones

Perfil Longitudinal	Pendiente
Sección 1-1	63.522%
Sección 2-2	71.783%
Sección 3-3	69.125%
Sección 4-4	72.130%
Sección 5-5	69.083%
Sección 6-6	66.600%
Sección 7-7	57.868%



4.2. Resultados respecto al objetivo general

La ubicación de las calicatas se encuentra con el plano topográfico, en el anexo N° 02

Tabla 33

Datos obtenidos del ensayo de corte directo para el cálculo de los factores de seguridad

Descripción	Peso específico (kN/m ³)	Angulo de fricción (°)	Cohesión (kPa)
Calicata N°01	18.470	33.325	11.929
Calicata N°02	18.868	33.353	12.125
Calicata N°03	19.521	34.125	10.163
Promedio	18.953	33.568	11.406

El análisis paramétrico generados respecto al valor mínimo, medio y máximo con respecto al peso específico, ángulo de fricción interna y cohesión, para las siete secciones en condiciones no saturados, parcialmente saturados y saturado, se presenta en el capítulo de anexos, tabla N°56.

A continuación, se presenta el resumen del análisis paramétrico generados respecto al valor mínimo, medio y máximo con respecto al peso específico, ángulo de fricción interna y cohesión, para las siete secciones en condiciones no saturados, parcialmente saturados y saturados.



Tb34

Resumen del análisis por método de equilibrio de la estabilidad de la obra en estudio para las siete secciones bajo condiciones no saturadas, parcialmente saturadas y saturadas

No saturado							Parcialmente saturado						
Promedio							Promedio						
Secciones	Peso específico (kN/m ³)	Factor de seguridad	Angulo de fricción (°)	Factor de seguridad	Cohesión (kPa)	Factor de seguridad	Secciones	Peso específico (kN/m ³)	Factor de seguridad	Angulo de fricción (°)	Factor de seguridad	Cohesión (kPa)	Factor de seguridad
Sección 1-1	18.953	1.457	33.568	1.457	11.406	1.457	Sección 1-1	18.953	1.247	33.568	1.247	11.406	1.247
Sección 2-2	18.953	1.364	33.568	1.364	11.406	1.364	Sección 2-2	18.953	1.216	33.568	1.216	11.406	1.216
Sección 3-3	18.953	1.436	33.568	1.436	11.406	1.436	Sección 3-3	18.953	1.246	33.568	1.246	11.406	1.246
Sección 4-4	18.953	1.417	33.568	1.417	11.406	1.417	Sección 4-4	18.953	1.164	33.568	1.164	11.406	1.164
Sección 5-5	18.953	1.453	33.568	1.453	11.406	1.453	Sección 5-5	18.953	1.224	33.568	1.224	11.406	1.224
Sección 6-6	18.953	1.444	33.568	1.435	11.406	1.444	Sección 6-6	18.953	1.202	33.568	1.204	11.406	1.202
Sección 7-7	18.953	1.558	33.568	1.558	11.406	1.558	Sección 7-7	18.953	1.309	33.568	1.309	11.406	1.309

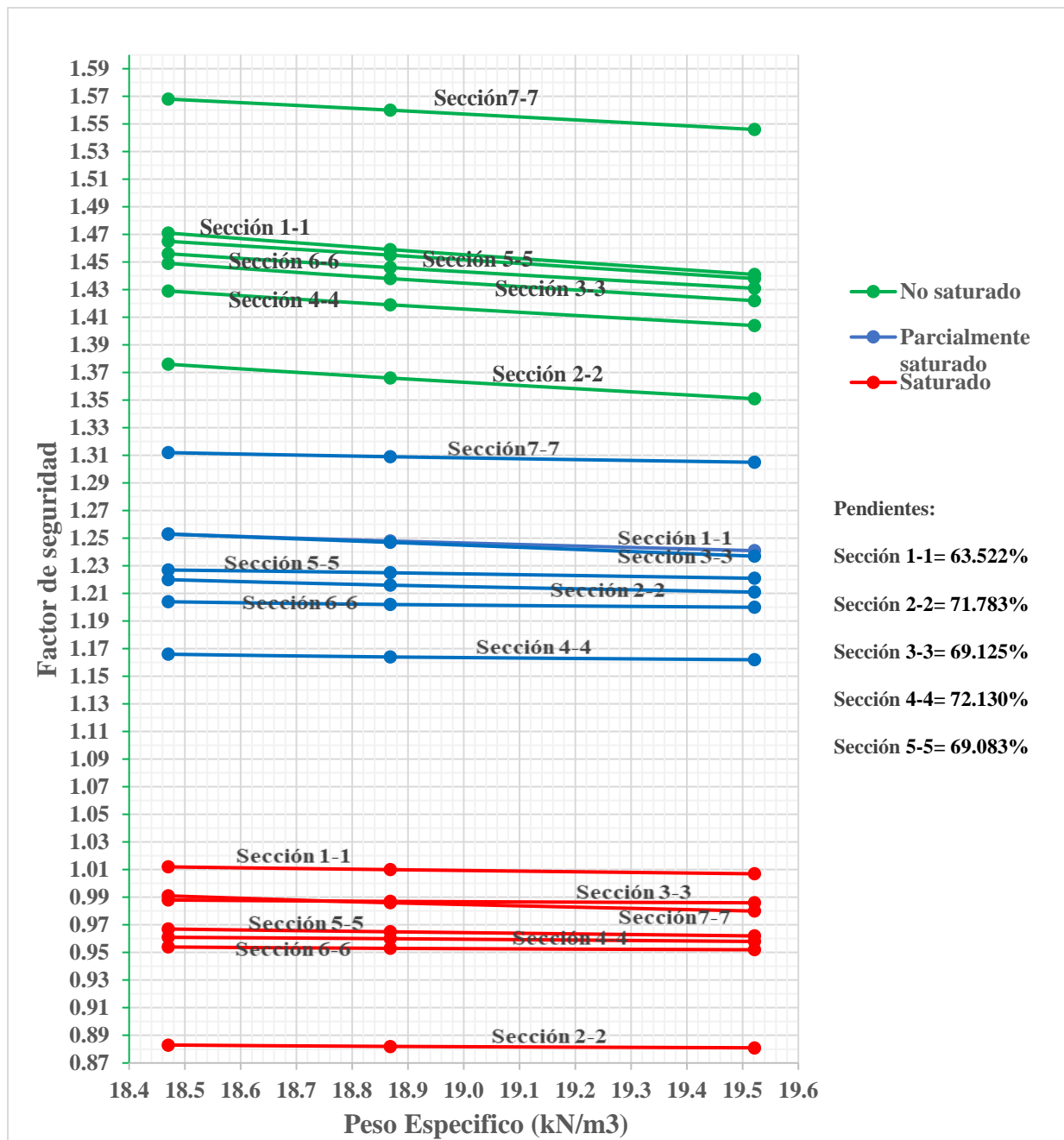
Saturado						
Promedio						
Secciones	Peso específico (kN/m ³)	Factor de seguridad	Angulo de fricción (°)	Factor de seguridad	Cohesión (kPa)	Factor de seguridad
Sección 1-1	18.953	1.010	33.568	1.010	11.406	1.009
Sección 2-2	18.953	0.882	33.568	0.883	11.406	0.883
Sección 3-3	18.953	0.987	33.568	0.987	11.406	0.987
Sección 4-4	18.953	0.960	33.568	0.960	11.406	0.957
Sección 5-5	18.953	0.965	33.568	0.965	11.406	0.964
Sección 6-6	18.953	0.953	33.568	0.953	11.406	0.953
Sección 7-7	18.953	0.986	33.568	0.986	11.406	0.986

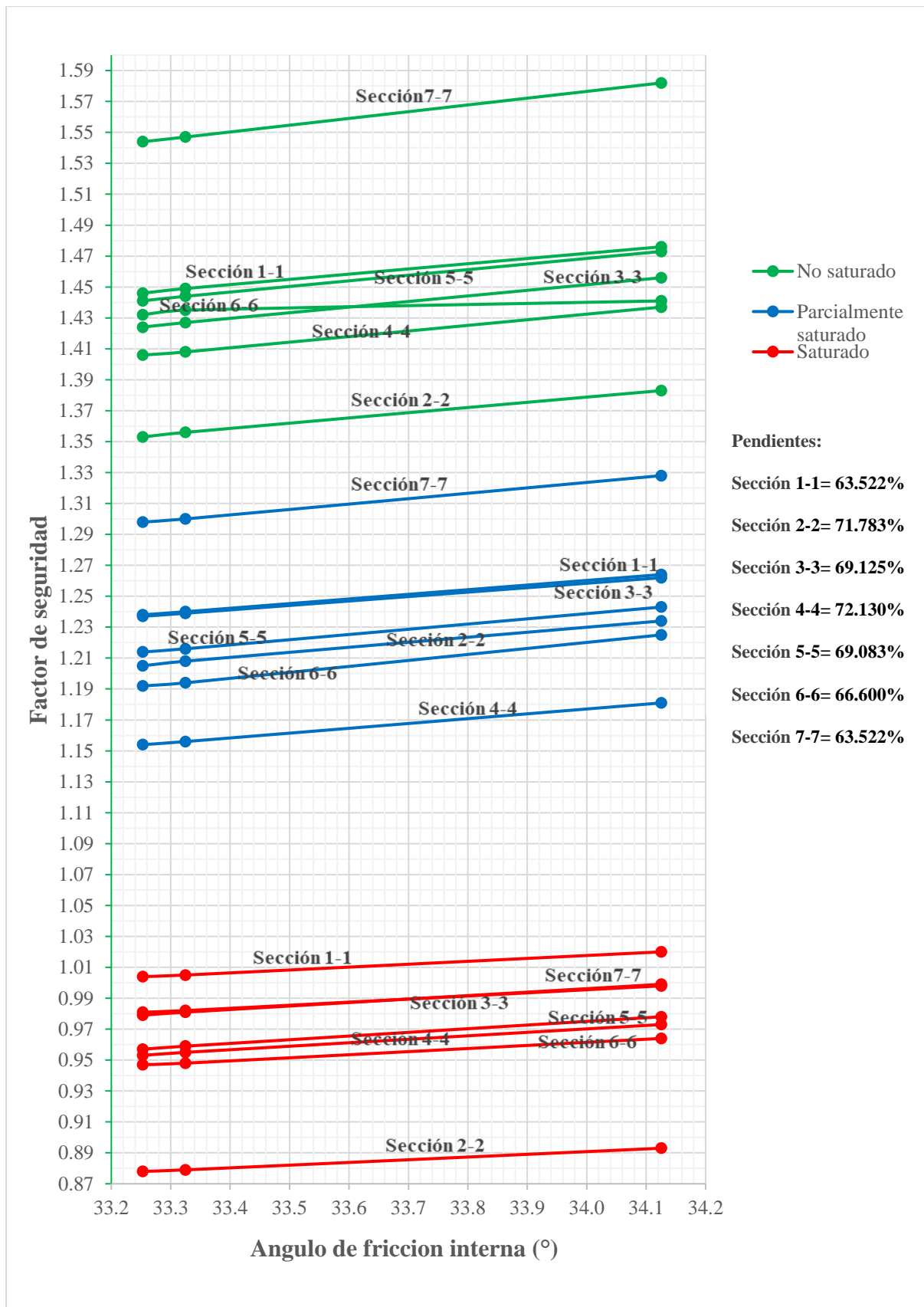


4.2.1. Análisis gráfico de los factores de seguridad obtenidos respecto a las propiedades geotécnicas

Figura 55

Factores de seguridad respecto al peso específico ángulo de fricción interna y cohesión analizado bajo condiciones no saturado parcialmente saturado y saturado





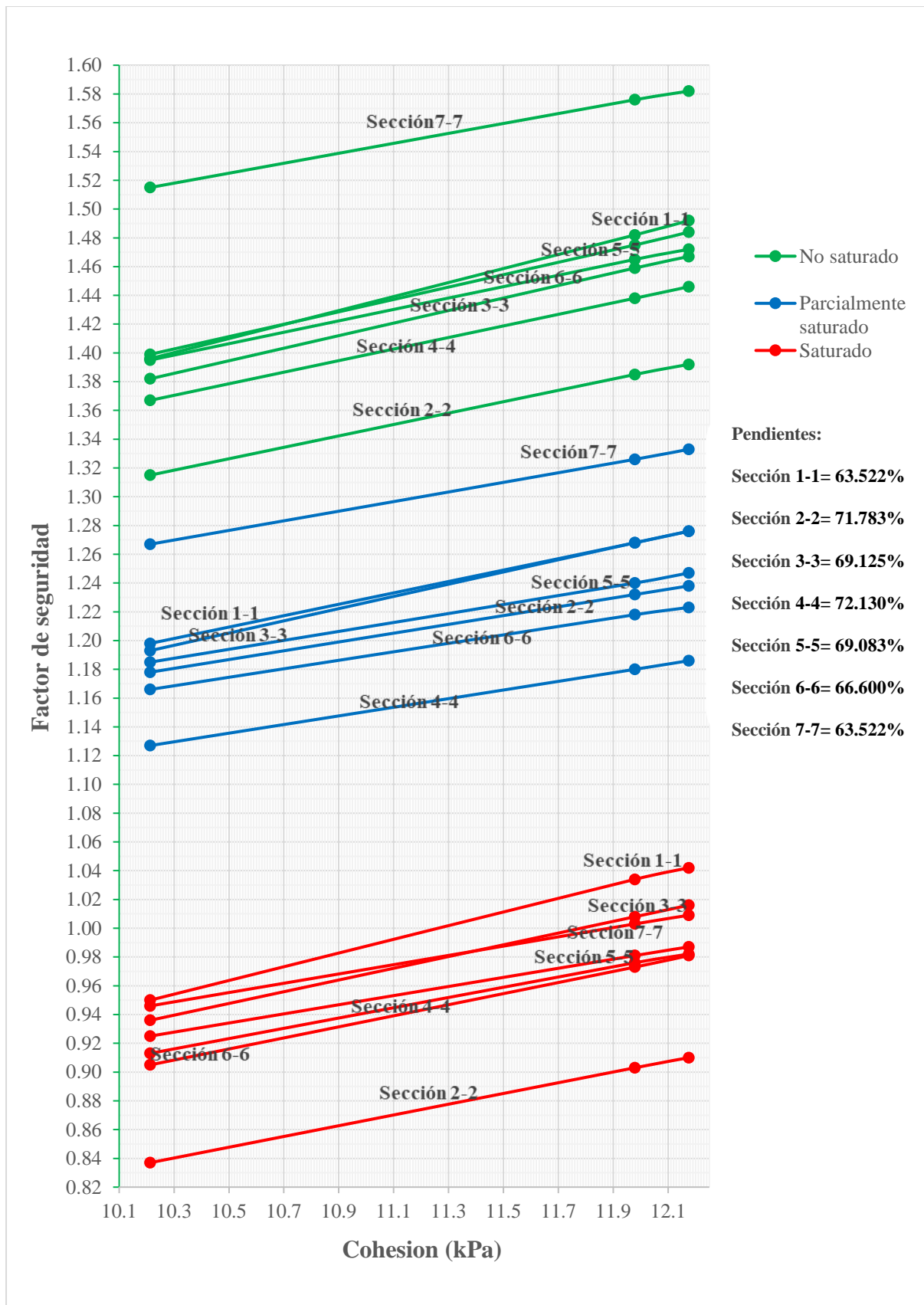




Tabla 35

Análisis paramétrico del peso específico del suelo respecto a su contenido de humedad, relación de vacíos y su grado de saturación.

	Peso específico húmedo (kN/m ³)	Peso específico seco (kN/m ³)	Contenido de humedad (%)	Relación de vacíos	Grado de saturación (%)
Calicata N° 01	18.470	16.399	12.630	0.268	100.000
Calicata N° 02	18.868	16.911	11.578	0.249	100.000
Calicata N° 03	19.521	17.643	10.650	0.237	100.000
Promedio	18.953	16.984	11.619	0.251	100.000
Desviación estándar muestral	0.531	0.625	0.991	0.015	0.000

Figura 56

Peso específico del suelo respecto a su contenido de humedad y relación de vacíos

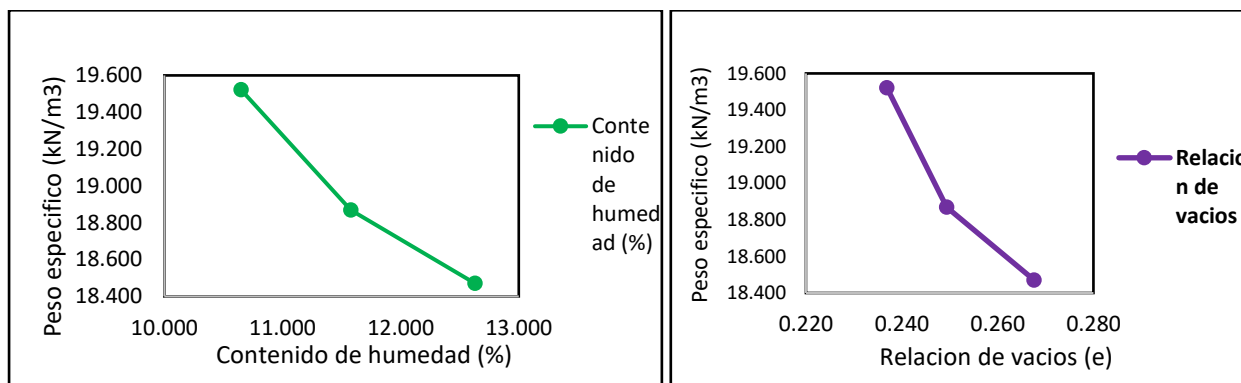


Figura 57

Peso específico del suelo respecto a su grado de saturación (%)

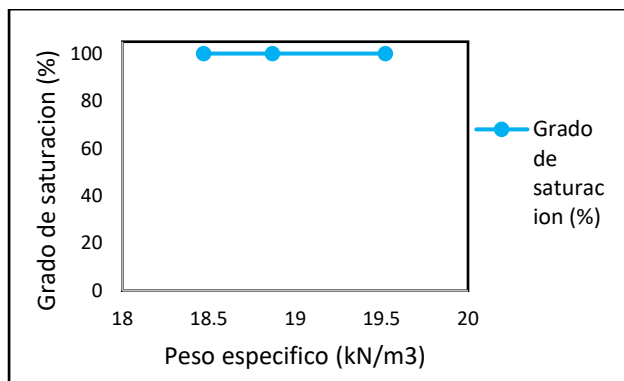




Tabla 36

Peso específico húmedo y contenido de humedad respecto a su distribución normal muestral

Peso específico húmedo (kN/m ³)	Distribución normal	Contenido de humedad (%)	Distribución normal
18.025	0.163	10.500	0.213
18.500	0.522	10.750	0.274
18.675	0.655	11.000	0.331
18.925	0.751	11.250	0.376
19.175	0.689	11.500	0.400
19.425	0.507	11.750	0.399
19.675	0.298	12.000	0.374
		12.250	0.329
		12.500	0.271
		12.750	0.210

Figura 58

Distribución normal respecto el peso específico húmedo y el contenido de humedad

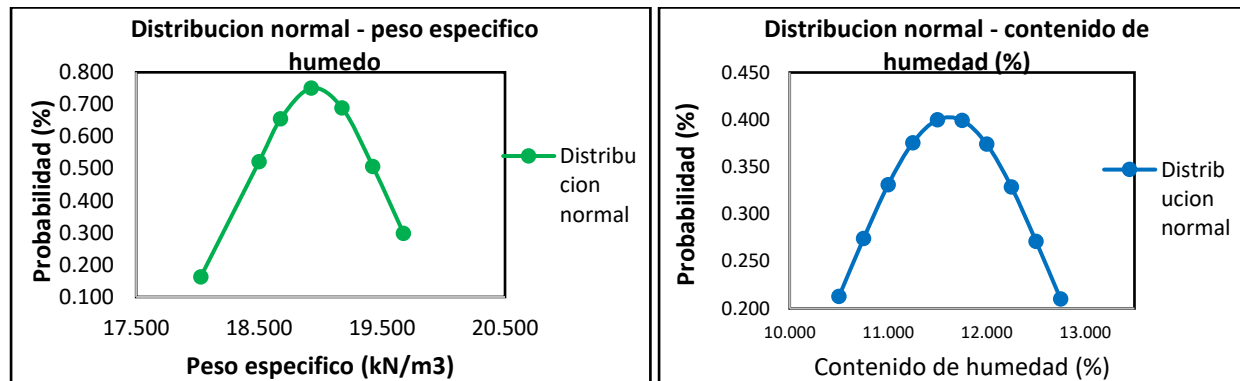




Tabla 37

Análisis paramétrico del ángulo de fricción interna del suelo respecto a su gradación, contenido de humedad y su grado de saturación.

		Gradación (%)	Angulo de fricción interna (°)	Contenido de humedad (%)	Grado de saturación (%)
Calicata N° 01	Grava	60.46	33.325	12.630	100.000
	Arena	22.09			
	Limo y arcilla	17.45			
Calicata N° 02	Grava	62.42	33.353	11.578	100.000
	Arena	14.75			
	Limo y arcilla	22.79			
Calicata N° 03	Grava	67.89	34.125	10.650	100.000
	Arena	18.49			
	Limo y arcilla	13.62			
Promedio			33.634	11.619	100.000
Desviación estándar muestral			0.430	0.991	0.000

Figura 59

Angulo de fricción interna del suelo respecto a su gradación

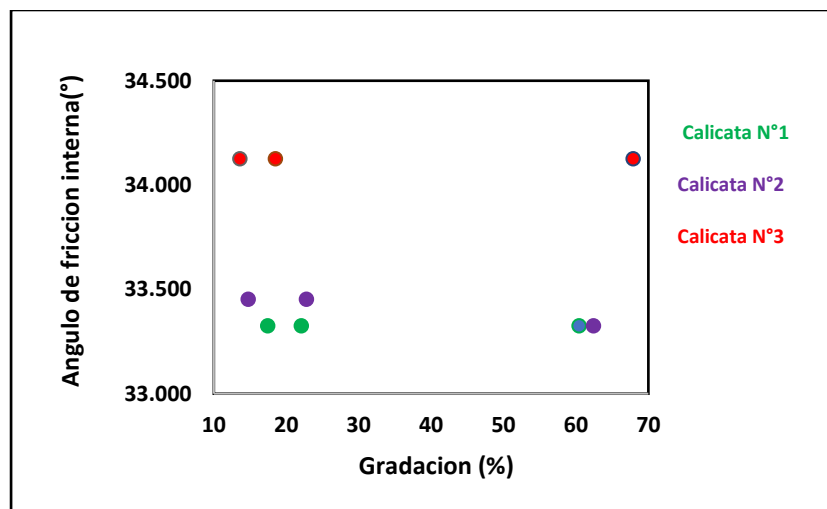


Figura 60

Angulo de fricción interna del suelo respecto a su contenido de humedad y grado de saturación

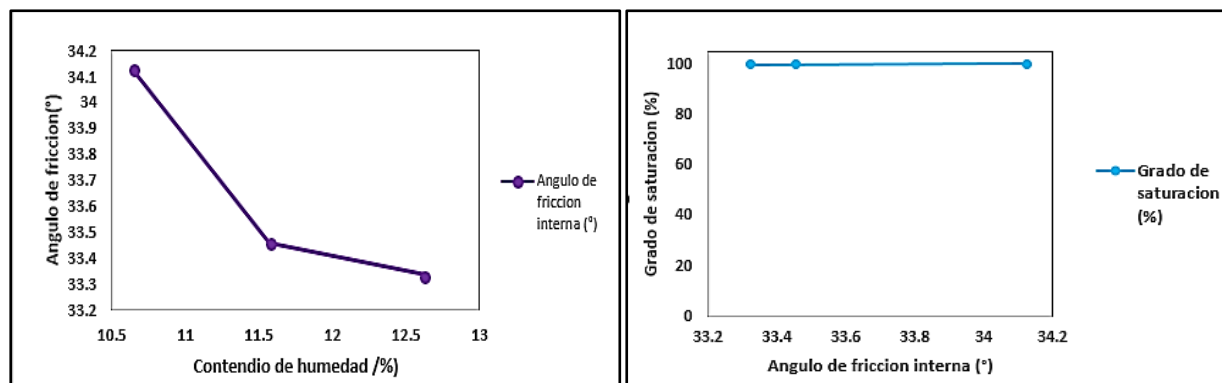


Tabla 38

Relación del ángulo de fricción y contenido de humedad respecto a su distribución normal

Angulo de fricción interna (°)	Distribución normal	Contenido de humedad (%)	Distribución normal
33.100	0.429	10.500	0.213
33.300	0.686	10.750	0.274
33.500	0.883	11.000	0.331
33.700	0.917	11.250	0.376
33.900	0.767	11.500	0.400
34.100	0.516	11.750	0.399
34.300	0.280	12.000	0.374
		12.250	0.329
		12.500	0.271
		12.750	0.210



Figura 61

Distribución normal respecto al ángulo de fricción interna y el contenido de humedad

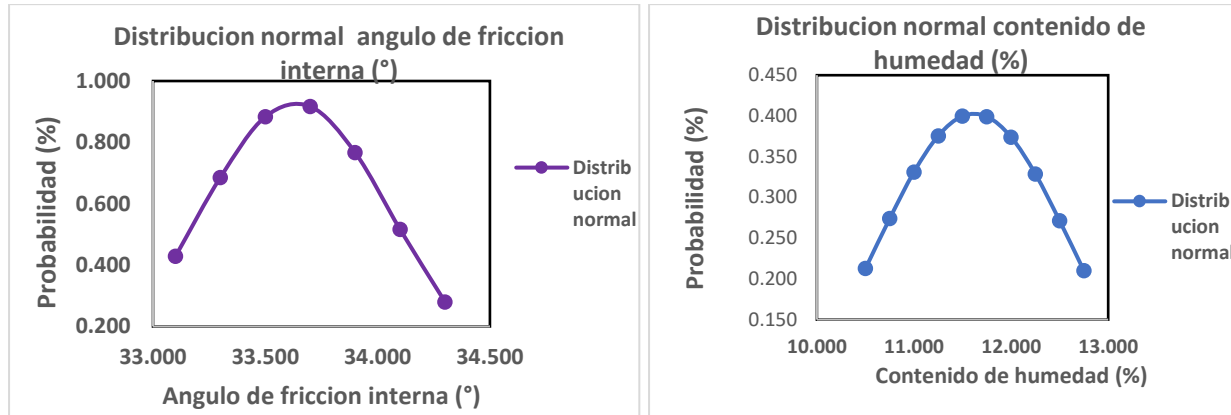


Tabla 39

Análisis paramétrico de la cohesión del suelo respecto a su índice de plasticidad y su grado de saturación

	Cohesión (kPa)	Índice de plasticidad (%)	Grado de saturación (%)
Calicata N° 01	11.929	6.000	100.000
Calicata N 02	12.125	5.000	100.000
Calicata N° 03	10.163	7.000	100.000
Promedio	11.406	6.000	100.000
Desviación estándar	1.081	1.000	0.000

Figura 62

Cohesión del suelo respecto a su índice de plasticidad y grado de saturación

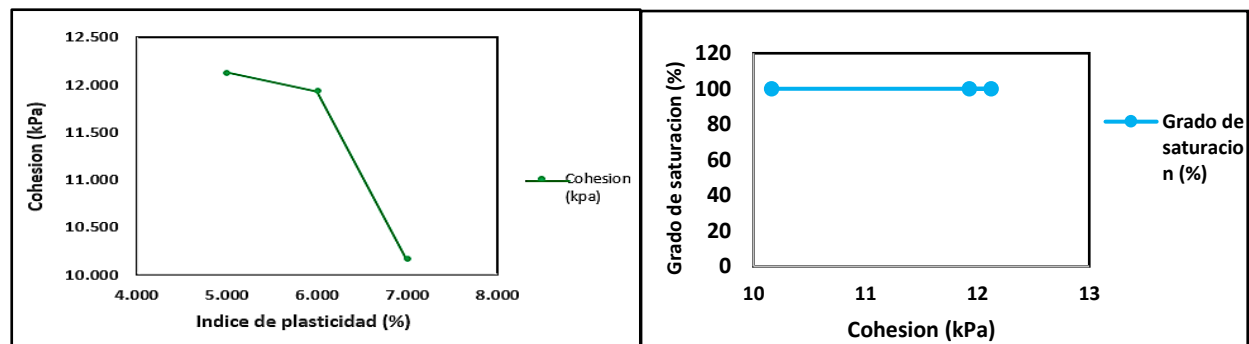




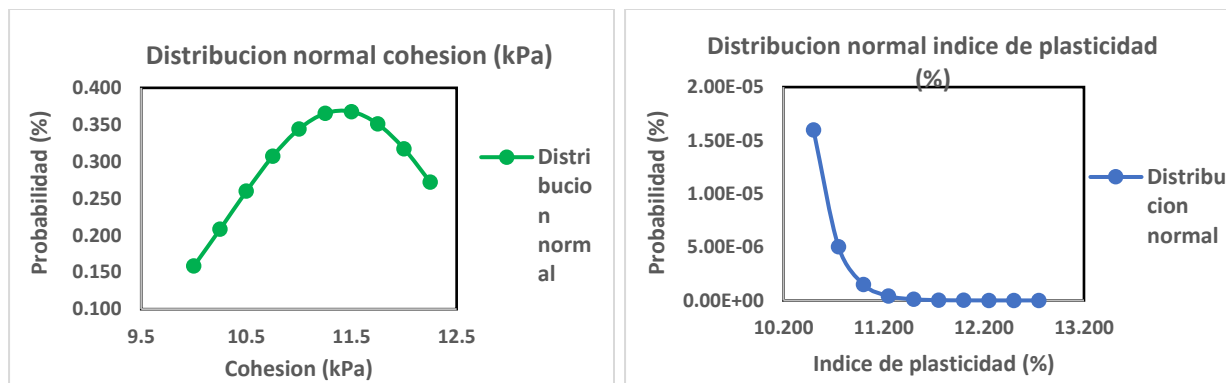
Tabla 40

Relación de la cohesión y contenido de humedad respecto a su distribución normal

Cohesión (kPa)	Distribución normal	Contenido de humedad (%)	Distribución normal
10.00	0.158	10.500	1.60E-05
10.25	0.208	10.750	5.03E-06
10.50	0.260	11.000	1.49E-06
10.75	0.307	11.250	4.13E-07
11.00	0.344	11.500	1.08E-07
11.25	0.365	11.750	2.64E-08
11.50	0.368	12.000	6.08E-09
11.75	0.351	12.250	1.31E-09
12.00	0.317	12.500	2.67E-10
12.25	0.272	12.750	5.09E-11

Figura 63

Distribución normal respecto a su cohesión y el contenido de humedad





5. Capítulo V: Discusiones

5.1. Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos

Discusión N°01

¿Cómo será el proceso en la obtención de los factores de seguridad aplicando el método de equilibrio limite y el software Geo Slope educativo dentro de la zona de investigación?

Una vez obtenido los valores de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos que vienen a ser el peso específico húmedo, ángulo de fricción interna y su cohesión, se ingresan al software de análisis de estabilidad de taludes Geo Slope educativo V-8.15. El software realiza el modelado con el método de equilibrio limite y el análisis de Morgenstern- Price y se obtuvieron los factores de seguridad de la ladera en estudio para las siete secciones trazadas y en condiciones no saturadas, parcialmente saturados y saturados.

Discusión N°02

¿Los coeficientes de permeabilidad obtenidos, que relación tienen con el registro de las precipitaciones pluviales obtenidas de las Estaciones Meteorológicas?

El registro de los datos obtenidos de ambas Estaciones Meteorológicas, nos muestran en mm/día, se trabajó con la Estación Meteorológica Luis Olazo Olivera. Perayoc. (UNSAAC), que es la más cercana a la zona de investigación y además registró la precipitación pluvial máxima mensual diaria que fue en el mes de febrero del año 1985, con un valor de 73.30 mm que es equivalente a 73.30 lt/día/m² y 38.253 lt/mnt, es para una superficie afectada de 751.50 m². Ahora para el ensayo de permeabilidad insitu se trabajó con un área de suelo afectado de 0.30 x 0.30 = 0.09 m² y se obtuvo un caudal de 0.0046 lt/mnt. Este caudal obtenido es demasiado bajo para poder controlar los descensos de agua cada 5 minutos durante el ensayo de permeabilidad insitu.



Según Sánchez San Román (2011), para el ensayo de permeabilidad insitu método Lefranc con nivel de carga constante que es recomendado para suelos tipo grava, se trabajó con un caudal de 8.00 lt/min sugerido por el autor y así se obtuvo valores de coeficientes de permeabilidad de los tres agujeros.

El coeficiente de permeabilidad del suelo más alto, se dio en la base (agujero N°01), estos valores nos indica que su grado de permeabilidad del suelo es alto, por lo tanto, el tipo de suelo encontrado en la zona de trabajo contiene bastante grava y este tipo de suelo son aptos para drenaje.

Tabla 41

Valores del registro de coeficientes de permeabilidad

	Agujero N°01	Agujero N°02	Agujero N°03
Coeficiente de permeabilidad K (cm/s)	0.162	0.115	0.129

Discusión N°03

¿Cuál fue el criterio que se tomó para dibujar las siete secciones dentro de la zona de investigación?

Técnicamente se tomó en la dirección al deslizamiento de la ladera como se muestra en el plano topográfico, capítulo anexos, anexo N°01 de arriba hacia abajo, la superficie de la zona de trabajo es accidentada con fuertes pendientes y tiene una geometría tronca cónica. Se trazaron siete secciones. Cada sección tiene una separación de 2.00 m en la corona y 4.50 m en la base de la ladera, de estas secciones se obtuvieron sus pendientes.



Discusión N°04

¿Por qué se optó por realizar calicatas y no el ensayo de penetración estándar (SPT) para la investigación?

Antes de dar inicio a la investigación, se optó por visitar la zona afectada, se realizó una inspección (chequeo visual) con el fin de saber la gravedad de la zona afectada, se observó el tipo de suelo fue grava mezclado con otras partículas.

Se optó por excavaciones para calicatas, porque, debido a que el suelo fue duro a una profundidad superficial tanto en la base y corona de la ladera, la punta de la barra de perforación del equipo de SPT no hubiese ingresado al sub suelo y no se cumpliría el objetivo.

Discusión N°05

¿Qué dificultades se tuvo al momento de realizar excavaciones para las calicatas y la extracción de las muestras de suelo?

Al empezar con la excavación de las calicatas, estaba dificultoso los estratos superficiales estaban secos y duros ya que la temporada de lluvias cesó bastante tiempo atrás, por ello se usaron herramientas manuales como el pico, pala y barretas para lograr el avance de las calicatas (posos).

Respecto a la extracción de muestras de suelo no se tuvo dificultad alguna, pero si al momento de querer sacar un pedazo de bloque de suelo de las calicatas para el ensayo de corte directo, no se pudo, se deshacía(destrozaba), por ello solo se tomó muestras alteradas de suelo, para luego ser almacenados en bolsas herméticas y transportarlos para su respectivo moldeo en laboratorio de suelos.



Discusión N°06

¿A qué se debe que los factores de seguridad obtenidos de la ladera aplicando el método de equilibrio limite y el software de análisis Geo Slope educativo y hacer el análisis, sean bajos, qué relación tiene con sus pendientes obtenidos y que tan confiable son para su estabilidad?

Se debe en primer lugar a las pendientes de la ladera, el más crítico es la sección 4-4, con un valor de 72.130%, en segundo lugar, la cohesión de suelo es media, no hay una buena cementación de grava, arcilla y limo, es por ello que los factores de seguridad obtenidos para las siete secciones son superiores a la unidad, pero no superan el valor de 1.5. El análisis se realizó en condiciones no saturados, parcialmente saturados y saturados

Estos valores obtenidos de los factores de seguridad, son confiables en el estado actual(estable) bajo las condiciones no saturados y parcialmente saturados. En el caso de la condición saturado los valores de los factores de seguridad son inferiores a la unidad en su mayoría y por lo tanto no son estables, tampoco son confiables.

5.2. Limitaciones del estudio

- La investigación se limitó al uso de otros equipos topográficos como: Dron topográfico, etc.
- No se realizó más de tres puntos de excavación, debido a que la zona afectada no supera los 800.00 m².
- Para la toma de muestra del ensayo de corte directo, no se tomó muestras inalteradas, debido al momento de extraer un bloque del suelo de la calicata, se destrozaba (deshacía).
- La precipitación máxima diaria mensual al hacer la comparación de las dos Estaciones Meteorológicas en la ciudad del Cusco, fue de 73.30 mm y transformando a lt/min, fue de 38.25 lt/mnt, Este valor obtenido es el caudal que no será utilizado en el ensayo de permeabilidad insitu.



- La investigación se limitó al estudio de variables estadísticas como la desviación estándar muestral y la distribución normal (curva de la normalidad). Con las variables mencionadas solo se realizó los cálculos, se generó las tablas y gráficos con los datos obtenido del laboratorio de suelos, con el fin de saber si disminuyen o incrementan el peso específico, ángulo de fricción interna y cohesión del suelo, en relación al contenido de humedad, relación de vacíos, grado de saturación, gradación e índice de plasticidad.
- La investigación se limita al estudio de la estabilización de la ladera, pero si se mencionan algunas consideraciones técnicas para el incremento de los factores de seguridad, dentro del capítulo de recomendaciones.

5.3. Comparación crítica con la literatura existente

El trabajo de investigación hace la comparativa con otras investigaciones desarrollando un procedimiento, desde el reconocimiento visual de la zona afectada hasta la obtención de los factores de seguridad de la ladera en estudio y con la aplicación del software Geo Slope educativo V-8.15. Toda esta información obtenida nutre al conocimiento, enriquece la literatura existente y sirve como base teórica y técnica a otras investigaciones con características de enfoque cuantitativo similares y ser también un antecedente académico para otras investigaciones donde se involucren otros factores y ensayos de alta precisión.

5.4. Implicancias del estudio

Con el trabajo de investigación se logró determinar los factores geotécnicos, hidrológicos y topográficos requeridos para la obtención de los factores de seguridad de la ladera, tal como se menciona en el título de esta investigación. Estos factores solicitados se obtuvieron mediante la recolección de datos en campo y de los ensayos de laboratorio previo toma de muestras de suelo (no experimental).



Posterior a los resultados obtenidos en esta investigación se concluye que la ladera es estable, con valores superiores a la unidad en condiciones no saturadas y parcialmente saturadas y es inestable bajo condiciones saturadas, por tanto, se tiene una semejanza de respuesta en concordancia a investigaciones hechas anteriormente como se muestran en el capítulo 2.1 de antecedentes.

A. Conclusiones y Recomendaciones.

Conclusiones.

Conclusión N°01

Se demuestra la hipótesis general que se menciona. **Los factores de seguridad se obtendrán con el método de equilibrio límite y su interpretación se hará con un análisis paramétrico.**

Posterior al ingreso de datos obtenidos de las propiedades físicas y mecánicas (peso específico, ángulo de fricción interna y cohesión) al software de análisis Geo Slope educativo V-8.15, se obtuvieron los factores de seguridad para las siete secciones dibujadas, distintos mayores a la unidad en condiciones no saturados y parcialmente saturados, por lo tanto, son estables. Para el caso de condición saturado se obtuvo factores de seguridad menores a la unidad, por lo tanto, son inestables.

El análisis paramétrico generado a las propiedades físicas y mecánicas en relación a los factores de seguridad obtenidos para las tres condiciones, nos permite la interpretación gráfica observando una recta lineal que se concluye, a mayor peso específico, disminuirá su factor de seguridad, a mayor ángulo de fricción interna y cohesión tenga el suelo, aumentará su factor de seguridad.



Se realizaron los cálculos como el promedio y la desviación estándar muestra a los datos obtenidos del laboratorio de suelos, se generaron tablas y gráficos para saber si disminuyen o incrementan el peso específico, ángulo de fracción y cohesión, en relación a su contenido de humedad, relación de vacíos, grado de saturación, gradación y su índice de plasticidad. Llegando a la conclusión de que el peso específico disminuye en relación al aumento del contenido de humedad, relación de vacíos y su grado de saturación. El ángulo de fricción disminuye en relación al aumento de su contenido de humedad y grado de saturación. La cohesión disminuye en relación al aumento de su índice de plasticidad y su contenido de humedad.

Tabla 42

Condición de estabilidad e inestabilidad de la ladera

Descripción	Condición		
	No saturado	Parcialmente saturado	Saturado
Sección 1-1	Estable	Estable	Estable
Sección 2-2	Estable	Estable	Inestable
Sección 3-3	Estable	Estable	Inestable
Sección 4-4	Estable	Estable	Inestable
Sección 5-5	Estable	Estable	Inestable
Sección 6-6	Estable	Estable	Inestable
Sección 7-7	Estable	Estable	Inestable

Conclusión N°02

Se demuestra la sub hipótesis N°01 que se menciona. **Los valores que se obtendrán respecto al peso específico húmedo, ángulo de fricción interna y cohesión del suelo serán superiores a 1.500 tn/m³, 30.00° y 1.000 tn/m² en la ladera de la Asociación de Vivienda el Pedregal.**



Posterior a los ensayos de laboratorio de suelos, se demuestra que los valores obtenidos son superiores a los que se planteó, cumpliéndose la sub hipótesis N°1. Los pesos específico húmedos son superiores a 1.8 tn/m³, el ángulo de fricción interna del suelo de cada calicata es superior a 30.00°, sus cohesiones son superiores a 1.00 tn/m², el tamaño y forma de los granos son relevantes para el incremento de los factores de seguridad.

Tabla 43

Resumen de los ensayos realizados para la obtención de los factores geotécnicos en las calicatas N°01, 02 y 03

Descripción	Operaciones matemáticas			Ensayos de laboratorio				
	Peso específico húmedo (tn/m ³)	Peso específico seco (tn/m ³)	Contenido de humedad (%)	Clasificación método (SUCS)			Ángulo de fricción (°)	Cohesión (tn/m ²)
				Nomenclatura	Tipo de suelo	Descripción		
Calicata N°01	1.883	1.672	12.623				33.32	1.216
Calicata N°02	1.923	1.724	11.578	GC-GM	grava arcilloso - limosa con arena	suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio)	33.35	1.236
Calicata N°03	1.990	1.798	10.650				34.13	1.036

Conclusión N°03

No se demuestra la sub hipótesis N°02 que se menciona. **El caudal obtenido de la precipitación pluvial máxima diaria mensual será requisito en la obtención de valores de los coeficientes de permeabilidad del suelo.**

El registro de datos de las precipitaciones pluviales fueron obtenidos de las Estaciones Meteorológicas Agrícola Principal Map Granja Kayra - Senamhi y Luis Olazo Olivera Perayoc (UNSAAC), se trabajó con la Estación Meteorológica Luis Olazo Olivera Perayoc (UNSAAC), siendo la más cercana a la zona de investigación y además presento la precipitación máxima



diaria mensual más alta que fue en el mes de febrero del año 1985, con una valor de 73.30 mm y es igual a 73.30 lt/m²/día y haciendo la conversión se tiene un caudal de 38.25 lt/min, para un área afectada de 751.50 m². Por consiguiente, este valor obtenido de la precipitación máxima diaria mensual, no satura los estratos de la zona de estudio en temporadas de lluvias. Para el ensayo de permeabilidad insitu, los agujeros excavados tienen un área de 0.09 m² y se obtuvo un caudal de 0.0046 lt/mnt, este caudal es demasiado bajo para poder controlar los descensos cada 5 minutos.

Según Sánchez San Román (2011), para el ensayo de permeabilidad insitu método Lefranc con nivel de carga constante, sugiere para suelos tipo grava la inyección de un caudal de 8.00 lt/min, este caudal es óptimo para poder medir los descensos del agua dentro del tubo cribado. Estuvieron ubicados los agujeros excavados, dos al pie y una en la corona de la ladera. Se obtuvieron los coeficientes de permeabilidad del suelo, el suelo más permeable fue en el agujero N°1.

Tabla 44

coeficientes de permeabilidad

	Agujero N°01	Agujero N°02	Agujero N°03
Coefficiente de permeabilidad K (cm/s)	0.162	0.115	0.129



Conclusión N°04

Se demuestra la sub hipótesis N°03 que se mencionó. **La pendiente es el parámetro topográfico que será requisito para el cálculo de los factores de seguridad (FS) de la ladera en la Asociación de Vivienda el Pedregal.**

Con el trazado de las siete secciones se obtuvo los valores de las pendientes (%). La sección 4-4 es el más crítico con valor de 72.130 %, estos valores de las pendientes (%) son altos y están en un rango de 55% a 75% y por consiguiente afectan en la disminución de los factores de seguridad.

Tabla 45

Obtención de las pendientes sobre la superficie estudiada

Secciones	Pendiente (%)
Sección 1-1	63.522%
Sección 2-2	71.783%
Sección 3-3	69.125%
Sección 4-4	72.130%
Sección 5-5	69.083%
Sección 6-6	66.600%
Sección 7-7	57.868%



Recomendaciones.

Recomendación N°01.

Se recomienda modificar la geometría de la ladera, la parte superior (corona) con la creación de andenerías y sobre ello realizar una reforestación con plantaciones de la zona con el objetivo de disminuir la pendiente. La parte superior (corona) de la ladera es considerada área verde.

Recomendación N°02.

Se recomienda la construcción de un sistema de drenaje en la parte superior (corona) de la ladera para la evacuación de la precipitación pluvial, con el fin de que los estratos del suelo no continúen con su debilitamiento en la estructura interna del suelo.

Recomendación N°03.

Se recomienda la construcción de un muro de contención en la base, con el objetivo de dar sostenimiento a la ladera. Antes de la construcción se sugiere compactar la zona de fundación con una densidad no menor del 90% de la densidad máxima seca y una humedad óptima (ensayo de Proctor modificado), debido a que nuestro suelo paso en la malla N°200 más del 12% de finos.

Tabla 46

Porcentajes de muestras de suelo pasantes, malla N°4 y N°200

Calicata	C- 01	C- 02	C- 03
Muestra	Suelo marrón	Suelo marrón	Suelo marrón
Prof. (m)	-2.00	-2.00	-2.00
Pasa el tamiz N°4 (5mm)	32.54%	31.58%	29.38%
Pasa el tamiz N°200 (0.080mm)	13.94%	13.62%	12.78%



Recomendación N°04.

Se recomienda a la población aledaña de la zona de estudio, concientizar sobre los peligros que puede ocasionar un deslizamiento de tierra, mediante charlas de información y a no realizar excavaciones con la finalidad de ganar espacio al pie de laderas sin contar con asesoramiento técnico.

Recomendación N°05.

Se recomienda a futuros tesisistas realizar el modelamiento con la aplicación del software de análisis Geo Slope y/o otro software de análisis de estabilidad de taludes, con la adición de un diseño de muro de sostenimiento y modificando la geometría en la corona, cómo la construcción de andenerías y/o un sistema de drenaje, con el objetivo de incrementar los factores de seguridad y darle más estabilidad a la ladera en estudio.



B. Referencias bibliográficas

- Angelone, S., Garibay, M., & Cauhapé, M. (Setiembre de 2006). *Geología y Geotecnia - Permeabilidad de suelos*. Rosario : Universidad Nacional de Rosario. Geología y Geotecnia - Permeabilidad de suelos:
<https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Permeabilidad%20en%20Suelos.pdf>
- Ardila, C., & Londoña, P. (2015). *Comportamiento de parametros geomecanico en taludes*. Universidad la gran colombia. Bogota: Universidad la gran Colombia.
- Barroso, J., & Sáenz, A. (2017). Caracterización geomorfológica y análisis de la evolución del deslizamiento rotacional de Andoin, Sierra de Entzia (País Vasco). *Cuaternario y Geomorfología*, 7-26.
- Botia, D. W. (2016). Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memoria de calculo. *Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memoria de calculo*. Universidad Militar Nueva Granada, Bogota, Colombia.
- Bowles, J. (1981). *Manual de laboratorio de suelos en ingenieria civil*. Bogota: McGraw-Hill.
- Bustamante, & Garcia. (2018). *Evaluación del factor de seguridad del talud correspondiente a la quebrada de sipaspucyo, en función a la topografía, estudios de infiltración y propiedades mecánicas de los suelos*. Universidad Andina del Cusco. Cusco: Universidad Andina del Cusco.
- Console, G. C. (18 de Marzo de 2022). *Sputnik mundo*. Sputnik mundo:
<https://sputniknews.lat/20220318/deslizamientos-de-tierras-un-peligro-cada-vez-mas-frecuente-en-america-latina-1123296709.html>
- Das, B. (2013). *Fundamentos de la ingenieria geotecnica*. Ciudad de mexico: Ediciones ova.
- Espartel, L. (1980). *Topografía*. Rio de Janeiro, Brazil: Globo.



- Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco. (2022). *Carta para la solicitud de registro de datos de precipitación pluvial Granja Kayra - Senamhi*. Cusco: Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco.
- Franquet, J., & Querol, A. (2010). *Nivelación de terrenos por regresión tridimensional : una aplicación de los métodos estadísticos*. España: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Galdos, H. J., & Carrasco, V. S. (2002). *Memoria descriptiva de la revisión y actualización del triángulo de tambobamba (28-r)*. Lima. Lima: INGEMMET.
- Gallardo, R., Guerrero, T., & Macgregor, A. (Diciembre de 2013). *Investigación Geotécnica para la estabilización de las laderas del Barrio San Fermín, municipio de Ocaña, departamento de Norte de Santander (Colombia)*. Universidad Francisco de Paula, Santander.
- Geo Studio. (2012). *Análisis de estabilidad de taludes*.
<https://www.geoslope.com/learning/support-resources/tutorial-videos/geostudio-2012>
- Google Maps. (06 de 10 de 2022). *Google Maps*. Google Maps: <https://www.google.com/maps/@-13.6544036,-71.8285109,10.58z>
- Hernandez Bartolo, V. (2014). *Estabilidad de taludes*. Universidad autónoma de México. Ciudad de México: Universidad Autónoma de México.
- Hernandez Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación* (Vol. 6ta Edición). México: McGraw-Hill.
- Herrera, R. (2003). *Introducción a la estabilidad de taludes*. Madrid, España: Prentice Hall.
- Huallpa, D. (2019). *Identificación y evaluación de factores geotécnicos que causan la inestabilidad de ladera en la quebrada de qolcohuaycco, urbanización santa rosa, distrito de san Sebastián-Cusco*. Universidad Andina del Cusco. Cusco: Universidad Andina del Cusco.



- INDECI. (2022). *Deslizamiento en el Distrito de Parcoy - La Libertad*. Gobierno Nacional del Peru.
- INDECOPI. (29 de Abril de 1999). *Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de calificación de suelos, SUCS)*. Lima: INDECOPI. Método para la clasificación de suelos: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/369007897-SUELOS-NTP-339-134-1999-
- Juarez Badillo, E., & Rico Rodriguez, A. (2005). *Mecánica de suelos (Fundamentos de la mecánica de suelos)*. ciudad de Mexico: Editorial Limusa.
- Ludeñas, L. (2014). *Influencia de bermas y canales en la estabilidad de pilas de lixiviación*. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Marin, B. (2019). *Aplicación de programas analíticos e informáticos*. Universidad técnica de machala. Machala: Universidad de Machala.
- Marquez, G. (1987). *Propiedades ingenieriles de los suelos*. Medellin, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Martinez, A. (1990). *Geotecnia para ingenieros: principios básicos*. Lima, Peru: Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Mccormac, J. (2003). *Topografía*. Bogota, Colombia: Limusa.
- Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones. (2012). *Manual de carreteras 2012. Taludes Geología y Geotecnia*. Lima: Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones.
- Monje, C. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa*. Neiva, Colombia: Universidad Surcolombiana.
- MTC. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Lima: Ministerio de transporte y Telecomunicaciones.
- MVCS. C E.020. (2012). *CE.020 Estabilización de suelos y taludes*. Lima: MVCS.



MVCS. NTP 339.171. (1999). *NTP 339.171*. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

MVCS. NTP 339.129. (1999). *NTP 339.129*. Lima: Ministerio de Vivienda, Contruccion y Saneamiento.

MVCS. NTP E-050 . (2006). *NTP E-050 Suelos y cimentaciones*. Lima: El Peruano.

Pinto, A. (2015). Revista Digital Ingeniería Real. *Taludes*.

Sanchez, M. (2014). *Aplicacion del programa geo slope para el analisis de la estabilidad de taludes en la I.E. La libertad*. Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo. Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo.

Sanchez, S. R. (2011). *Medidas puntuales de permeabilidad*. Salamanca: Departamento de Geología de la Universidad de Salamanca. Medidas puntuales de permeabilidad: https://hidrologia.usal.es/temas/Slug_tests.pdf

Sanhuesa Plaza, C., & Rodriguez Cifuentes, L. (2013). *Analisis comparativo de metodos de calculo de estabilidad de taludes finitos a laderas naturales*.

Senamhi. (2022). *Formato de solicitud*. Lima: Senamhi.

Suarez Dias, J. (1998). *Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Bucaramanga, Colombia: Universidad central de Santander.

UNITEST. (2022). *Informe Geotecnico*. Cusco: Unitest.

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco . (2022). *Constancia*. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco .

Villon, M. (2002). *Hidrologia*. (E. Villon, Ed.) Lima, Peru: Editorial Villon.



C. Instrumentos de recolección de datos.

Tabla 47

Formato para el registro del levantamiento topográfico

	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</i></td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><i>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</i></td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><i>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</i></td></tr> </table>	<i>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</i>	<i>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</i>	<i>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</i>																																																																																																																																																																															
<i>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</i>																																																																																																																																																																																			
<i>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</i>																																																																																																																																																																																			
<i>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</i>																																																																																																																																																																																			
<p>DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOTÉCNICOS, HIDROLÓGICOS, TOPOGRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LA LADERA EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA EL PEDREGAL CUSCO - 2021</p>																																																																																																																																																																																			
<p>LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO</p>																																																																																																																																																																																			
<p>TESISTA: Bachiller: Luis Alberto Añanca Palomino UBICACIÓN: Asociación de vivienda el pedregal El Pedregal DISTRITO: Cusco PROVINCIA: Cusco DEPARTAMENTO: Cusco LUGAR: Ladera de la asociación de vivienda el pedregal El Pedregal FECHA: CLIMA: EQUIPO:</p>																																																																																																																																																																																			
<p>PUNTOS TOPOGRÁFICOS</p>																																																																																																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">PUNTOS</th> <th style="width: 15%;">ESTE (m)</th> <th style="width: 15%;">NORTE (m)</th> <th style="width: 15%;">COTA (m)</th> <th style="width: 40%;">DESCRIPCION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>					PUNTOS	ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (m)	DESCRIPCION	1					2					3					4					5					6					7					8					9					10					11					12					13					14					15					17					18					19					20					21					22					23					24					25					26					27					28					29					30									N				
PUNTOS	ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (m)	DESCRIPCION																																																																																																																																																																															
1																																																																																																																																																																																			
2																																																																																																																																																																																			
3																																																																																																																																																																																			
4																																																																																																																																																																																			
5																																																																																																																																																																																			
6																																																																																																																																																																																			
7																																																																																																																																																																																			
8																																																																																																																																																																																			
9																																																																																																																																																																																			
10																																																																																																																																																																																			
11																																																																																																																																																																																			
12																																																																																																																																																																																			
13																																																																																																																																																																																			
14																																																																																																																																																																																			
15																																																																																																																																																																																			
17																																																																																																																																																																																			
18																																																																																																																																																																																			
19																																																																																																																																																																																			
20																																																																																																																																																																																			
21																																																																																																																																																																																			
22																																																																																																																																																																																			
23																																																																																																																																																																																			
24																																																																																																																																																																																			
25																																																																																																																																																																																			
26																																																																																																																																																																																			
27																																																																																																																																																																																			
28																																																																																																																																																																																			
29																																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																																			
.																																																																																																																																																																																			
.																																																																																																																																																																																			
.																																																																																																																																																																																			
.																																																																																																																																																																																			
N																																																																																																																																																																																			



Tabla 48

Formato para la recolección del registro de datos meteorológicos

	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</td></tr> </table>	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL										
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO														
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA														
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL														
DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOTÉCNICOS, HIDROLÓGICOS, TOPOGRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LA LADERA EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA EL PEDREGAL CUSCO - 2021														
PRECIPITACIÓN PLUVIOMÉTRICA														
<p>TESISTA: Bachiller: Luis Alberto Añanca Palomino</p> <p>DISTRITO: Cusco</p> <p>PROVINCIA: Cusco</p> <p>DEPARTAMENTO: Cusco</p>														
FECHA:														
Estacion meteorologica agricola principal Kayra Senamhi		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Latitud:</td><td style="width: 50%;"></td></tr> <tr><td>longitud:</td><td></td></tr> <tr><td>Altitud:</td><td></td></tr> </table>	Latitud:		longitud:		Altitud:							
Latitud:														
longitud:														
Altitud:														
Estacion meteorologica Luis Olazo Olivera Perayoc UNSAAC														
PRECIPITACIÓN DIARIA MÁXIMA EN 24 HORAS (MM)														
ITEM	AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MAXIMO
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
.														
.														
.														
.														
40														



Tabla 49

Formato para la recolección de datos para el ensayo del coeficiente de permeabilidad

	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</td></tr> </table>	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA					
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL					
DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOTÉCNICOS, HIDROLÓGICOS, TOPOGRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LA LADERA EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA EL PEDREGAL CUSCO - 2021					
ESTIMACIÓN DEL PARÁMETRO DE PERMEABILIDAD "K" CON EL MÉTODO DE ENSAYO LEFRANC CON NIVEL CONSTANTE (INSITU)					
<p> TESISTA: Bachiller: Luis Alberto Añanca Palomino UBICACIÓN: Asociación de vivienda el pedregal El Pedregal DISTRITO: Cusco PROVINCIA: Cusco DEPARTAMENTO: Cusco LUGAR: ENSAYO: FECHA: <table border="1" style="display: inline-table; width: 100px; height: 20px; vertical-align: middle;"></table> CLIMA: <table border="1" style="display: inline-table; width: 100px; height: 20px; vertical-align: middle;"></table> </p>					
DATOS DURANTE EL ENSAYO	AGUJERO N° 01	AGUJERO N° 02	AGUJERO N° 03		
Diametro del tubo (")					
Diametro del tubo (m)					
Profundidad (m)					
Caudal inyectado (lt/min)					
Tiempo (seg)					
Longitud de filtrado (m)					
hm (m)					
Longitud (m)					
Factor de forma (C)					
Conductividad hidraulica K (cm/s)					



Tabla 50

Formato para el registro de datos del ensayo de contenido de humedad

	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;"><i>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</i></td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><i>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</i></td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><i>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</i></td></tr> </table>	<i>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</i>	<i>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</i>	<i>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</i>																									
<i>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</i>																													
<i>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</i>																													
<i>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</i>																													
<p>DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOTÉCNICOS, HIDROLÓGICOS, TOPOGRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LA LADERA EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA EL PEDREGAL CUSCO - 2021</p>																													
<p>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS (%)</p> <p>MTC E 108 - 2016</p>																													
<p>TESISTA:</p> <p>UBICACIÓN:</p> <p>DISTRITO:</p> <p>PROVINCIA:</p> <p>DEPARTAMENTO:</p> <p>LUGAR:</p>	<p>Bachiller: Luis Alberto Añanca Palomino</p> <p>Asociacion de vivienda el pedregal El Pedregal</p> <p>Cusco</p> <p>Cusco</p> <p>Cusco</p>																												
<p>CALICATA:</p> <p>FECHA:</p> <p>CLIMA:</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;"></td> <td style="width: 20%;">Muestra:</td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Base prof(m):</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Muestra:			Base prof(m):																						
	Muestra:																												
	Base prof(m):																												
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Muestra N°.</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso del recipiente (gr).</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>peso (recip. + muestra húmeda) (gr).</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso (recip. + muestra seca) (gr).</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso muestra humedo (gr).</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso de muestra seca (gr).</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso del agua (gr).</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Estimacion del contenido de humedad (%)</td><td></td><td></td></tr> <tr style="background-color: #e6f2ff;"><td style="text-align: center;"><i>Promedio</i></td><td></td><td></td></tr> </table>		Muestra N°.			Peso del recipiente (gr).			peso (recip. + muestra húmeda) (gr).			Peso (recip. + muestra seca) (gr).			Peso muestra humedo (gr).			Peso de muestra seca (gr).			Peso del agua (gr).			Estimacion del contenido de humedad (%)			<i>Promedio</i>		
Muestra N°.																													
Peso del recipiente (gr).																													
peso (recip. + muestra húmeda) (gr).																													
Peso (recip. + muestra seca) (gr).																													
Peso muestra humedo (gr).																													
Peso de muestra seca (gr).																													
Peso del agua (gr).																													
Estimacion del contenido de humedad (%)																													
<i>Promedio</i>																													



Tabla 51

Formato para el registro de datos del ensayo de análisis granulométrico por tamizado

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																						
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA																																						
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																																						
DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOTÉCNICOS, HIDROLÓGICOS, TOPOGRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LA LADERA EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA EL PEDREGAL CUSCO - 2021																																						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO																																						
MTCE - 107 - 2016. ASTM D - 422																																						
TESISTA:		Bachiller: Luis Alberto Añanca Palomino																																				
UBICACIÓN:		Asociación de vivienda el pedregal El Pedregal																																				
DISTRITO:		Cusco																																				
PROVINCIA:		Cusco																																				
DEPARTAMENTO:		Cusco																																				
LUGAR:																																						
FECHA:																																						
CLIMA:																																						
Calicata:																																						
Muestra:																																						
Prof(m):																																						
Peso de muestra al inicio (gr):																																						
Tamaño de tamices		Peso retenido	Peso corregido	Retenido parcial	Retenido acumulado	Pasante																																
Numero	(mm)	gr	gr	(%)	(%)	(%)																																
3"	80.0																																					
2 1/2"	63.0																																					
2"	50.0																																					
1 1/2"	40.0																																					
1"	25.0																																					
3/4"	20.0																																					
1/2"	12.5																																					
3/8"	10.0																																					
1/4"	6.3																																					
# 4	5.0																																					
# 10	2.0																																					
# 20	1.25																																					
# 40	0.40																																					
# 60	0.25																																					
# 100	0.16																																					
# 200	0.08																																					
Cazuela	0.00																																					
Análisis granulométrico por tamizado																																						
Pasa el tamiz N° 4 (5mm)=																																						
Pasa el tamiz N° 200 (0.080)=																																						
D60=																																						
D30=																																						
D10 (diámetro efectivo)=																																						
Cu=																																						
Cc=																																						
Grava:																																						
Arena:																																						
Limo y Arcilla:																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="font-size: 8px;">SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200</td> <td style="font-size: 8px;">GW Gravas bien graduadas</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 8px;">SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200</td> <td style="font-size: 8px;">GP Gravas mal graduadas</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 8px;">SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200</td> <td style="font-size: 8px;">GM Gravas Limosas</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 8px;">SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200</td> <td style="font-size: 8px;">GC Gravas Arollosas</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 8px;">SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200</td> <td style="font-size: 8px;">SW Arenas bien graduadas</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 8px;">SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200</td> <td style="font-size: 8px;">SP Arenas mal graduadas</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 8px;">SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200</td> <td style="font-size: 8px;">SM Arenas Limosas</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 8px;">SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200</td> <td style="font-size: 8px;">SC Arenas Arollosas</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 8px;">SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200</td> <td style="font-size: 8px;">ML Limo Inorgánico</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 8px;">SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200</td> <td style="font-size: 8px;">CL Arollosas inorgánicas de baja plasticidad</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 8px;">SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200</td> <td style="font-size: 8px;">OL Limos Orgánicos y Arollosas Limosas Orgánicas</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 8px;">SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200</td> <td style="font-size: 8px;">MH Limos Inorgánicos</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 8px;">SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200</td> <td style="font-size: 8px;">CH Arollosas inorgánicas de alta plasticidad</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 8px;">SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200</td> <td style="font-size: 8px;">OH Arollosas Orgánicas de media a alta plasticidad</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 8px;">SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200</td> <td style="font-size: 8px;">Pt Turba y otros suelos altamente orgánicos</td> </tr> </tbody> </table>							SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS		SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	GW Gravas bien graduadas	SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	GP Gravas mal graduadas	SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	GM Gravas Limosas	SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	GC Gravas Arollosas	SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	SW Arenas bien graduadas	SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	SP Arenas mal graduadas	SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	SM Arenas Limosas	SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	SC Arenas Arollosas	SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	ML Limo Inorgánico	SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	CL Arollosas inorgánicas de baja plasticidad	SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	OL Limos Orgánicos y Arollosas Limosas Orgánicas	SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	MH Limos Inorgánicos	SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	CH Arollosas inorgánicas de alta plasticidad	SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	OH Arollosas Orgánicas de media a alta plasticidad	SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	Pt Turba y otros suelos altamente orgánicos
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS																																						
SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	GW Gravas bien graduadas																																					
SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	GP Gravas mal graduadas																																					
SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	GM Gravas Limosas																																					
SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	GC Gravas Arollosas																																					
SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	SW Arenas bien graduadas																																					
SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	SP Arenas mal graduadas																																					
SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	SM Arenas Limosas																																					
SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	SC Arenas Arollosas																																					
SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	ML Limo Inorgánico																																					
SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	CL Arollosas inorgánicas de baja plasticidad																																					
SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	OL Limos Orgánicos y Arollosas Limosas Orgánicas																																					
SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	MH Limos Inorgánicos																																					
SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	CH Arollosas inorgánicas de alta plasticidad																																					
SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	OH Arollosas Orgánicas de media a alta plasticidad																																					
SUELO DE GRAÑO GRUPO, MÁS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	Pt Turba y otros suelos altamente orgánicos																																					
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)																																						



Tabla 52

Formato para el registro de datos del ensayo de limite liquido, plástico e índice de plasticidad

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL							
DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOTÉCNICOS, HIDROLÓGICOS, TOPOGRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LA LADERA EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA EL PEDREGAL CUSCO - 2021								
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS NTP 339. 129								
TESISTA: UBICACIÓN DISTRITO: PROVINCIA: DEPARTAMENTO: LUGAR: FECHA: CLIMA:	Bachiller: Luis Alberto Añanca Palomino Asociación de vivienda el pedregal El Pedregal Cusco Cusco Cusco <input type="text"/> <input type="text"/>							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Calicata</td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td>Muestra</td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td>Prof.(m)</td><td><input type="text"/></td></tr> </table>	Calicata	<input type="text"/>	Muestra	<input type="text"/>	Prof.(m)	<input type="text"/>		
Calicata	<input type="text"/>							
Muestra	<input type="text"/>							
Prof.(m)	<input type="text"/>							
LIMITE LIQUIDO								
Numero de recipiente	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
Peso de recipiente (gr).	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
Peso (recipiente + suelo Húmedo) (gr).	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
Peso (recipiente + suelo seco) (gr).	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
Numero de golpes	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
Peso del suelo seco (gr)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
Peso del agua(gr)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
Contenido de humedad (%)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
Promedio (%)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <p style="text-align: center;">LIMITE LIQUIDO</p> </div>								
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO DE LOS SUELOS NTP 339. 129								
LIMITE PLÁSTICO								
Numero de recipiente	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
Peso de recipiente (gr).	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
Peso (recipiente + suelo Húmedo) (gr).	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
Peso (recipiente + suelo seco) (gr).	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
Peso del agua (gr)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
Peso del suelo seco (gr)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
Contenido de humedad (%)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
Promedio (%)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
Porcentaje de limite Liquido=	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
Porcentaje de limite Plástico=	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
Coficiente del índice de Plasticidad=	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					



D. Validación de instrumentos

Figura 64

Calibración de instrumentos de medición. Balanza electrónica

 UNITEST-UNIVERSAL TESTING LABORATORIO GEOTÉCNICO AUTOMATIZADO LABORATORIO AUTOMATIZADO DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES		
<small>PROYECTO: "DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOTÉCNICOS HIDROLÓGICOS, TOPOGRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LA LADERA EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA EL PEDREGAL CUSCO - 2021".</small>		
	LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 016	
Certificado de Calibración TC - 05568 - 2022		
Proforma : 9731A	Fecha de emisión : 2022-04-12	
Solicitante : UNIVERSAL TESTING S.A.C. Dirección : Cal.Peru Mza. X Lote. 13 Urb. Ttio Cusco-Cusco-Wanchaq		
Instrumento de medición : Balanza Tipo : Electrónica Marca : OHAUS Modelo : PR4202/E N° de Serie : C114501329 Capacidad Máxima : 4200 g Resolución : 0,01 g División de Verificación : 0,1 g Clase de Exactitud : II Capacidad Mínima : 5 g Procedencia : China N° de Parte : No indica Identificación : No indica Ubicación : Laboratorio Variación de ΔT Local : 3 °C Fecha de Calibración : 2022-04-07	TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025. TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes. Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados. Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.	
Lugar de calibración Instalaciones de UNIVERSAL TESTING S.A.C.		
Método de calibración La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.		
TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento. El presente documento carece de valor sin firma y sello.		
		
		Lic. Nicolás Ramos Paucar Gerente Técnico CFP: 0316

Nota: (UNITEST, 2022)



Figura 65

Calibración de instrumento de medición. Copa Casagrande

	UNITEST- UNIVERSAL TESTING LABORATORIO GEOTÉCNICO AUTOMATIZADO LABORATORIO AUTOMATIZADO DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES										
PROYECTO: "DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOTÉCNICOS HIDROLÓGICOS, TOPOGRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LA LADERA EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA EL PEDREGAL CUSCO - 2021".											
 TEST & CONTROL	SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD NTP ISO / IEC 17025:2017	 ISO 17025:2017									
Certificado de Calibración TC - 05572 - 2022											
PROFORMA : 9731A	Fecha de emisión: 2022-04-12										
SOLICITANTE : UNIVERSAL TESTING SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - UNITEST S.A.C.	DIRECCIÓN : Cal.Peru Mza. X Lote. 13 Urb. Ttio Cusco-Cusco-Wanchaq										
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : COPA CASAGRANDE	TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.										
Marca : MATEST	TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.										
Modelo : S172X	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).										
N° de Serie : S172X/AD/0001	Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.										
Procedencia : Italia	Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.										
N° de Parte : NO INDICA											
Identificación : NO INDICA											
Ubicación : Laboratorio											
Fecha de Calibración : 2022-04-07											
LUGAR DE CALIBRACIÓN											
Instalaciones de UNIVERSAL TESTING SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - UNITEST S.A.C.											
MÉTODO DE CALIBRACIÓN											
La calibración se realizó por comparación directa utilizando patrones calibrados y trazables al sistema internacional de medida, tomando como referencia la norma MTCE 110 - 2000.											
CONDICIONES AMBIENTALES											
	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Inicial</th> <th>Final</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>17,2 °C</td> <td>17,4 °C</td> </tr> <tr> <td>Humedad Relativa</td> <td>51,0 %</td> <td>51,0 %</td> </tr> </tbody> </table>		Inicial	Final	Temperatura	17,2 °C	17,4 °C	Humedad Relativa	51,0 %	51,0 %	
	Inicial	Final									
Temperatura	17,2 °C	17,4 °C									
Humedad Relativa	51,0 %	51,0 %									
TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.											
El presente documento carece de valor sin firma y sello.											
	Lic. Nicolás Ramos Paucar Gerente Técnico CFP: 0316										

Nota: (UNITEST, 2022)



Figura 66

Calibración de instrumento de medición. Tamices





	UNITEST- UNIVERSAL TESTING LABORATORIO GEOTÉCNICO AUTOMATIZADO LABORATORIO AUTOMATIZADO DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES										
PROYECTO: "DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOTÉCNICOS HIDROLÓGICOS, TOPOGRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LA LADERA EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA EL PEDREGAL CUSCO - 2021".											
 TEST & CONTROL	SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD NTP ISO / IEC 17025:2017	 ISO 17025:2017									
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN TC - 05573 - 2022											
PROFORMA : 9731A	Fecha de emisión : 2022 - 04 - 12	Página : 1 de 3									
SOLICITANTE : UNIVERSAL TESTING SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - UNITEST S.A.C. Dirección : Cal.Peru Mza. X Lote. 13 Urb. Tño Cusco-Cusco-Wanchaq											
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : TAMIZ Marca : HUMBOLT Modelo : N°200 N° de serie : E44468 N° de tamiz : No. 200 Tamaño de abertura : 75 µm Identificación : NO INDICA Procedencia : U.S.A. Ubicación : LABORATORIO Fecha de Calibración : 2022-04-07	TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025. TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes. Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso. Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.										
LUGAR DE CALIBRACIÓN Instalaciones de UNIVERSAL TESTING SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - UNITEST											
MÉTODO DE CALIBRACIÓN La calibración se realizó por comparación directa utilizando patrones calibrados y trazables al sistema internacional de unidades, tomando como referencia la norma ASTM E 11.											
CONDICIONES AMBIENTALES											
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>MAGNITUD</th> <th>INICIAL</th> <th>FINAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TEMPERATURA</td> <td style="text-align: center;">17,6 °C</td> <td style="text-align: center;">17,7 °C</td> </tr> <tr> <td>HUMEDAD RELATIVA</td> <td style="text-align: center;">50,2%</td> <td style="text-align: center;">50,2%</td> </tr> </tbody> </table>	MAGNITUD	INICIAL	FINAL	TEMPERATURA	17,6 °C	17,7 °C	HUMEDAD RELATIVA	50,2%	50,2%	
MAGNITUD	INICIAL	FINAL									
TEMPERATURA	17,6 °C	17,7 °C									
HUMEDAD RELATIVA	50,2%	50,2%									
TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento. El presente documento carece de valor sin firma y sello.											
		 Lic. Nicolás Ramos Paucar Gerente Técnico CFP : 0316									

Nota: UNITEST (2022)



Figura 67

Calibración de Equipo. Estufa

 UNITEST-UNIVERSAL TESTING LABORATORIO GEOTÉCNICO AUTOMATIZADO LABORATORIO AUTOMATIZADO DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES															
PROYECTO: "DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOTÉCNICOS HIDROLÓGICOS, TOPOGRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LA LADERA EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA EL PEDREGAL CUSCO - 2021".															
 TEST & CONTROL		SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD NTP ISO / IEC 17025:2017													
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN TC - 05576 - 2022															
Proforma : 9731A		Fecha de emisión : 2022-04-12													
SOLICITANTE: UNIVERSAL TESTING SOCIEDAD ANONIMA CERRADA Dirección : Cal.Peru Mza. X Lote. 13 Urb. Ttio Cusco-Cusco-Wanchaq															
EQUIPO Marca : PINZUAR Modelo : PG190 N° de Serie : 229 Procedencia : No Indica Identificación : No Indica TIPO DE INDICADOR Alcance : 0 °C a 250 °C Resolución : 0,1 °C TIPO DE CONTROLADOR Alcance : 0 °C a 250 °C Resolución : 1 °C Fecha de Calibración : 2022-04-07	TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025. TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes. Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados. Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.														
LUGAR DE CALIBRACIÓN Instalaciones de UNIVERSAL TESTING SOCIEDAD ANONIMA CERRADA															
MÉTODO DE CALIBRACIÓN La calibración se realizó por comparación directa con nuestro sistema de medición de temperatura patrón según procedimiento PC- 018 "Procedimiento de calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio temostático". Segunda Edición - Junio 2009. SNM - INDECOPI.															
CONDICIONES DE CALIBRACIÓN <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Magnitud</th> <th>Inicial</th> <th>Final</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>18,9 °C</td> <td>18,4 °C</td> </tr> <tr> <td>Humedad Relativa</td> <td>65,2 %hr</td> <td>64,1 %hr</td> </tr> <tr> <td>Voltaje</td> <td>221,1 V</td> <td>221,5 V</td> </tr> </tbody> </table>				Magnitud	Inicial	Final	Temperatura	18,9 °C	18,4 °C	Humedad Relativa	65,2 %hr	64,1 %hr	Voltaje	221,1 V	221,5 V
Magnitud	Inicial	Final													
Temperatura	18,9 °C	18,4 °C													
Humedad Relativa	65,2 %hr	64,1 %hr													
Voltaje	221,1 V	221,5 V													
TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento. El presente documento carece de valor sin firma y sello.															
			 Lic. Nicolás Ramos Pizarro Gerente Técnico CFP: 8316												

Nota: UNITEST (2022)



Figura 68

Calibración de equipo de corte directo

	UNITEST- UNIVERSAL TESTING LABORATORIO GEOTÉCNICO AUTOMATIZADO LABORATORIO AUTOMATIZADO DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES										
PROYECTO: "DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOTÉCNICOS, HIDROLÓGICOS, TOPOGRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LA LADERA EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA EL PEDREGAL CUSCO - 2021".											
 TEST & CONTROL	SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD NTP ISO / IEC 17025:2017	 ISO 17025:2017									
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN TC-05567-2021											
PROFORMA : 9371A	Fecha de emisión : 2022 - 04 - 12	Página : 1 de 2									
SOLICITANTE : UNIVERSAL TESTING SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - UNITEST S.A.C. Dirección : Cal.Peru Mza. X Lote. 13 Urb. Tbo Cusco-Cusco-Wanchaq											
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : EQUIPO DE CORTE DIRECTO Marca : GILSON Modelo : HM-362 N° Serie : 4183 Intervalo de indicación : 0 Lb a 1500 Lb Resolución : 0,1 Lb Procedencia : U.S.A. Ubicación : Laboratorio Fecha de Calibración : 2022 - 04 - 07	TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISOMET 17025. TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes. Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso. Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.										
LUGAR DE CALIBRACIÓN Laboratorio de LAB CONSULT INGENIERIA E.I.R.L.											
METODO DE CALIBRACIÓN La calibración se efectuó por comparación directa utilizando el PIC-023 * Procedimiento para la Calibración de Prensas, celdas y anillos de carga*.											
CONDICIONES AMBIENTALES											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>MAGNITUD</th> <th>INICIAL</th> <th>FINAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TEMPERATURA</td> <td style="text-align: center;">17,1°C</td> <td style="text-align: center;">17,3°C</td> </tr> <tr> <td>HUMEDAD RELATIVA</td> <td style="text-align: center;">52,0%</td> <td style="text-align: center;">51,0%</td> </tr> </tbody> </table>	MAGNITUD	INICIAL	FINAL	TEMPERATURA	17,1°C	17,3°C	HUMEDAD RELATIVA	52,0%	51,0%		
MAGNITUD	INICIAL	FINAL									
TEMPERATURA	17,1°C	17,3°C									
HUMEDAD RELATIVA	52,0%	51,0%									
TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento. El presente documento carece de valor sin firma y sello.											
		 Lic. Nicolás Ramos Paucar Gerente Técnico C.F.P. N° 0316									

Nota: UNITEST (2022)



E. Anexos

Tabla 54

Matriz de consistencia

DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOTÉCNICOS, HIDROLÓGICOS, TOPOGRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LA LADERA EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA EL PEDREGAL CUSCO - 2021											
Problema general	Hipótesis general	Objetivo general	V D	Variable dependiente	ND	Nivel o dimensión	ID	Indicadores dependientes	Unidad	Instrumentos	Fuentes
¿Cómo se determinará y analizará los factores de seguridad obtenidos de la ladera en la Asociación de Vivienda el Pedregal?	Los factores de seguridad se obtendrán con el método de equilibrio límite y su interpretación se hará con un análisis paramétrico.	Determinar y analizar los factores de seguridad obtenidos de la ladera en la Asociación de Vivienda el Pedregal.	V D1 :	Obtención del factor de seguridad	ND 1.1	Método de equilibrio límite (L.E.M)	ID 1:	<ul style="list-style-type: none"> • FS ≥ 1: Estable • FS <1: Inestable 	Adimensional	Software Geo-Slope educativo V.8.15, Análisis de Morgenstern-Price	Guías de investigación
Problemas específicos	Sub hipótesis	Objetivos específicos	VI	Variables independientes	NI	Nivel o dimensión	II	Indicadores independientes	Unidad	Instrumentos	Fuentes
¿Cuáles serán las propiedades físicas y mecánicas de los suelos para el cálculo de los factores de seguridad de la ladera en la Asociación de Vivienda el Pedregal?	Los valores que se obtendrán respecto al peso específico húmedo, ángulo de fricción interna y cohesión del suelo serán superiores a 1.500 tn/m ³ , 30.00° y 1.000 tn/m ² en la ladera de la Asociación de Vivienda el Pedregal.	Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos para el cálculo de los factores de seguridad de la ladera en la Asociación de Vivienda el Pedregal.	VI 2:	Propiedades físicas y mecánicas de los suelos	NI 2.1 NI 2.2 NI 2.3 NI 2.4	Porcentaje de humedad (%) Granulometría por tamizado Límites de consistencia Peso específico	II2 : II3 : II4 : II5 :	Porcentaje Peso Líquido, plástico Húmedo y seco	Porcentaje Kilogramo Porcentaje kN/cm ³	Equipos, instrumentos de laboratorio y fichas de laboratorio	MTC y Norma Técnica Peruana



				NI 2.5	Tipo de suelo	II6 :	Clasificación de suelo	Adimen sional			
				NI 2.6	Resistenci a al esfuerzo cortante	II7 : II8 :	Ángulo de fricción interna Cohesión	Grados sexagesi males kPA			
¿Cómo la precipitación pluvial será requisito en la obtención de valores del coeficiente de permeabilidad del suelo obtenido con el ensayo de lefranc insitu con carga constante de la ladera en la Asociación de Vivienda el Pedregal?	El caudal obtenido de la precipitación pluvial máxima diaria mensual será requisito en la obtención de valores de los coeficientes de permeabilidad del suelo	Obtener los valores de los coeficientes de permeabilidad del suelo obtenido con la precipitación pluvial y el ensayo de lefranc insitu con carga constante de la ladera en la Asociación de Vivienda el Pedregal.	VI 3:	Precipitaci ón pluvial	NI 3.1	Datos Estación Meteoroló gica	II9 :	Precipitación	Milímet ro por día	Hojas de calculo	Guías de investigaci ón
				NI 3.2	Permeabili dad	Velocidad	II1 0:	Coeficiente de permeabilidad	Centíme tro por segundo	Herramient as manuales y hojas de calculo	Guías de investigaci ón
¿Qué parámetro topográfico será requisito para la obtención de los factores de seguridad de la ladera en la Asociación de Vivienda el Pedregal?	La pendiente es el parámetro topográfico que será requisito para el cálculo de los factores de seguridad (FS) de la ladera en la Asociación de Vivienda el Pedregal.	Determinar el parámetro topográfico que será requisito para la obtención de los factores de seguridad de la ladera en la Asociación de Vivienda el Pedregal.	VI 4:	Topografí a	NI 4.1 NI 4.2 NI 4.3	Coordenad as UTM Altura Pendiente	II1 1: II1 2: II1 3:	Norte, Este Cotas Porcentaje	Metros Metros Grados sexagesi males	Equipo topográfico y hojas de calculo	Guías de investigaci ón



Tabla 55

Cuadro de operacionalización de variables

DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOTÉCNICOS, HIDROLÓGICOS, TOPOGRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LA LADERA EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA EL PEDREGAL CUSCO - 2021						
TIPO DE VARIABLE	VARIABLE OPERACIONAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	NIVEL	INDICADOR	UNIDAD	INSTRUMENTOS
DEPENDIENTES	Y1: Factor de seguridad	Viene a ser las condiciones reales que presenta una ladera y/o talud respecto a las condiciones que podrían ocurrir en una falla.	Método de equilibrio límite (L.E.M)	<ul style="list-style-type: none"> • FS \geq 1: Estable • FS < 1: Inestable 	Adimensional	Software Geo-Slope V-8.15. Análisis de Morgenstern-Price y hojas de calculo
	X1: Propiedades físicas y mecánicas de los suelos	Vienen a ser las características físicas y mecánicas que presenta el suelo y estos se obtienen mediante ensayos de laboratorio.	<ul style="list-style-type: none"> -Porcentaje de humedad (%) -Granulometría por tamizado -Límite de consistencia -Peso específico -Tipo de suelo -Resistencia al esfuerzo cortante 	<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje Peso Líquido, plástico Húmedo y seso Clasificación de suelo Angulo de fricción Cohesión 	<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje kilogramo Porcentaje kg/m³ Adimensional Grados sexagesimales kPa 	Equipos, instrumentos de laboratorio y hojas de calculo
INDEPENDIENTES	X2: Precipitación pluvial	La precipitación pluvial, es en conjunto una forma de humedad que se origina a partir de las nubes hasta que llegue a la superficie del suelo por gravedad para luego medirlas	Datos estación meteorológica	Precipitación	mm/día	Hojas de calculo
	X3: Permeabilidad	Viene a ser una característica del material suelo, con este ensayo se mide la capacidad de infiltración, según el tipo de suelo encontrado en la zona	Velocidad	Coefficiente de permeabilidad	cm/s	Herramientas manuales y hojas de calculo
	X4: Topografía	La topografía es un conjunto de métodos e instrumentos que se usa para representar al terreno y plasmarlo en un plano topográfico.	<ul style="list-style-type: none"> Coordenadas UTM Elevación Pendiente 	<ul style="list-style-type: none"> Norte, Este Cotas porcentajes 	<ul style="list-style-type: none"> metros metros Grados sexagesimales 	Equipo topográfico y hojas de calculo



Tabla 56

Análisis paramétrico de cada propiedad geotécnica en tres parámetros de seguridad de la obra en estudio para las siete secciones bajo condiciones suaves, parcialmente suaves y suaves

N=1200					N=1200					N=1200					N=1200				
Según H	Req. esposito (N/m ²)			Factor de seguridad	Según 2	Req. esposito (N/m ²)			Factor de seguridad	Según 3	Req. esposito (N/m ²)			Factor de seguridad	Según 4	Req. esposito (N/m ²)			Factor de seguridad
Mh	1840	3358	1146	1471	Mh	1840	3358	1146	136	Mh	1840	3358	1146	149	Mh	1840	3358	1146	149
Mel	1808	3358	1146	1459	Mel	1808	3358	1146	136	Mel	1808	3358	1146	148	Mel	1808	3358	1146	149
Mk	1951	3358	1146	1441	Mk	1951	3358	1146	1351	Mk	1951	3358	1146	142	Mk	1951	3358	1146	144
Según H		Angulo fricción (°)		Factor de seguridad	Según 2		Angulo fricción (°)		Factor de seguridad	Según 3		Angulo fricción (°)		Factor de seguridad	Según 4		Angulo fricción (°)		Factor de seguridad
Mh	1825	3253	1146	1445	Mh	1825	3253	1146	135	Mh	1825	3253	1146	144	Mh	1825	3253	1146	146
Mel	1825	3325	1146	1449	Mel	1825	3325	1146	135	Mel	1825	3325	1146	147	Mel	1825	3325	1146	148
Mk	1825	3425	1146	1446	Mk	1825	3425	1146	138	Mk	1825	3425	1146	146	Mk	1825	3425	1146	147
Según H			Coesión (Pa)	Factor de seguridad	Según 2			Coesión (Pa)	Factor de seguridad	Según 3			Coesión (Pa)	Factor de seguridad	Según 4			Coesión (Pa)	Factor de seguridad
Mh	1825	3358	1063	136	Mh	1825	3358	1063	135	Mh	1825	3358	1063	132	Mh	1825	3358	1063	137
Mel	1825	3358	1199	142	Mel	1825	3358	1199	135	Mel	1825	3358	1199	149	Mel	1825	3358	1199	148
Mk	1825	3358	1215	142	Mk	1825	3358	1215	132	Mk	1825	3358	1215	147	Mk	1825	3358	1215	145
Según 55	Req. esposito (N/m ²)			Factor de seguridad	Según 66	Req. esposito (N/m ²)			Factor de seguridad	Según 77	Req. esposito (N/m ²)			Factor de seguridad					
Mh	1840	3358	1146	145	Mh	1840	3358	1146	145	Mh	1840	3358	1146	158					
Mel	1808	3358	1146	145	Mel	1808	3358	1146	145	Mel	1808	3358	1146	150					
Mk	1951	3358	1146	148	Mk	1951	3358	1146	148	Mk	1951	3358	1146	155					
Según 55		Angulo fricción (°)		Factor de seguridad	Según 66		Angulo fricción (°)		Factor de seguridad	Según 77		Angulo fricción (°)		Factor de seguridad					
Mh	1825	3253	1146	1441	Mh	1825	3253	1146	142	Mh	1825	3253	1146	154					
Mel	1825	3325	1146	1444	Mel	1825	3325	1146	145	Mel	1825	3325	1146	154					
Mk	1825	3425	1146	143	Mk	1825	3425	1146	144	Mk	1825	3425	1146	152					
Según 55			Coesión (Pa)	Factor de seguridad	Según 66			Coesión (Pa)	Factor de seguridad	Según 77			Coesión (Pa)	Factor de seguridad					
Mh	1825	3358	1063	139	Mh	1825	3358	1063	135	Mh	1825	3358	1063	155					
Mel	1825	3358	1199	145	Mel	1825	3358	1199	145	Mel	1825	3358	1199	156					
Mk	1825	3358	1215	144	Mk	1825	3358	1215	142	Mk	1825	3358	1215	152					



Pacahutesuab					Pacahutesuab					Pacahutesuab					Pacahutesuab				
Sección H	Rep espolto (KNm)		Factor de seguridad		Sección n22	Rep espolto (KNm)		Factor de seguridad		Sección n33	Rep espolto (KNm)		Factor de seguridad		Sección 44	Rep espolto (KNm)		Factor de seguridad	
Mh	840	3568	1146	123	Mh	840	3568	1146	120	Mh	840	3568	1146	123	Mh	840	3568	1146	116
Mel	888	3568	1146	128	Mel	888	3568	1146	126	Mel	888	3568	1146	127	Mel	888	3568	1146	114
Mk	952	3568	1146	121	Mk	952	3568	1146	121	Mk	952	3568	1146	127	Mk	952	3568	1146	112
Sección H		Factor de seguridad		Sección n22		Factor de seguridad		Sección n33		Factor de seguridad		Sección 44		Factor de seguridad					
Mh	893	3253	1146	128	Mh	893	3253	1146	125	Mh	893	3253	1146	127	Mh	893	3253	1146	114
Mel	893	3325	1146	120	Mel	893	3325	1146	128	Mel	893	3325	1146	129	Mel	893	3325	1146	116
Mk	893	3025	1146	124	Mk	893	3025	1146	124	Mk	893	3025	1146	122	Mk	893	3025	1146	111
Sección H		Chisín (kPa)	Factor de seguridad		Sección n22		Chisín (kPa)	Factor de seguridad		Sección n33		Chisín (kPa)	Factor de seguridad		Sección 44		Chisín (kPa)	Factor de seguridad	
Mh	893	3568	1163	118	Mh	893	3568	1163	118	Mh	893	3568	1163	118	Mh	893	3568	1163	112
Mel	893	3568	1199	128	Mel	893	3568	1199	122	Mel	893	3568	1199	128	Mel	893	3568	1199	110
Mk	893	3568	1215	126	Mk	893	3568	1215	128	Mk	893	3568	1215	126	Mk	893	3568	1215	116

Sección 55	Rep espolto (KNm)		Factor de seguridad		Sección 66	Rep espolto (KNm)		Factor de seguridad		Sección 77	Rep espolto (KNm)		Factor de seguridad	
Mh	840	3568	1146	122	Mh	840	3568	1146	124	Mh	840	3568	1146	132
Mel	888	3568	1146	125	Mel	888	3568	1146	122	Mel	888	3568	1146	130
Mk	952	3568	1146	121	Mk	952	3568	1146	120	Mk	952	3568	1146	135
Sección 55		Factor de seguridad		Sección 66		Factor de seguridad		Sección 77		Factor de seguridad				
Mh	893	3253	1146	124	Mh	893	3253	1146	112	Mh	893	3253	1146	128
Mel	893	3325	1146	126	Mel	893	3325	1146	114	Mel	893	3325	1146	130
Mk	893	3025	1146	123	Mk	893	3025	1146	125	Mk	893	3025	1146	138
Sección 55		Chisín (kPa)	Factor de seguridad		Sección 66		Chisín (kPa)	Factor de seguridad		Sección 77		Chisín (kPa)	Factor de seguridad	
Mh	893	3568	1163	118	Mh	893	3568	1163	116	Mh	893	3568	1163	127
Mel	893	3568	1199	120	Mel	893	3568	1199	128	Mel	893	3568	1199	136
Mk	893	3568	1215	127	Mk	893	3568	1215	123	Mk	893	3568	1215	133



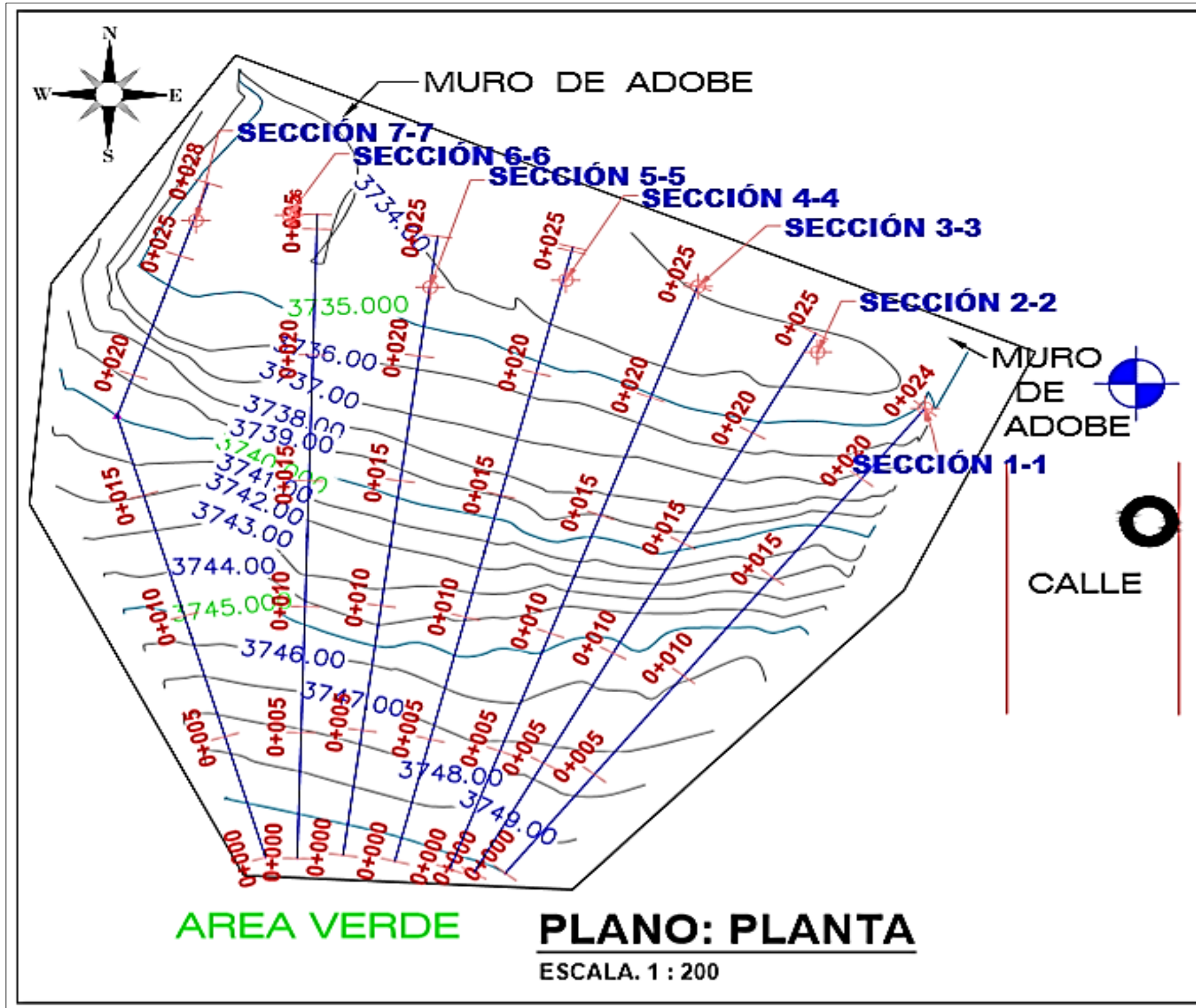
Situab				Situab				Situab				Situab							
Secó n11	Res. especí o (KNm)			Facr de. segurda d	Secó n22	Res. especí o (KNm)			Facr de. segurda d	Secó n33	Res. especí o (KNm)			Facr de. segurda d	Secó n44	Res. especí o (KNm)			Facr de. segurda d
Mh	1840	3568	1146	102	Mh	1840	3568	1146	088	Mh	1840	3568	1146	088	Mh	1840	3568	1146	091
MeI	1888	3568	1146	100	MeI	1888	3568	1146	082	MeI	1888	3568	1146	087	MeI	1888	3568	1146	090
Mk	1921	3568	1146	100/	Mk	1921	3568	1146	081	Mk	1921	3568	1146	086	Mk	1921	3568	1146	088
Secó n11	Anglo de fricó n()			Facr de. segurda d	Secó n22	Anglo de fricó n()			Facr de. segurda d	Secó n33	Anglo de fricó n()			Facr de. segurda d	Secó n44	Anglo de fricó n()			Facr de. segurda d
Mh	1893	325	1146	104	Mh	1893	325	1146	088	Mh	1893	325	1146	081	Mh	1893	325	1146	085
MeI	1893	3325	1146	105	MeI	1893	3325	1146	089	MeI	1893	3325	1146	082	MeI	1893	3325	1146	085
Mk	1893	3425	1146	110	Mk	1893	3425	1146	085	Mk	1893	3425	1146	088	Mk	1893	3425	1146	083
Secó n11			Chisó n(KPa)	Facr de. segurda d	Secó n22			Chisó n(KPa)	Facr de. segurda d	Secó n33			Chisó n(KPa)	Facr de. segurda d	Secó n44			Chisó n(KPa)	Facr de. segurda d
Mh	1893	3568	1013	090	Mh	1893	3568	1013	087	Mh	1893	3568	1013	086	Mh	1893	3568	1013	093
MeI	1893	3568	1199	104	MeI	1893	3568	1199	085	MeI	1893	3568	1199	108	MeI	1893	3568	1199	086
Mk	1893	3568	1215	104	Mk	1893	3568	1215	090	Mk	1893	3568	1215	106	Mk	1893	3568	1215	082

Secó n55	Res. especí o (KNm)			Facr de. segurda d	Secó n66	Res. especí o (KNm)			Facr de. segurda d	Secó n77	Res. especí o (KNm)			Facr de. segurda d
Mh	1840	3568	1146	097	Mh	1840	3568	1146	094	Mh	1840	3568	1146	091
MeI	1888	3568	1146	095	MeI	1888	3568	1146	093	MeI	1888	3568	1146	095
Mk	1921	3568	1146	092	Mk	1921	3568	1146	092	Mk	1921	3568	1146	080
Secó n55	Anglo de fricó n()			Facr de. segurda d	Secó n66	Anglo de fricó n()			Facr de. segurda d	Secó n77	Anglo de fricó n()			Facr de. segurda d
Mh	1893	325	1146	097	Mh	1893	325	1146	097	Mh	1893	325	1146	099
MeI	1893	3325	1146	099	MeI	1893	3325	1146	098	MeI	1893	3325	1146	098
Mk	1893	3425	1146	098	Mk	1893	3425	1146	094	Mk	1893	3425	1146	099
Secó n55			Chisó n(KPa)	Facr de. segurda d	Secó n66			Chisó n(KPa)	Facr de. segurda d	Secó n77			Chisó n(KPa)	Facr de. segurda d
Mh	1893	3568	1013	095	Mh	1893	3568	1013	095	Mh	1893	3568	1013	096
MeI	1893	3568	1199	091	MeI	1893	3568	1199	093	MeI	1893	3568	1199	103
Mk	1893	3568	1215	097	Mk	1893	3568	1215	091	Mk	1893	3568	1215	109



ANEXO

Plano topográfico con siete secciones de la zona afectada



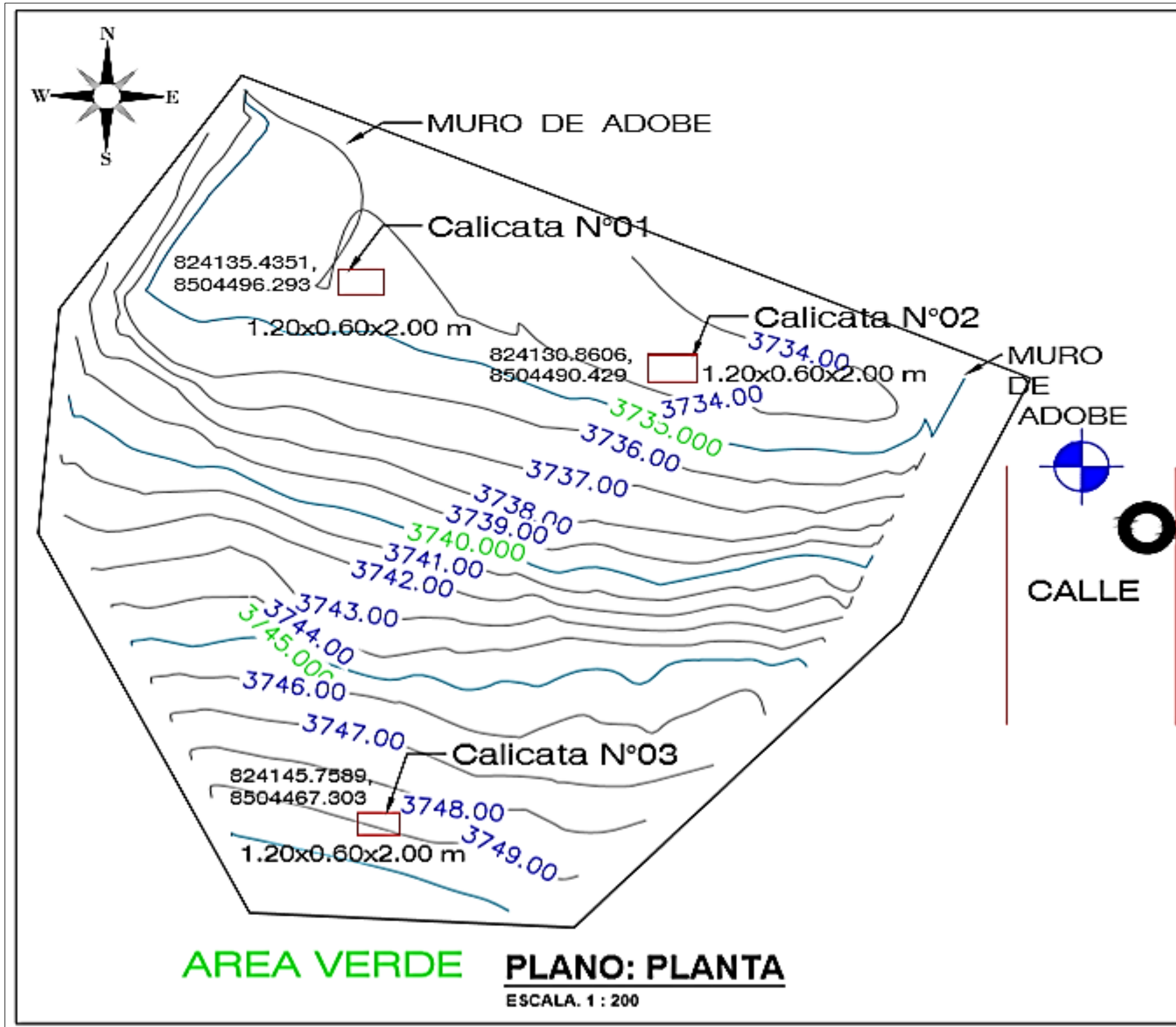
LEYENDA	
Curvas de Nivel	
BM	
Calle	
Poste	
Norte magnetico	

PLANO TOPOGRÁFICO		
<p>TESIS: DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOTÉCNICOS, HIDROLÓGICOS, TOPOGRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LA LADERA EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA EL PEDREGAL CUSCO - 2021</p>		
<p>DATUM HORIZONTAL: WGS - 84 ZONA: 18 L</p>	<p>UBICACION: Ubicación: Lugar, Asociación de Vivienda el Pedregal</p>	<p>PLANO: Curvas de Nivel y Secciones</p>
<p>AREA: 751.50 m²</p> <p>PERIMETRO: 105.30 ml</p>	<p>Región: Cusco Provincia: Cusco Distrito: Cusco</p>	<p>TESISTA: Bach: Luis Alberto Añanca Palomino</p> <p>LAMINA: P.U. 01</p> <p>ESCALA: INDICADOS</p>



Anexo 2

Plano topográfico con ubicación de las calicatas excavadas



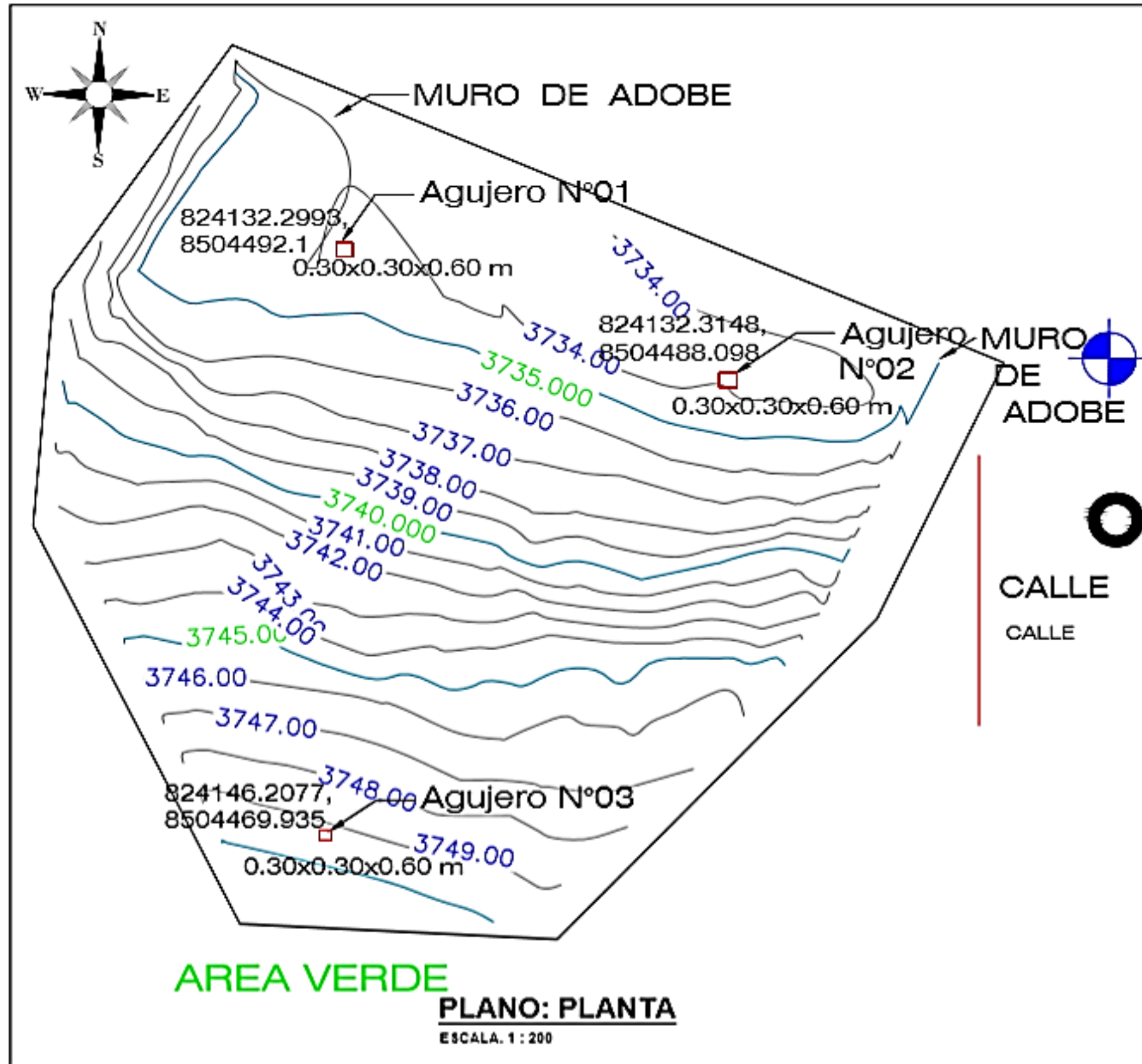
LEYENDA	
Curvas de Nivel	
BM	
Calle	
Poste	
Norte magnetico	

PLANO TOPOGRÁFICO		
	TESIS: DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOTÉCNICOS, HIDROLÓGICOS, TOPOGRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LA LADERA EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA EL PEDREGAL CUSCO - 2021	
DATUM HORIZONTAL: WGS - 84 ZONA: 18 L	UBICACION: Ubicación: Lugar, Asociación de Vivienda el Pedregal	PLANO: Puntos de excavación para calicatas
AREA: 751.50 m ²	Región: Cusco	TESISTA: Bach: Luis Alberto Añanca Palomino
PERIMETRO: 105.30 m	Provincia: Cusco	LAMINA: P.U. 02
	Distrito: Cusco	ESCALA: INDICADOS



Anexo 3

Plan topográfico con ubicación de los agujeros excavados para ensayo de permeabilidad in situ

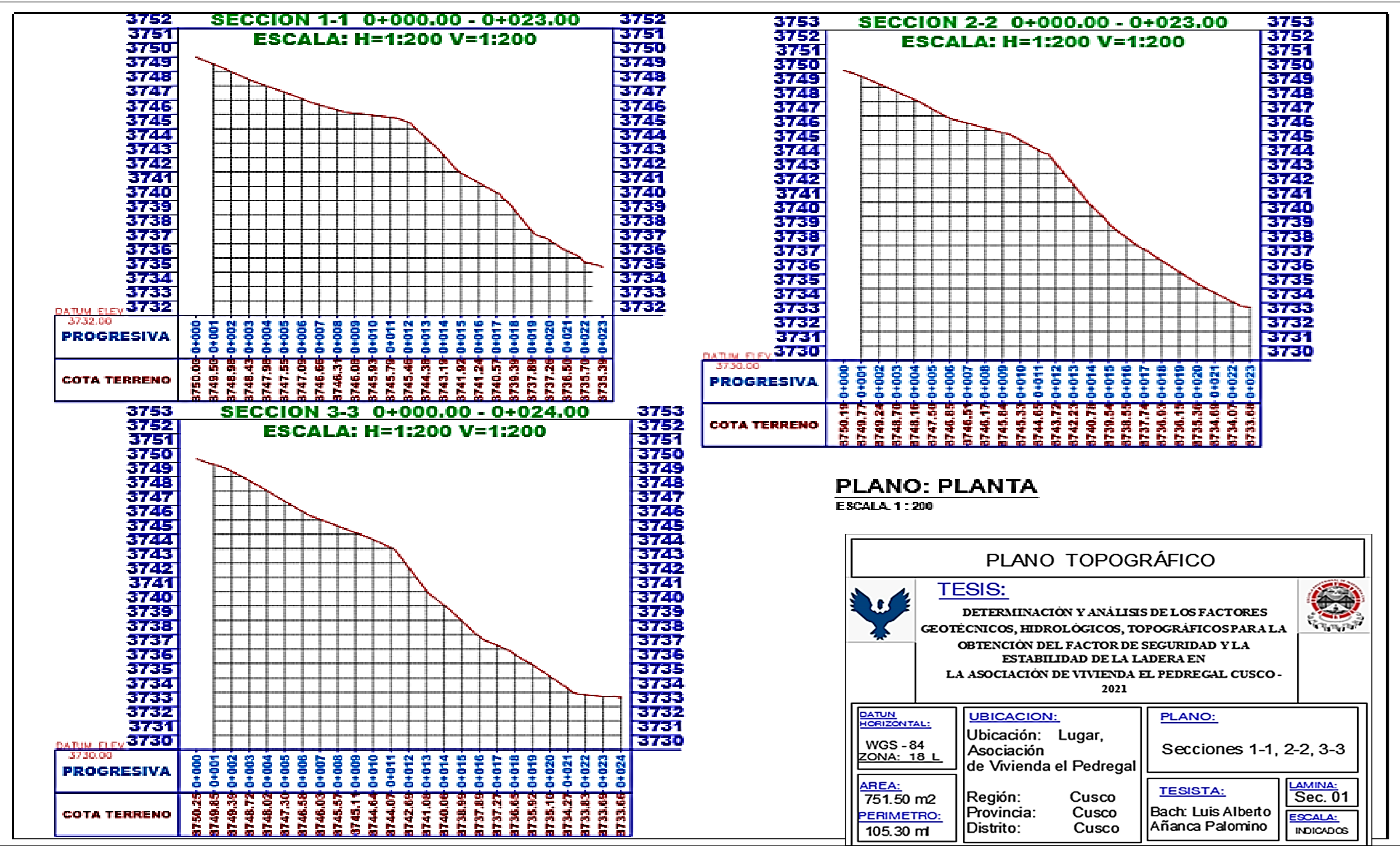


LEYENDA	
Curvas de Nivel	
BM	
Calle	
Poste	
Norte magnetico	

PLANO TOPOGRÁFICO		
<p>TESIS: DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOTÉCNICOS, HIDROLÓGICOS, TOPOGRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LA LADERA EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA EL PEDREGAL CUSCO-2021</p>		
<p>DATUM HORIZONTAL: WGS - 84 ZONA: 18 L</p>	<p>UBICACION: Ubicación: Lugar, Asociación de Vivienda el Pedregal</p>	<p>PLANO: Puntos de excavación para permeabilidad</p>
<p>AREA: 751.50 m²</p> <p>PERIMETRO: 105.30 ml</p>	<p>Región: Cusco Provincia: Cusco Distrito: Cusco</p>	<p>TESISTA: Bach: Luis Alberto Añanca Palomino</p> <p>LAMINA: P.U. 03</p> <p>ESCALA: INDICADOS</p>

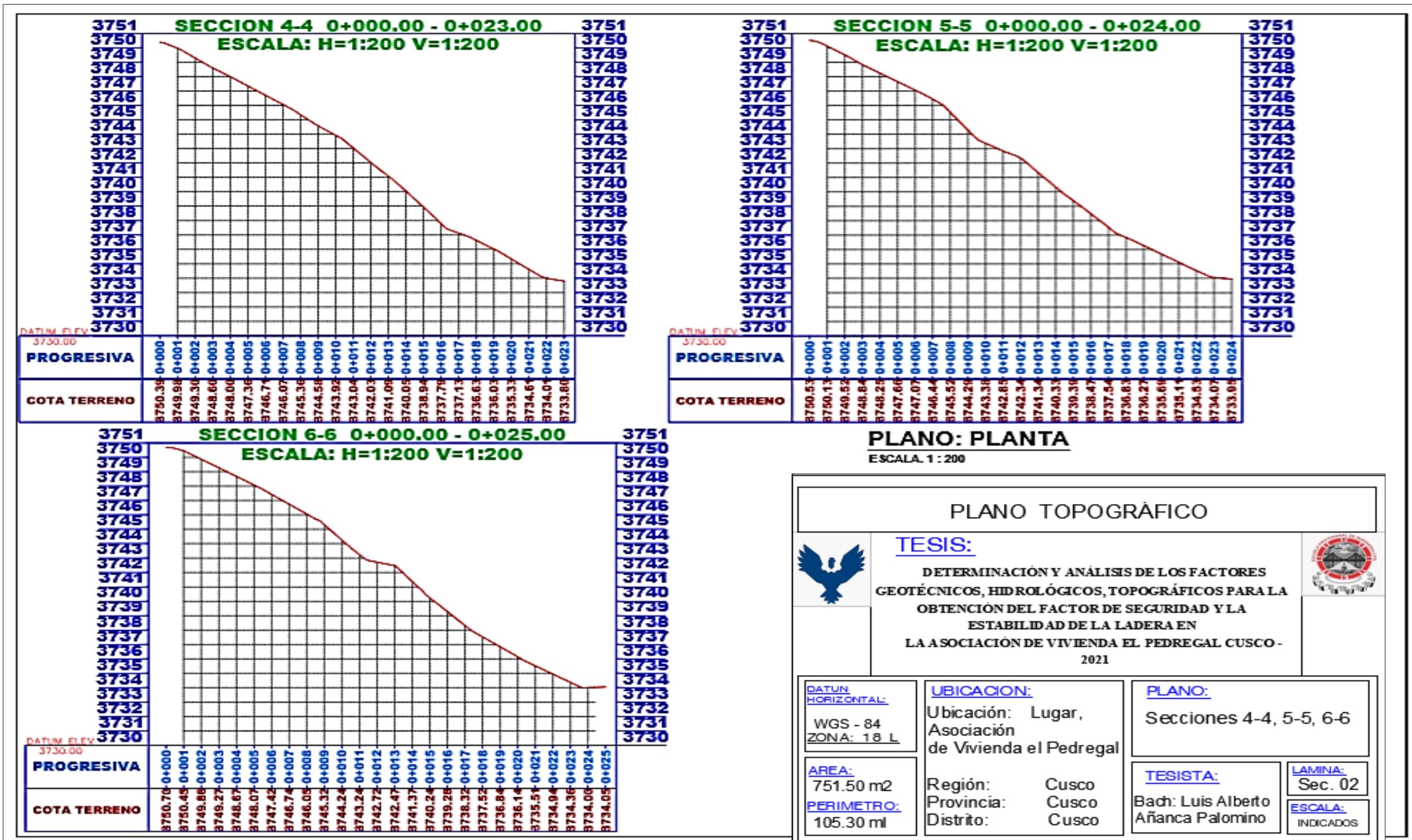


Anexo 4
Plano topográfico con secciones 1-1, 2-2, 3-3





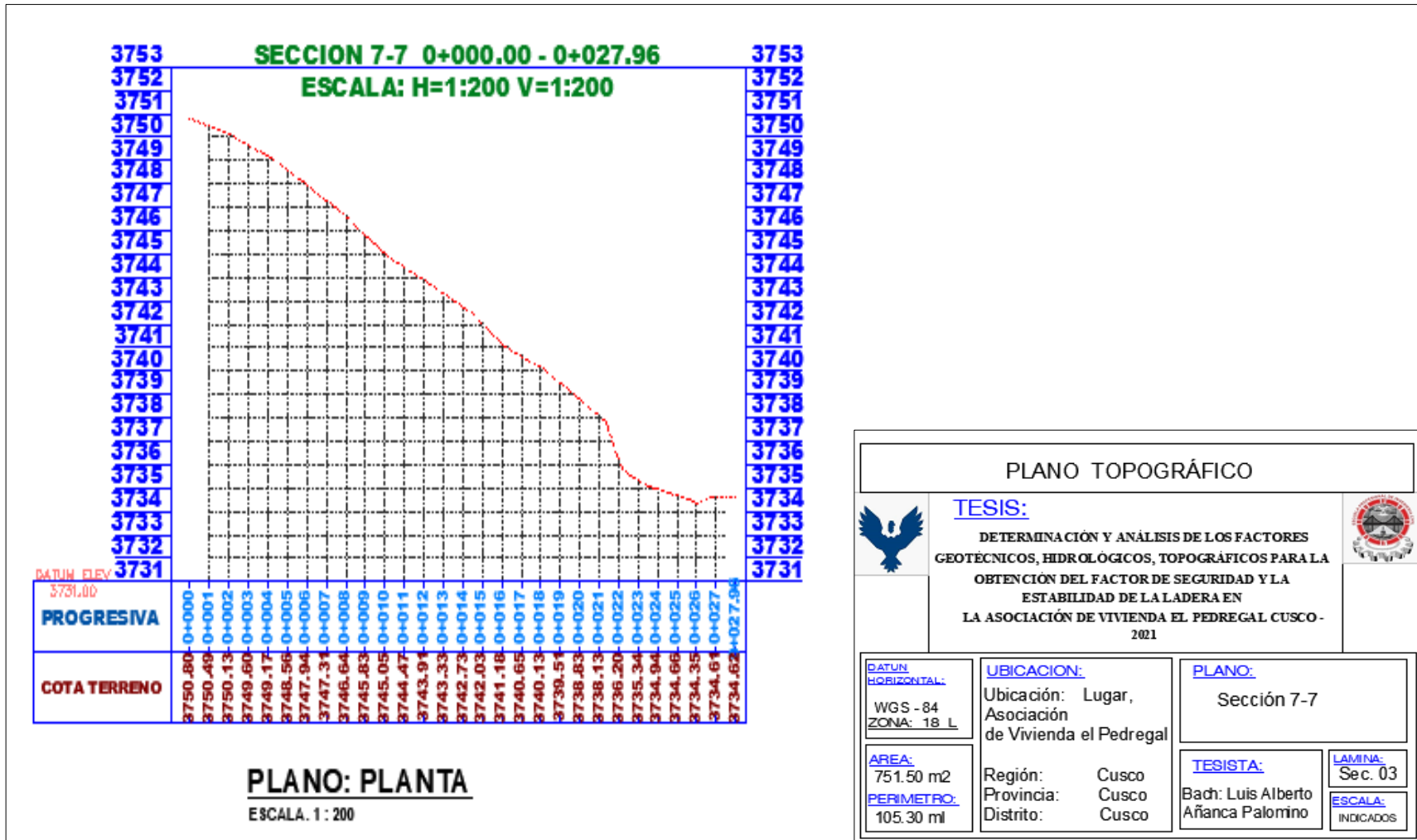
Anexo 5
Plano topográfico en secciones 4-4, 5-5, 6-6





Anexo 6


Plano topográfico con sección 7-7





Anexo 7

Documento donde solicita la universidad a la institución Agrícola Principal Kayra – Senamhi para la recolección de datos de precipitación pluvial



Universidad Andina del Cusco
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Urb. Ingeniería A-5 Larapa Grande-San Jerónimo-Cusco Teléfono: Central 605000 - Decanato Anexo 1400 - 1402

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

Cusco, 30 de mayo del 2022.

CARTA N° 454-2022-DFIA-UAC.

SEÑOR:
ING. ZENÓN HUAMAN GUTIERREZ
DIRECTOR ZONAL DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ
SENAMHI – DIRECCIÓN ZONAL 12.
Ciudad.-

De mi mayor consideración:

Es grato dirigirme a usted, para manifestarle que la Universidad Andina del Cusco mediante la Escuela Profesional de Ingeniería Civil viene desarrollando un trabajo de investigación (tesis) sobre “DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOTÉCNICOS, HIDROLÓGICOS, TOPOGRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LA LADERA EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA EL PEDREGAL CUSCO – 2021”, para lo cual se necesita obtener datos de precipitación pluvial mensual máxima en los últimos 30 años de la Estación Meteorológica Agrícola de Kayra Senamhi; por lo que, solicitamos a su Despacho nos proporcione la referida información.

Le agradeceremos proporcionar esta información al señor: **LUIS ALBERTO AÑANCA PALOMINO**, quien viene desarrollando dicho trabajo de investigación que será muy satisfactorio para nosotros poner a disposición del Senamhi los resultados obtenidos.

Agradeciendo anticipadamente la deferente atención a la presente, hago propicia la oportunidad para expresarle a usted mis consideraciones de mayor distinción y estima.

Atentamente,

FIA/AEAA/grs
C.c.
Archivo

Mgt. Ing. Ana Elizabeth Aguirre Abarca
Decana de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Sabiduría que vive en ti

AGUIRRE ABARCA ANA ELIZABETH
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
Fecha: 31/05/2022 09:35
Firmado con www.tocopi.pe

Nota: Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco (UAC), (2022)



Anexo 8

Constancia de haber realizado la recolección de datos de precipitación pluvial. Estación meteorológica Luis Olazo Olivera. Perayoc (UNSAAC)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DE CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
OBSERVATORIO METEOROLOGICO "LUIS OLAZO OLIVERA"

CONSTANCIA

EL DIRECTOR DEL OBSERVATORIO METEOROLOGICO "LUIS OLAZO OLIVERA" DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO – PERAYOC.

HACE CONSTAR:

Que el señor estudiante **LUIS ALBERTO AÑANCA PALOMINO**, Bachiller de la escuela profesional de ingeniería civil de la F.I.A – UAC. Ha solicitado según expediente N° 0230 del 2022, el acceso de información de datos, pluviometría registrada por nuestra estación meteorológica para el trabajo de tesis intitulada "DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOTECNICOS, HIDROGRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LA LADERA EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA EL PEDREGAL CUSCO – 2021" en este sentido, ha recopilado y procesado información registrada en la data meteorológica y pluviométrica del observatorio respectivamente de las precipitaciones diarias desde los últimos 40 años (1982 – 2021), dejando constancia que el señor estudiante ha recabado toda la información oficial del O.M.L.O.O.-UNSAAC. A lo cual doy fe.

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

Cusco, 20 de septiembre del 2022

Atentamente.

 
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA,
MINAS, METALURGICA Y GEODINAMICA
Mg. JAIME SAMATA ASTURIMA
DIRECTOR OBSERVATORIO METEOROLOGICO UNSAAC.

Av. de la Cultura N° 733-Cusco, Ciudad Universitaria-Observatorio Meteorológico (Telcf.240000).

Nota: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC, (2022)



Anexo 9

Documento con informe de ensayos de laboratorio para estudio de mecánica de suelos realizados en UNITEST

INFORME ENSAYOS DE LABORATORIO PARA ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

A: FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA (FIA-UAC)
DE: Bach: Luis Alberto Añanca Palomino (Tesisista).
Estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** – UAC.
ASUNTO: Informe de ensayos de mecánica de suelos realizados para (**tesis de investigación**).
FECHA: Cusco, 10 de junio del 2022.

Me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he realizado los ensayos de mecánica de suelos para tres calicatas en **UNITEST S.A.C** (Laboratorio geotécnico automatizado y control de materiales de construcción), para la tesis de investigación que titula: “**DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOTÉCNICOS, HIDROLÓGICOS, TOPOGRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LA LADERA EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA EL PEDREGAL CUSCO – 2021**”.

Hago llegar el informe con las siguientes actividades desarrolladas en laboratorio, con el objetivo de procesar y obtener resultados en los siguientes establecidos:

1. Ensayos para la determinación del contenido de humedad de un suelo.
2. Ensayos para el análisis granulométrico por tamizado de un suelo.
3. Ensayo para la determinación de los límites líquido y plástico e índice de plasticidad.
4. Ensayo para corte directo no consolidado no drenado.

Es todo en lo que refiero a los ensayos de mecánica de suelos realizados. Sin otro particular me despido.

Atentamente,

Bach. Luis Alberto Añanca Palomino
DNI: 45041963

UNITEST S.A.C.
.....
Gladis Quinjana Hilares
GERENTE GENERAL